



e.V.U.R.S.I. Landesausschuss in der Bundesrepublik Deutschland

2015 Kleinheubacher Tagung

Miltenberg • Germany • 201528. - 30. September

Kleinheubacher Tagung 2015

Miltenberg, 28. – 30. September 2015

Book of Abstracts



Union Radio-Scientifique Internationale

International Union of Radio Science



e.V.U.R.S.I. Landesausschuss in der Bundesrepublik Deutschland

2015 Kleinheubacher Tagung

Miltenberg • Germany • 201528. - 30. September

Montag 28. September 2015

**KHT2015 – Tagungsprogramm
(Bürgersaal)**



Union Radio-Scientifique Internationale

International Union of Radio Science



08:20 – 09:40 Uhr: Radio Comm. Systems and Signal Processing

Sitzungsleiter: Jens Anders

08:20 – 08:40 Uhr: KHT2015-C-01

M. Reit, W. Mathis

(Leibniz University Hannover, Germany)

On the Input-Output Behavior of Bifurcation-Based Nonlinear Amplifiers

In the analysis and design of mechanical or electrical systems, it is often essential to know the circumstances that lead to self-sustained oscillations of the system. On the one hand, oscillations must be avoided in many systems, for example in power systems. In this case, the system should exhibit a stable equilibrium. On the other hand, the generation of periodic signals is a key element especially in transceivers. This requires a stable limit cycle. Additionally, there exist systems whose functionality is based on the recurrent switchover between the state of a stable fixed point and the stable limit cycle, as it can be found in super regenerative receiver circuits. The transition between the stable fixed point and the growth of the stable limit cycle caused by a parameter variation is called Poincaré-Andronov-Hopf bifurcation. The study of the qualitative behavior of nonlinear systems related to stability and bifurcations is associated with the theory of normal forms. It is known from the Poincaré-Dulac theorem that successive nonlinear near-identity transformations applied to the mathematical description of the considered system leads to the normal form equation of the Poincaré-Andronov-Hopf bifurcation. Since, among others, the conditions of the parameters regarding the bifurcation point as well as the natural frequency of oscillation can directly be read of the normal form, it simplifies the study of the systems. Recently, the normal form equation of the Hopf bifurcation has become a focus of attention in designing nonlinear amplifiers. Neglecting higher order terms, endowing with an excitation and tuning close to the onset of the bifurcation, the normal form equation shows a nonlinear input-output characteristic that is equal to the active behavior of the mammalian auditory system. Hence, this so called Hopf-type amplifier has become an established element in the modeling of the hearing organ. The study of the response characteristic has revealed, despite the nonlinearity, that a sinusoidal input signal leads to a pure sinusoidal output signal with the same frequency and without any harmonic distortions. This feature allows the calculation of an algebraic equation describing the nonlinear input-output behavior in dependency of all given parameters. We use this feature to analyze variations and expansions of the normal form equation of the Poincaré-Andronov-Hopf bifurcation and utilize the results for a constructive way to formulate bifurcation-based amplifiers with desired nonlinear input-output characteristics.





08:40 – 09:00 Uhr: KHT2015-C-02

S. Feldkord, M. Reit, W. Mathis,
(Leibniz University Hannover, Germany)

Implementation of a Digital Evaluation Platform to Analyze Bifurcation-Based Nonlinear Amplifiers

Recently, nonlinear amplifiers based on the supercritical Andronov-Hopf bifurcation have become a focus of attention, especially in the modeling of the mammalian hearing organ. Since the used truncated normal form equation of the Andronov-Hopf bifurcation belongs to the class of canonical dissipative systems, the energy-preserving characteristic at the limit cycle oscillation doesn't exist within physical systems. Hence, existing realizations based on analog circuits only approximate the desired behavior. They show additional harmonic distortions and strong noise. To avoid these problems, and instead of representing the values in terms of currents or voltages, a digital approach is chosen. Certainly, numerical issues must be taken into account in this case. A comprehensive analysis of the underlying differential equations requires flexible structures and real-time processing for any practical use. For maximum flexibility of the system, a certain digital signal processor was chosen for the implementation, which offers a 40-bit IEEE floating point arithmetic. The input and output of the system are 32-bit integer values processed by an analog-digital converter module. A USB-interface in combination with a graphical user interface was created to control certain parameters of the differential equations by computer during the runtime. This allows a comfortable analysis of the considered systems. To utilize the full performance capability all processing parts are programmed in assembler and only linked to C-code for the complex data structures required by the USB-interface. A modular block-based processing is used to achieve the desired flexibility. This allows for example the study of series-connected Hopf-type amplifiers, used for modeling the amplification characteristic of the mammalian hearing organ. On the other hand, the modular approach provides the possibility to change the integration method or differential equations easily, whereby various models can be implemented and analyzed. Hence, in this work we focus on the input-output behavior of the Hopf-type amplifier compared to a nonlinear amplifier based on the Neimark-Sacker bifurcation. Since the normal form equation of the Andronov-Hopf bifurcation describes a time-continuous system, the output signal is processed with a 4th-order Runge-Kutta method. The Neimark-Sacker bifurcation is considered as equivalent to the Andronov-Hopf bifurcation for maps. Thus, it occurs in a time discrete system, which can be easily implemented on a DSP. The Analysis shows qualitative similarity between the Hopf-type and the Neimark-Sacker-type amplifiers. But the usage of a driven Neimark-Sacker system is superior to the Hopf system, where the latter one is affected by the integration inherent damping.





09:00 – 09:20 Uhr: KHT2015-C-03

D. Stahl und W. Mathis,

(Leibniz University Hannover, Germany)

Phasenstabilität und Klassifikation von dynamischen Systemen

Abstract—Das Rauschen in elektronischen Schaltungen und im speziellen el. Oszillatoren wird im Allgemeinen mittels Langevin-Ansatz beziehungsweise der äquivalenten Fokker-Planck-Gleichung beschrieben. Allerdings verdeckt die in diesem Formalismus herrschende Diffusion das deterministische Verhalten der entsprechenden Differentialgleichungen. Daher untersuchen wir diese Dynamik in Bezug auf Grenzzyklen, indem wir ein ganzes Ensemble von Lösungen über eine Dichtefunktion auswerten und daraus die Phasenstabilität des Systems ableiten. Der dazu notwendige Formalismus ist durch die von Gerlich [1] hergeleitete verallgemeinerte Liouville-Gleichung gegeben.

Die verallgemeinerte Liouville-Gleichung ist eine linear partielle Differentialgleichung erster Ordnung, deren Lösung die Bewegung einer Dichte im Phasenraum beschreibt. Da diese Dichte, analog nach dem Satz von Liouville, volumenerhaltend sein muss, soll in diesem Beitrag gezeigt werden, dass die Divergenz des Vektorfeldes einen entscheidenden Einfluss auf nichtlineare Systeme und deren Phasenstabilität hat. Darüber hinaus soll gezeigt werden, wie die Divergenz verschiedene dynamische Systeme klassifizieren kann und in welchem Zusammenhang dies mit den Definitionen zu dissipativen, konservativen oder chaotischen Systemen steht.

Die gezeigten theoretischen Überlegungen sollen zudem anhand eines einseitig gekoppelten Van der Pol-Systems mit sowohl super- als auch subkritischer Hopf-Bifurkation vertieft werden.

Literatur

[1] G. Gerlich, „Die verallgemeinerte Liouville-Gleichung“, *Physica*, vol. 69, pp. 458-466, 1973.





09:20 – 09:40 Uhr: KHT2015-C-04

H. Weber, W. Mathis,

(Leibniz University Hannover, Germany)

Adapting the Range of Validity for the Carleman Linearization

In this contribution, the limitation of the Carleman linearization approach is presented and discussed. The Carleman linearization transforms an ordinary nonlinear differential equation into an infinite system of linear differential equations. In order to transform the nonlinear differential equation, orthogonal polynomials are used as new bases which represent solutions of the Sturm-Liouville differential equation. The determination of the time evolution of these bases yields an infinite dimensional linear system that depends on the considered nonlinear differential equation. The infinite linear system possesses the same properties as the nonlinear differential equation such as limit cycles or chaotic behavior.

In general, the infinite dimensional linear system cannot be solved. Therefore, a finite number of the utilized bases are used yielding a finite dimensional linear system. Due to this truncation of the order the solution of the finite dimensional linear system does not represent the global behavior of the nonlinear differential equation. In fact, the accuracy of the approximation depends on the considered nonlinear system and the initial value.

The idea of this contribution is to adapt the range of validity for the Carleman linearization in order to increase the accuracy of the approximation for a different range of initial values. Instead of truncating the infinite dimensional system after a certain order a Taylor series is used to approximate the behavior of the nonlinear differential equation in a local area. Thus, the adapted finite linear system describes the local behavior of the solution of the nonlinear differential equation.





10:00 – 12:00 Uhr: Radio Comm. Systems and Signal Processing

Sitzungsleiter: Jens Anders

10:00 – 10:20 Uhr: KHT2015-C-05

T. Schunder, F. Freund, J. Wehmeier,
(Hochschule Hannover, Germany)

Robuste, skalierbare Bustopologien für Lilon-Batteriemanagementsysteme

Das Management für Traktionsbatteriesysteme muss als eine wirtschaftlich sinnvolle Alternative der Verbrennungsmotoren den Kostenanforderungen und den Sicherheitsnormen genügen. Nach Stand der Technik werden derzeit im E-Powertrain Lithium-Ionen-Traktionsbatterien eingesetzt, die zur Einzelzellüberwachung auf einer zweiten zusätzlichen Verdrahtungsebene die Kommunikation zwischen Batteriemangement und Batteriezellen ermöglichen. Die zusätzliche Verdrahtung ist ein starker Kostentreiber und bezüglich Zuverlässigkeit auch eine Schwachstelle im Batteriemangementssystem. Das BMBF-geförderte Projekt „IntLilon“ adressiert diese Problemstellungen und sucht nach alternativen Konzepten, die ohne zusätzliche Verdrahtung, d.h. mit der Standardverkabelung auskommen. Das Verbundprojekt wird gemeinsam mit der Robert Bosch GmbH, dem Karlsruhe Institut of Technology (KIT), der PRO DESIGN Electronic GmbH sowie der Hochschule Hannover durchgeführt.

Auf der physikalischen Ebene werden zwei grundsätzliche Ansätze untersucht: (1) Einkopplung der Kommunikationssignale über Power Line (PLC) und (2) Funkübertragung zwischen überwachten Zellen und Batteriesteuergerät. Die Skalierbarkeit der gesuchten Bustopologie ergibt sich aus der Forderung entweder bis zu 200 Batterieeinzelzellen hinsichtlich aktuellem Spannungs- und Temperaturwert in Echtzeit auszulesen und die Batterieparameter entsprechend zu regeln oder alternativ gleiches in einer hierarchischen Struktur in Modulen gruppierter Einzelzellen (ca. 10) zu ermöglichen. Der zu betrachtende Anwendungsfall erstreckt sich dabei vom Pedelec bis zum Bus, vom Mildhybrid bis Voll-E-Fahrzeug. Als zusätzliche Randbedingung steht über den untersuchten physikalischen und logischen Buskonzepten die Klammer der Automotivsicherheitsnorm ISO 26262.

Die projektbeteiligte Arbeitsgruppe der Hochschule Hannover adressiert die logische Ebene der Bussysteme. Da stehen neben der Skalierbarkeit die Robustheit gegenüber externen Störungen und die abgesicherte Funktionalität im Fokus. Die zu entwickelnden logischen Buskonzepte sollen frei für den Anwendungsfall skalierbar und im Grundsatz unabhängig vom verwendeten physikalischen Übertragungsmedium. Die zu betrachtenden und vom Kommunikationssystem auf logischer Ebene zu erkennenden Fehler beinhalten Hard-faults (Erkennen von Teilausfällen in der Kommunikationshardware; Sicherstellung der Funktionalität) und Soft Errors (temporäre Störungen aufgrund von typischer EMV im Power Train wie auch Single Events).

Die daraus resultierende zentrale Fragestellung ist die notwendige Signalverarbeitung, d.h. die Rechenkapazität der Einzelteilnehmer, damit entsprechend dem nachrichtentechnischen Blockschaltbild die erforderliche Redundanz zur Verfügung steht und gleichzeitig zusätzlich die Einzelsysteme mindestens in Teilen sich selbstüberwachen können. Bzgl. der Kosten einer Hardwarerealisierung ist dabei die Lokalisierung der zusätzlichen Rechenkapazität im Auge zu behalten, da jeder zusätzlicher Aufwand im punkto Hardware je Einzelzelle sich mit der Gesamtzahl der Einzelzellen multipliziert und die Kostenersparnis gegenüber einer zusätzlichen Verdrahtungsebene über die Gesamtbatterie sich aufheben könnte.

Ausgehend vom Stand der Technik wurde ein Baukastensystem für in mehrfacher Hinsicht skalierbare Buskonzepte entwickelt. Die unterschiedlichen Parameter für die Skalierung sind die Hierarchisierung des physikalischen Busses, die Teilnehmeranzahl je nach Anwendungsfall, die geforderte Robustheit und Fehlertoleranz entsprechend des zugrundeliegenden ASIL-Levels (ISO 26262) sowie zusätzliche Hardwareredundanz für eine erhöhte Verfügbarkeit des Systems. Neben der Verifikation auf der Simulationsebene wird in der Arbeitsgruppe ein Hardwareemulator mit zusätzlichem Störgenerator entwickelt, anhand dessen eine Verifikation je nach gefordertem Szenario vorgenommen werden kann.



10:20 – 10:40 Uhr: KHT2015-C-06N. Sassano, V. Roscher, K. Riemschneider,
(HAW Hamburg, Germany)**Drahtlose Batterie-Zellen-Sensoren**

Die Starter-Puffer-Batterie für das kommende 48 Volt PKW-Bordnetz wird wahrscheinlich aus 12-16 Lithium-Ionen-Zellen bestehen. Hochvoltbatterien für Elektrofahrzeuge bestehen typischerweise aus 50 bis 200 Zellen. Die Lithium-Ionen-Technologie liefert eine hohe Energiedichte, jedoch um den Preis eines viel aufwendiger gewordenen Batteriemangements, bei dem jede Zelle einzeln überwacht werden muss. Gegenwärtig wird der Zellenzugang durch Messleitungen und Datenbusse ermöglicht.

Es wird ein Batteriezellensensor vorgestellt, der direkt auf oder in Batteriezellen montiert wird und Messwerte drahtlos an ein Batteriesteuergerät versendet. Mit der drahtlosen Kommunikation können die Nachteile der leitungsgebundenen Kommunikation vermieden werden. Neben den Kosten dafür ist als wichtiger messtechnischer Vorteil die galvanische Potentialtrennung jeder Messstelle zu nennen. Die Störsicherheit der Funkkommunikation ist vergleichbar mit der Ausfallrate bei hunderten Messkabeln. Messdatenausfälle durch Funkstörungen sind typischerweise nur temporär, bei verkabelten Lösungen hingegen oft dauerhaft.

An der HAW Hamburg wurden drahtlose Zellensensoren in einem BMBF-Projekt aufgebaut. Dabei wurde das 433-MHz-ISM-Band gewählt, da der beste Kompromiss zu den Einflüssen der Metallwerkstoffe in der Umgebung gesehen wurde. Die Bandbreiten des 2,4 GHz-ISM-Bandes mit Standardprotokollen werden nicht benötigt. Daher und weil eine sehr präzise Synchronisation über alle Sensoren nötig ist, wurde ein spezialisiertes Funkprotokoll entwickelt.

Der Sensor basiert auf einem Low-Power-Mikrocontroller der MSP430-Familie von Texas Instruments. Er wurde mit wenigen weiteren Komponenten und einer umlaufenden Schleifenantenne auf einer Platine kombiniert, die an die Abmaße des Zellentyps angepasst ist. Die Übertragung erfolgt im Nahfeld. Dabei sind ungünstige HF-Ausbreitungsverhältnisse vorherrschend, andererseits ist die „Gegenstelle“ weniger als einen Meter entfernt an einer unveränderlichen Position platziert. Die Einbausituation ist gut im Vorfeld analysierbar.

Die Sensor-Grundfunktion der Zellspannungs- und Temperaturmessung kann modular erweitert werden, bereits umgesetzt sind:

- Wake-Up-Funktion im 433-MHz-Band mit einer Zero-Bias-Diode ohne eigenen Strombedarf.
- Temperatur-Warnfunktion, die Übertemperaturen vorrangig meldet.
- Ladungsbalancierung, um geschwächte und gesunde Zellen in der Ladung „lebensverlängernd“ anzugleichen. Es kann ein strombegrenzter Nebenstrompfad auf dem Sensor gezielt eingeschaltet werden, um starke Zellen zeitweise zu entladen oder einen Teil des Ladestroms an der Zelle vorbei umzuleiten.
- Ein unidirektionales Übertragungsverfahren mit Transmitter-IC ohne Quarz für eine Low-Cost Variante. Hier wird einen Rückkanal zum Sensor verzichtet, jedoch geht viel Kanalausnutzung infolge von Kollisionen verloren.
- Bidirektionale Kommunikationsprotokolle über einen Transceiver-IC mit zentral koordinierten Datenabfragen und adressierten bzw. Broadcast-Kommandos.

Um in hochdynamischen Situationen verschiedene Zellen vergleichen zu können, ist die genaue zeitliche Übereinstimmung der dort erfassten Messwerte erforderlich.

Ein erster Ansatz nutzt die differentielle Auswertung und vergibt Zeitstempel, mithilfe derer der Signalverlauf rekonstruiert werden kann. Nach dem Warteschlangenprinzip wird im Sensorcontroller zwischengespeichert.

Der zweite Ansatz nutzt ein zentrales Triggersignal, um alle Messungen der Sensoren bis auf eine Mikrosekunde genau zu synchronisieren. Die Spannungsantworten der Zellen auf eine AC-Anregung wird zeitgleich mit dem Batteriestrom erfasst und in den Frequenzbereich überführt. Dies wird auch für die elektrochemische Impedanzspektroskopie benutzt. Damit wird der Alterungszustand der Elektroden und des Elektrolyten detailliert erkennbar.



10:40 – 11:00 Uhr: KHT2015-C-07

P. Jansen¹; M. Vollnhals¹; D. Vergossen¹; D. Renner¹; W. John²; J. Götze³,
(¹Audi Electronics Venture GmbH, ²SiL GmbH Paderborn/TU Dortmund, ³Technische Universität Dortmund, Germany)

Advanced binary search patterns for determining the state of charge on a lithium iron phosphate cells using a support vector machine

A novel method for state of charge (SOC) determination of lithium iron phosphate (LFP) cells has been proposed by the authors in Jansen et al. (2015). A Support Vector Machine (SVM) was applied to impedance spectra of two different LFP cell types with each impedance spectrum representing a distinct SOC for a predefined temperature. As a SVM is a binary classifier, only 5 the distinction between two SOC can be computed in one iteration of the algorithm. Therefore a search pattern is necessary. A balanced tree search was implemented with mostly good results Jansen et al. (2015). In order to further improve the SVM method this paper discusses two new search patterns, namely a linear search and an imbalanced tree search, the latter being based on an educated guess start value 10 for the SOC. All three search patterns are tested with a AHR32113 LFP cell from A123 Systems by analyzing each impedance spectrum for every 10°C temperature step from -30°C to +40°C and every 5% SOC step from 0% to 100%. While being trained with the measured impedance spectra the SVM is tested with an added disturbance to them. Various frequency ranges are considered for this data matrix with the maximum range of impedances obtaining the best results for most 5 but not all temperatures. The imbalanced search tree shows to be the most efficient search pattern if the initial guess is within 15% SOC of the original SOC in both directions and exhibits the best tolerance for high disturbances. Besides, although showing a higher number of inexact classifications the magnitude of errors is greatly reduced. Linear search improves the rate of exact classifications for every temperature but -30°C. It also improves the robustness against high disturbances and can even detect a certain number of false classifications which makes this search pattern unique. The downside is a much lower efficiency as all impedance spectra have to be evaluated while the tree search patterns only evaluate those on the tree path.



11:00 – 11:20 Uhr: KHT2015-C-09J. Ochs¹, R. Rasshofer¹, G. Wanielik², Y. Yang³,(¹BMW Forschung und Technik GmbH, München, ²Technische Universität Chemnitz, ³Nanyang Technological University, Singapore)**DRIVER STATE MONITORING – ATTENTION an evaluation of attention in correlation with secondary tasks and traffic density**

In the context of increasing advanced driver assistance systems (ADAS) implemented in current vehicles, up to highly automated driving, the current driver state becomes more and more important for the automobile industry. A continuous driver state monitoring as well as a model of the driver state, are important to go one step further in ADAS. One aspect of special importance in the context of driving is the attention of the driver on the driving scene/task. As soon as a lack of attention on the driving scene can be detected, assistance systems can act accordingly and postpone warnings or guide drivers attention to critical spots. Without such a continuous driver state monitoring, this level of sensitivity can only be reached by sensitive system adjustments. This is likely to irritate the driver in case of high attention.

The approach of this contribution investigates, how cognitive distraction („to be in thoughts“) can be detected in an early stage. In use of extended driver simulator studies, the typical behavior during defined distraction can be observed and analyzed. Earlier studies concentrated on the gaze that moved away from the driving scene e.g. during the handling of the information system or smart media devices brought into the vehicle. This approach investigates in special the gaze behavior and physical vehicle behavior data during a cognitive secondary task. With the help of the combination of different information sources, drawbacks of existing methods can be overcome.

Detected pattern in selected parameters alone do not allow reliable driver state detection. Only by fusing a variety of parameters, the degree of attention on the driving scene can be classified. The chosen fusion methodology can detect distraction in an early stage, due to detected correlations between numerous driver related parameters. This will be the base for a new generation of driver assistance systems.

In detail the approach focuses on the analysis of horizontal gaze movements and fixation durations, heart rate, lane position and steering wheel movements and verifies the attention level by subjective questionnaires (NASA TLX) and reaction time measures. As each parameter alone already shows changes depending on the existence of a non driving related task, the combination is likely to allow the detection of cognitive distraction and rise up availability and confidence level of the detected driver state.

This contribution does illustrate the chosen approach and explains first results from the studies named above.

11:20 – 11:40 Uhr: KHT2015-C-10M. Prochaska¹, K. Rohrman¹, M. Venator²,(¹Ostfalia University of Applied Science, Wolfenbüttel, ²Volkswagen AG, Wolfsburg)**Simulation and analysis of electric arcs in automotive 48V power systems**

Belt-driven loads of passenger cars such as oil, coolant, or power steering pumps provide higher overall efficiency when they are driven by electric motors. Therefore, the plethora of electric loads is increasing driving 12V power systems to its limits. European, especially German car makers, see the solution in an additional, separate 48V power-net, which will go into production in the next years. The introduction of 48V power-net offers further advantages such as lower CO₂ emission due to improved recuperation and weight reduction. Furthermore, the 48V power-net is the key-enabler for upcoming, high power consuming innovations like active chassis, heated windscreen, or PTC heaters.

The 48V power system drives innovation in the automotive area. But for the implementation many challenges have to be tackled, e.g. suitable plugs, wires as well as electric and electronic components such as DC-DC converters or power distribution boxes. Moreover, 48V power systems allow stable, self-maintaining electric arcing, which is an often discussed major drawback. Arcing can occur when electric circuits are short circuited, or when wire or wire insulation is damaged. Meanwhile electric arcing is a synonym for any kind of intermittent contact like bad crimp, broken wire, loose terminal, loose connector, or damaged insulation by abrasion. For that reason, the likelihood of fire due to electric arcs as well as appropriate corrective actions to prevent arcing in 48V power-nets is intensively under debate.

Beside the risk of burning cars in consequence of arcing the dynamic arc interacts with the rest of the power-net to produce a highly nonlinear response characterized by growing, high frequency oscillations, current chopping, and transient over-voltages. From this follows the need of system simulations to predict instabilities that could result in either radio frequency interference to vehicle electronics or potentially damaging high voltage transients. For this, an approach is presented to simulate arcing in 48V power-nets by nonlinear dynamical systems, where the electric arc is modeled by the well-known Mayr equation.

In order to investigate the behavior of electric arcs in dependency on the network topology bifurcation analyses were performed, which based on nonlinear system models. To simplify the analytic investigation, the theory of singularly perturbed systems was used to reduce the model order. It turned out, that in dependency on the network architecture the reduced models correspond to the so-called center manifold of an oscillatory system. Furthermore, by means of the Andronov-Hopf theorem it has been shown, that under certain conditions stable limit cycles in automotive network can appear, which lead to significant instabilities and/or EMC issues.

The shown methodology is a first step towards an arc suppressing power-net design, which could supersede costly arc detection systems. The results are relevant for future multi voltage vehicle power supply systems as well as photovoltaic power plants, where already electric arcs lead to considerable damage.

11:40 – 12:00 Uhr: KHT2015-C-11D. Krause¹, W. John², R. Weigel³,(¹AUDI AG, ²SIL System Integration Laboratory GmbH, ³Lehrstuhl für Technische Elektronik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg)**Development of a method to evaluate the EMC behavior of automotive high voltage topologies applying a zone concept on vehicle level**

Recent research on automotive high-voltage(HV) systems revealed the broad spectrum of challenges to achieve EMC-conformal designs. Typical disturbance profiles with their respective coupling paths have been identified, which lead to a first set of new design rules for electrified vehicles. The next step must consider the integration of the gained knowledge during the very early phase of car development. Therefore novel methods need to be discussed that transforms single investigations into an overall concept to optimize HV topologies.

For industrial applications frequency inverters are often integrated into switchboards. To achieve an EMC-conformal setup there are several guidelines based on the common principle of an EMC zone concept [1][2]. Considering the circumstance that electromagnetic noise of power electronics cannot be reduced to zero, the presence of strong interferers is accepted under ruled conditions. The first step is to define areas with different levels of electromagnetic interference. These so called EMC zones are allocated with specific components and are closed by borders, which are firmly connected with decoupling measures. In the scope of HV systems the goal is to consequently enclose fast switching HV units and thus avoid interferences with sensitive low-voltage(LV) electronics.

In reference to electric vehicles (EV) the boundary conditions are different from industrial applications. Because of personal safety reasons automotive HV systems are always built up as IT(Isolé Terre)-systems, which system-dependently show the worst EMC-behavior [3]. Furthermore the strict limitation of installation space makes it difficult to decouple interferers by increasing the distance or applying volume intensive filter and shielding measures. Sensitive sensors and on-board antennas can be found anywhere in the car body and must assumed to be in the direct surrounding of the power electronics. These and many more other reasons make it necessary to find new approaches for future EMC concepts.

The presentation introduces an EMC zone concept for electric cars. Based on theoretical conclusions, simulation results and EV-demonstrator measurements different levels of electromagnetic noise and their respective HV components are defined within a 4-ordered zone classification. The method intends to ensure maximum installation space, where electromagnetic noise does not exceed class 5 thresholds of CISPR-25 [4] and thus fulfill automotive requirements. Using the zone concept during the development process enables the possibility to rate different topologies in terms of their expected EMC behavior and to find appropriate EMC-conformal designs.

Presented results were developed within the scope of the project EM4EM (Electromagnetic Reliability of Electronic Systems for Electro Mobility), which is funded by the BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung).

[1] J. Franz, *EMV - Störungssicherer Aufbau elektronischer Schaltungen*, Vieweg+Teubner Verlag; Auflage: 4., 2011

[2] Siemens, *MOTION CONTROL - EMV-Aufbaurichtlinie / Grundlegende Systemanforderungen*, Projektierungshandbuch, PH1, 01/2012



[3] SEW Eurodrive, *Handbuch - Auszug aus Praxis der Antriebstechnik*, Ausgabe 03/2013
IEC CISPR-25; *Limits and methods of measurement of radio interference characteristics of vehicles for the protection of receivers used on vehicles*, 2008

13:00 – 14:40 Uhr: Radio Comm. Systems and Signal Processing

Sitzungsleiter: Jens Anders

13:00 – 13:20 Uhr: KHT2015-C-12

B. Talkhestani¹, C. Widemann¹, S. Scheier², S. Frei², and W. Mathis¹,
(¹Leibniz Universität Hannover, ²Technical University Dortmund, Germany)

Large Signal Behavioral Modeling of ESD Protection Elements for the Analysis of Transient Processes on System Level

In this work, several modeling approaches of ESD protection elements are presented and compared in both, frequency and time domain. Nonlinear voltage sensitive protection elements, e.g. Multi-Layer Varistor (MLV) or Transient Voltage Suppressor (TVS), are useful to protect IC pins from ESD on system level. Impedance measurements with VNA depending on the DC operating point are utilized for the identification of the proposed model parameters by means of least squares approximation. The static nonlinear I-V-characteristics are determined on basis of the VNA measurements by different approaches. Some of the equivalent circuits include a frequency depending resistance known from skin effect modeling in order to map the occurring peak in the impedance frequency response. The skin effect model can be realized by ladder network of finite length which is implemented using hardware description languages. In addition, the influence of the ladder length on the simulation results in frequency and time domain is examined. As a result, the accuracy of the different model approaches is evaluated with respect to the mentioned peak in the frequency response and an occurring overshoot in the ESD transient response.





13:20 – 13:40 Uhr: KHT2015-C-13

B. Meiners, J. Barowski, A. Nalobin, I. Rolfes,
(Ruhr-Universität Bochum, Germany)

Analyse und Nachbildung der Ankunftszeit von Mehrwegekomponenten in Kanalimpulsantworten bei bewegten Sendern oder Empfängern

In diesem Beitrag wird ein Algorithmus zur Interpolation von Kanalimpulsantworten vorgestellt. Dieser wird in einem stochastischen Simulationsmodell zur Nachbildung von Funkkanälen im UHF-Bereich angewendet, um die Änderung der Kanalimpulsantwort durch Bewegungen des Senders oder Empfängers nachzubilden. Es wird insbesondere die Interpolation der Ankunftszeiten (engl. ToA - Time-of-Arrival) der Mehrwegekomponenten genauer untersucht, da hier eine vorherige Version des Algorithmus Ungenauigkeiten aufzeigte. Die Algorithmen bestehen aus zwei Hauptprozessen. Im ersten wird die Anzahl der Mehrwegekomponenten entlang einer Bewegung bestimmt. Im zweiten Prozess werden die gegebenen Kanalimpulsantworten verknüpft. Der hier vorgestellte Algorithmus wendet ein neues Verfahren an, um den Geburts- und Sterbeprozess der Mehrwegekomponenten entlang der Bewegung nachzubilden und somit die Verknüpfung der Kanalimpulsantworten zu generieren. Zuvor wurde ein Verfahren genutzt, bei dem die Interpolationslänge zwischen den gegebenen Impulsantworten iterativ halbiert und mittels unterschiedlicher Verfahren an diesen Stellen neue Kanalimpulsantworten auf Basis der bekannten generiert wurden. Im neuen Algorithmus wird nun mit Hilfe von statistisch berechneten Überlebenslängen für die Mehrwegekomponenten interpoliert. Um die nötigen Parameter und deren Statistiken zu erhalten, werden Ray-Tracing-Simulationen eines Referenzszenarios genutzt. Hier werden unterschiedliche Bewegungsrichtungen und Positionen von Sender und Empfänger simuliert, die definierten Interpolationsparameter untersucht sowie deren Abhängigkeit von Position und Bewegungsrichtung analysiert. Insbesondere wird betrachtet, ob der Algorithmus überall angewendet werden kann und ob für die unterschiedlichen Parameter Abstands- und Ortsabhängigkeiten definiert werden müssen oder diese mit allgemeinen Parameterwerten für eine hinreichende Beschreibung genutzt werden können. Abschließend werden die Ergebnisse des Algorithmus zur Time-of-Arrival Nachbildung mit den Ergebnissen aus den Ray-Tracing Simulationen verglichen.



13:40 – 14:00 Uhr: KHT2015-C-14M. Herrmann and N. Wehn,
(TU Kaiserslautern, Germany)**Low-Density MIMO Codes based on dedicated Bit-Interleaver Design**

Wireless communication systems that involve multiple transmit and receive antennas for data transmission, also referred to as MIMO systems, have the potential to provide a higher spectral efficiency compared to single antenna systems.

Throughout the last decades different concepts and techniques in this field have been developed. A well-known concept combines MIMO transmission with channel coding in form of bit-interleaved coded modulation (BICM). The resulting system is referred to as MIMO-BICM system. In such a system the MIMO detection and the channel decoding are regarded as two individual sub-problems, that are solved each with dedicated system components and an iterative exchange of information between the channel decoder and the MIMO detector approximates the solution of the overall problem. The required decorrelation of the two problems is approximated by an intermediate bit-interleaver.

For MIMO detection, the so-called sphere detection offers very good communications performance, but at the same time exhibits a high computational complexity. For channel coding one of the currently most sophisticated concepts is Low-Density Parity Check (LDPC) coding. Thus, a double-iterative MIMO-BICM receiver that combines sphere detection and LDPC channel coding is currently one of the most complex baseband signal processing systems. However, it poses great challenges on an efficient hardware implementation due to its high complexity.

In literature, many approaches to reduce the system's complexity focus on e.g. efficient iteration control [1]. In this work we present a different approach that combines both properties of LDPC coding and MIMO transmission. It is based on Low-Density MIMO Coding (LDMC) [2]. In this concept a short block code is embedded into each MIMO transmission vector. As a consequence symbol combinations in a MIMO transmission vector that do not correspond to a valid code word can be excluded from the tree search of the sphere detector, which reduces the complexity of the sphere detection. One drawback of the original LDMC approach is that it requires a high number of outer iterations between MIMO detector and channel decoder to outperform state-of-the-art BICM systems. This slower convergence is mainly caused by the fact that the parity information of the embedded code cannot be exploited by the decoder, since it does not match the quasi-cyclic code structure, which is a requirement of most decoder hardware implementations.

Our new Low-Density MIMO Coding scheme uses a dedicated bit-interleaver design, i.e. we use a quasi-cyclic standard LDPC code, e.g. WiMAX or WiFi, and a sophisticated bit-interleaver to map parity check constraints of this standard LDPC code directly into the MIMO transmission vectors. As a consequence we obtain a reduction in the complexity of the sphere detection and at the same time an enhancement of the communications performance without the necessity to apply changes to the channel code. We show that with the proposed method the complexity savings for a well-established sphere detection algorithm reach up to 50% and the gain in communications performance can be 0.5dB compared to a standard MIMO-BICM system with the same amount of outer iterations.

References

[1] C. Gimpler-Dumont, T. Lehnigk-Emden, N. Wehn, "Low-Complexity Iteration Control for MIMO-BICM Systems," in International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 2010), Istanbul, 2010.

[2] F. Kienle, "Low-Density MIMO Codes," in IEEE 5th International Symposium on Turbo Codes & Related Topics, Lausanne, 2008.



14:00 – 14:20 Uhr: KHT2015-C-15

T. Patelczyk, A. Löffler und E. Biebl,
(TU München, Germany)

Realzeitfähige Datenvorverarbeitung zur modellbasierten Parameterschätzung

In den Bereichen der Kommunikations- und Informationstechnologie gewinnt die Lokalisierung von Objekten zunehmend an Bedeutung. Eine Positionsbestimmung kann durch Auswertung einer vom Objekt ausgesandten elektromagnetischen Welle an einer Gruppenantenne erfolgen. Einen möglichen Ansatz zur Extraktion relevanter Informationen stellt die gemeinsame Parameterschätzung dar. Der Parameterschätzung geht im Allgemeinen eine Datenvorverarbeitung des ins Basisband umgesetzten, zeitdiskretisierten Empfangssignals voraus. Die Datenvorverarbeitung beinhaltet die Selektion der im Empfangssignal enthaltenen, vom Objekt ausgesandten, Sequenz sowie die Kalibrierung der Lokalisierungseinheit einschließlich der nötigen Korrektur der Eingangsdaten. In der Literatur werden verschiedene Methoden zur gemeinsamen Parameterschätzung betrachtet. Zumeist handelt es sich dabei um modellbasierte Ansätze. Diese setzen die Kenntnis über den betrachteten Funkkanal voraus. Die beschreibende Größe ist die Kanalmatrix. Die Kenntnis dieser stellt den Ausgangspunkt für die meisten Algorithmen zur gemeinsamen Parameterschätzung dar. Folglich kann die Schätzung der Kanalmatrix der Datenvorverarbeitung zugeschrieben werden.

Der Tagungsbeitrag befasst sich mit einer effizienten Umsetzung der Datenvorverarbeitung. Im Fokus steht ein realzeitfähiges Lokalisierungssystem. Als Hardwareplattform ist ein FPGA (eng. Field Programmable Gate Array) vorgesehen. Im Gegensatz zu anderen Architekturen ermöglicht dieser eine parallele Signalverarbeitung. Diese Eigenschaft erweist sich im Falle einer zeitkritischen Anwendung als vorteilhaft.

Der Beitrag gliedert sich wie folgt. Eingangs wird die Detektion der im Empfangssignal enthaltenen, vom zu lokalisierenden Objekt ausgesandten, Sequenz betrachtet. Anschließend wird auf die Kalibrierung des Lokalisierungssystems eingegangen. Diese dient der Kompensation von pfadspezifischen Verzögerungen sowie auftretenden Dämpfungen. Im Falle eines Systems zur gemeinsamen Abstands- und Winkelschätzung wird eine frequenzselektive Kalibrierung benötigt. Abschließend wird eine Umsetzung zur Schätzung der Kanalmatrix aufgezeigt. Dieser Schritt erweist sich als rechenintensiv. Aufgrund der durch die Hardwareplattform gegebenen beschränkten Ressourcen wird eine flächenoptimierte Umsetzung präsentiert.

Eine Diskussion des vorgestellten Konzeptes zur Datenvorverarbeitung für ein Algorithmus zur gemeinsamen Parameterschätzung innerhalb eines Lokalisierungssystems rundet den Beitrag ab. In diesem Zusammenhang wird auf den Einfluss der verwendeten Festkomma-Arithmetik auf eine spätere Lokalisierung mittels einer gemeinsamen Parameterschätzung eingegangen.





14:20 – 14:40 Uhr: KHT2015-C-15

A. Ascher, M. Eberhardt, M. Lehner, E. Biebl,
(TU München, Germany)

A GPS based fawn saving system using relative distance and angle determination

Active UHF RFID systems are often used for identifying, tracking and locating objects. In the present publication a GPS based practical localization system for protecting fawns during pasture mowing is introduced and examined. During the first weeks after they were born, fawns have a basic instinct that makes them staying flat on the ground if any danger approaches. To protect them during the mowing, the fawns get marked with a small active RFID transponder, after they were found by an UAV several time before the mowing process. The appropriate reader is installed onto the mowing machine. Thereby, the searching is separated from the mowing process, because the grassland is much faster cut down then scanned. Instead of a conventional direction-of-arrival approach, using a large antenna array with multiple elements and a corresponding coherent receiver, which implicates a huge complexity reader-side, the transponder is equipped with an additional small GPS module which allows the transponder to determine its own position if it is requested from the reader. The UHF link is used to transmit the localization information to the machine mounted reader, where a second GPS receiver is installed. By using the second position information and an additional machine mounted magnetometer for determining the relative north direction of the vehicle, the relative distance and angle between the GPS receivers can be calculated. The accuracy and reliability of the envisaged method got examined under operating conditions, whereby critical factors as the height of the grass, the lying position of the fawn, the humidity and the area conditions were considered. Furthermore, technical parameters like the maximum reading distance between transponder and reader, a fast time to first fix and a high accuracy of the used GPS receiver were examined with due regard to the needed performance of the system. Based on measurement results, the system in combination with the convenient localization strategy signalized to be suitable for the desired application.





15:20 – 18:20 Uhr: D Electronics and Photonics

Sitzungsleiter: Dirk Killat / Bernhard Wicht

15:20 – 15:40 Uhr: KHT2015-D-01

Sergiy Gudyriev

(Heinz Nixdorf Institute, University of Paderborn, Germany)

Silicon photonics 90° hybrid design for coherent receivers

The recent rapid development of silicon photonics technology has spurred the process of on-chip integration of all kinds of opto-electronic components. One of the most common components of such type is the opto-electrical receiver. The monolithic implementation of the receiver could potentially have lower power consumption, higher sensitivity and bandwidth due to very short diode to amplifier connection length, which has very low parasitic capacitance and series resistance. The SiGe photodiode itself is also very compact, thus lowering the junction capacitance and improving its bandwidth.

Among the different optical communication systems, coherent transmission lately received a lot of attention due to the rising requirements of the optical link capacity, and it was shown that this particular approach could benefit greatly from the monolithic integration, since the major component required for the demodulation on the receiver side – 90° optical hybrid – could be implemented fully passive and directly on the same chip as the receiver itself, together with digital post-processing circuitry. Despite the initial complexity of the modulation scheme, advanced silicon photonics components like this optical hybrid could make coherent transmission attractive even for short-range optical links.

I would like to present the actual designs, implementation and measurement results of 90° fully passive optical hybrids, implemented in the IHP SG25PIC (passive photonics IC) technology. One of the designs is based on 4x4 multimode interferometer (MMI). The other one is based on two separate 2x2 MMIs with additional delay element. The final designs didn't require any additional tuning after fabrication and have shown sufficient precision and performance for a coherent system design. The results of this work were later used for the design of monolithic coherent receiver.

15:40 – 16:00 Uhr: KHT2015-D-02

Felix Müller¹, Dirk Steinbuch¹, Thomas Walter², Robert Weigel³

(¹Robert Bosch GmbH; ²Hochschule Ulm; ³FAU Erlangen-Nürnberg, Germany)

Modellierung und Simulation von Einschwingvorgängen bei Automobilradaren mit Chirp-Sequence-Modulation

Dieser Beitrag untersucht radarbasierte Fahrerassistenzsysteme, welche die Chirp-Sequence-Modulation verwenden. Die Modulation des Sendesignals wird mit einer PLL geregelt. Das Einschwingen von Chirp-Sequence modulierten Frequenzrampen wird modelliert, simuliert und gemessen, die Schleifenfilterbandbreite variiert, der notwendige Verwurf bestimmt und Konsequenzen für die Peakform diskutiert. Dabei zeigen sich gegenläufige Anforderungen zwischen relevanten Systemparametern.

Aufgrund der SNR Degradation durch Dekorrelation bei hohen Zielentfernungen ist ein schmalbandiges Phasenrauschen der PLL notwendig. Für ein schmalbandiges Phasenrauschen wird eine geringe Schleifenfilterbandbreite benötigt, wodurch die Einschwingdauer steigt und mehr Daten verworfen werden müssen. Für eine hohe Abstandstrennfähigkeit werden eine hohe Modulationsbandbreite und ein geringer Verwurf relevant. Zur Untersuchung der Effekte wurde ein Simulationsmodell in Matlab implementiert.

Das verwendete Modell [1] beschreibt das Basisband. Mit dem Modell kann das Einschwingen der PLL nachgebildet werden. Die Überschwingfrequenz, die Störampplitude in Hz, die Zeitkonstante, die Startphase und der Verwurf können variiert werden. Die Parametervariationen helfen die einzelnen



Wirkmechanismen zu bestimmen. Dabei zeigt sich eine breitbandige Degradation der Zielantwort im Basisband, die durch den Einschwingvorgang verursacht wird.

Zur Lösung der gegenläufigen Anforderungen gibt es mehrere Ansätze. Durch Wahl eines geeigneten Rücksprungszenarios kann der Frequenzfehler bei Rampenstart und damit der notwendige Verwurf reduziert werden. Durch eine optimierte Auslegung der PLL mit Verwendung von digitaler Vorverzerrung [2] oder einer Zweipunktmodulation [3] kann das Rücksprungsverhalten weiter verbessert werden. Ein weiterer Lösungsansatz ist die Fallunterscheidung von Nah- und Fernbereichsszenario.

Das Nahbereichsszenario weist eine geringe Dekorrelation auf. Ein schnell einschwingendes, breitbandigeres Schleifenfilter reduziert den notwendigen Verwurf von Daten und Modulationsbandbreite. Durch die höhere Modulationsbandbreite steigt die Entfernungsauflösung, welche im Nahbereich relevant ist.

Bei dem Fernbereichsszenario ist aufgrund der höheren Dekorrelation das Phasenrauschen kritischer. Durch das schmalbandige Schleifenfilter steigt die Einschwingdauer, dadurch müssen mehr Daten und Modulationsbandbreite verworfen werden. Die Reduktion der Messdaten reduziert die auswertbare Modulationsbandbreite und verringert die Entfernungsauflösung. Dies kann bei hohen Entfernungen in der Praxis toleriert werden.

Simulationen basierend auf dem Modell aus [1] zeigen, dass für ein Szenario von 115m Zielentfernung, 24 μ s Rampendauer und 5 μ s Rücksprungdauer bei einer Schleifenfilterbandbreite von 300 kHz ein Verwurf von 20% der Daten bzw. der Modulationsbandbreite ab Rampenstart notwendig ist, um keine wesentliche SNR Degradation zu messen. Dies deckt sich den Annahmen in [2].

Dieser Beitrag zeigt die gegenläufigen Anforderungen von Phasenrauschen, Einschwingdauer und Datenverwurf auf. Basierend auf dem Simulationsansatz aus [1] können konkrete simulationsbasierte Spezifikationen zur Einschwingdauer und dem notwendigen Datenverwurf abgeleitet werden.

LITERATUR

[1] "in press": F. Mueller, D. Steinbuch, T. Walter, and R. Weigel, "Mitigation of Weak Targets Masking due to Nonlinearities in Chirp Sequence FMCW Automotive Radar at 77 GHz," in APMC Dec 2015, Nanjing, China.

[2] Pichler, M., et al., "Phase-Error Measurement and Compensation in PLL Frequency Synthesizers for FMCW Sensors—II: Theory," IEEE Transactions on Circuits and Systems I, vol.54, no.6, June 2007

[3] Wanghua Wu; Staszewski, R.B.; Long, J.R., "A 56.4-to-63.4 GHz Multi-Rate All-Digital Fractional-N PLL for FMCW Radar Applications in 65 nm CMOS," IEEE Journal of Solid-State Circuits vol.49, no.5, May 2014

16:00 – 16:20 Uhr: KHT2015-D-03

D. Renner¹; D. Vergossen¹; P. Jansen¹; W. John²; S. Frei³

¹Audi Electronics Venture GmbH, Gaimersheim;

²SiL GmbH Paderborn/Leibniz Universität Hannover (TET);

³Technische Universität Dortmund (AG Bordsysteme), Germany)

Prädiktive Leistungsabschätzung in Mehr-Speicher-Fahrzeuggordnetzen

Die Entwicklung im Automobilbereich zeigt, nicht zuletzt auch aufgrund immer strikterer CO₂-Reglementierungen, einen starken Anstieg der Elektrifizierung von Fahrzeugkomponenten.

Beispielsweise ist im Zeitraum der letzten zehn Jahre eine Verdopplung der kurzzeitigen Spitzenlasten festzustellen. Um eine volle Funktionsfähigkeit des Fahrzeugs zu gewährleisten, muss das Bordnetz zu jedem Zeitpunkt in der Lage sein diese Spitzenlasten abzudecken.

Durch neuartige Betriebsstrategien sowie eine weiter fortschreitende Elektrifizierung der Fahrzeugkomponenten wird die Leistungsfähigkeit des Niedervoltbordnetzes und insbesondere deren Vorhersage folglich immer bedeutender.

In diesem Beitrag wird eine Methode vorgestellt, die es ermöglicht speziell auch in Mehr-Speicher-Bordnetzen die Bordnetzstabilität und die verfügbare Leistungsfähigkeit vorherzusagen und somit eine erhöhte Verfügbarkeit von Kundenfunktionen im Fahrzeug zu gewährleisten.

Das Ziel von Mehr-Speicher-Bordnetzen ist durch Verwendung von Speicher mit möglichst unterschiedlicher Charakteristik eine optimierte Gesamtleistung zu erreichen. Dies resultiert in einem anderen Ruhespannungsverlauf und Ruhespannungsniveau sowie Hochstromverhalten der Einzelspeicher. Daraus ergibt sich in Abhängigkeit des Belastungsfalls eine stark unterschiedliche Stromaufteilung auf die Einzelspeicher und eine andere Spannungsstabilität bei Hochstrombelastung. Ausgehend von der Speicher- und Bordnetzmodellierung wird der Einfluss des initialen Spannungsniveaus vor dem Belastungsfall und der abgerufenen Leistung während des Belastungsfalls vorgestellt. In Abhängigkeit der Speichercharakteristik und des aktuellen Arbeitspunktes stellt sich eine ungleichmäßige Stromaufteilung auf die Speicher ein und es kommt zu einem veränderten Spannungsniveau im Belastungsfall. Mit Hilfe der Batterieparameter der eingesetzten Speicher ist es möglich, die Leistungsfähigkeit mittels eines Algorithmus gemäß der Stromaufteilung vorab zu ermitteln und diese Information dem Leistungsmanagement des Fahrzeugs zu übergeben. Die Wirksamkeit der vorgestellten Methode wird durch Versuchsreihen am Mehr-Speicher-Bordnetz nachgewiesen.

16:20 – 16:40 Uhr: KHT2015-D-04

Thomas Vennemann, Lars Kreuer, Wolfgang Mathis

(Institut für Theoretische Elektrotechnik (TET), Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Germany)

Pulse Width Modulator with a very high time resolution for an AC power standard using ZePoC

The pulse width modulation unit of a digital signal processor (DSP) is enhanced by an integrated circuit (IC) used for skew management of digital signals. This IC contains cascaded delay lines which can be controlled by the DSP. The pulse width modulated (PWM) signal originally generated by the DSP has a time resolution of 5 ns which is by far not sufficient for the desired accuracy of the AC power standard. With Zero Position Coding (ZePoC) the duty cycle of the PWM signal is computed with an accuracy of 120 dB. For this accuracy at a switching frequency of 6.25 kHz a time resolution of approximately 150 ps is required. The realized prototype has a time resolution of 10 ps and a standard deviation less than 30 ps.

The delay lines are not independent of the operating temperature. This temperature is monitored by a sensor which is connected to the DSP via a two wire interface. Depending on the computed duty cycle and the current temperature individual delay lines have to be activated. Therefore a two-dimensional look-up table (LUT) based on measurement results was created. Because of the DSP's limited memory only parts of the LUT are stored while values in between have to be interpolated. A metrological characterization of the circuit also includes time resolution and phase jitter. The resulting spectrum of the real PWM signal is presented using an Audio Precision SYS-2522. It will be expected that the desired accuracy of 120 dB can be achieved.

16:40 – 17:00 Uhr: KHT2015-D-05

Samuel Quenzer-Hohmuth¹, Thoralf Rosahl², Steffen Ritzmann², Bernhard Wicht¹

¹Robert Bosch Zentrum für Leistungselektronik, Hochschule Reutlingen;

²Robert Bosch GmbH, Automotive Electronics, Reutlingen, Germany)

Herausforderungen und Implementierungsaspekte von Schaltwandlern mit digitaler Regelung für Automotive-Anwendungen

Schaltwandler wandeln Gleichspannungen am Eingang entweder in höhere oder in niedrigere Gleichspannungen am Ausgang. Um die geforderte Ausgangsspannung störungsresistent und konstant zu halten werden im Automotive-Bereich meist analoge Regelungen eingesetzt. Die Auslegung analoger Regelungen für Schaltwandler wird erschwert durch Parameterschwankungen von integrierten und externen passiven Bauelementen. Durch Verwendung von digitalen Regelungen werden diese Parameterschwankungen eliminiert und gleichzeitig der Flächenbedarf der integrierten Schaltungen reduziert. Mit dem Einsatz von digitalen Regelungen wird die Beschränkung auf einfache lineare Regelungen aufgehoben und es können adaptive, nichtlineare und dynamik-optimierte Regelungen

eingesetzt werden. Mit der digitalen Regelung werden Schaltwandler günstiger, variabler und leistungsfähiger.

Der digitale Reglerentwurf bringt Herausforderungen mit sich, wie die Verhinderung von Limit Cycle Oscillations und Controller-Wind-Up. Dieser Beitrag zeigt, wie Limit Cycle Oscillations und Controller-Wind-Up unterbunden werden können.

Der digitale Regelkreis beinhaltet neue Quellen für Totzeiten, darunter zum Beispiel die Latenzzeit des AD-Wandlers. Auch die Abtastung mit einer endlichen Abtastzeit kann in eine korrelierende Totzeit umgerechnet werden. Diese Totzeit hat einen nachteiligen Einfluss auf die Stabilität des Regelkreises, weil sie zu einer Verringerung der Phasenreserve führt. Demzufolge ist eine geringe Latenzzeit eine der Schlüsselanforderungen an AD-Wandler für digital geregelte Schaltwandler.

Am Beispiel eines mit 500kHz-getakteten Abwärtswandlers mit einer Transitfrequenz von 70kHz wird gezeigt, dass die Latenzzeit von 5 μ s eines Delta-Sigma-Wandlers zu einer Verringerung der Phasenreserve um 126° führt. Dieser Sachverhalt ist weniger kritisch für Aufwärtswandler wegen der inhärent geringeren Transitfrequenzen.

Abschließend zeigt dieser Beitrag einen Vergleich zwischen analoger und digitaler Regelung von Schaltwandlern hinsichtlich Chipflächenbedarf und Testkosten.

17:00 – 17:20 Uhr: KHT2015-D-06

Boyu Shui¹, Matthias Keller¹, Yiannos Manoli^{1,2}

(¹Fritz Huettinger Chair of Microelectronics, Department of Microsystems Engineering – IMTEK, University of Freiburg; ²Hahn-Schickard, Villingen-Schwenningen, Germany)

An Area-efficient Low-power Continuous-Time Incremental Delta-Sigma ADC for Multisite Neural Recording Interfaces

In the past decade, the demand for penetrating multi-site neural recording probes with integrated front-end low-noise amplifiers and analog-to-digital converters (ADCs) has steadily grown. In order to provide probes with several hundreds of recordings sites on a single shaft, a high grade of miniaturization of the shaft and its electronics must be achieved. Moreover, in order to keep the temperature rise of tissue below the tolerable value of 1°C, the power consumption of the integrated electronics must be minimized.

Typically, the signals to be converted, i.e., local field potentials and action potentials, have amplitudes ranging from a few microvolts to tens of millivolts. After amplification by means of a low-noise amplifier, an ADC with a dynamic range of at least three decades is thus required. Moreover, due to power and area constraints, several recording sites should share one ADC which requires the ADC to operate in a multiplexing environment. Both requirements can be met by means of an incremental Delta-Sigma ADC. This type of an ADC achieves a high dynamic range by means of oversampling and noise-shaping while operating in Nyquist mode, thus providing an analog-to-digital converted value from sample to sample.

In the framework of the Cluster of Excellence *BrainLinks-BrainTools* at the University of Freiburg, an overview of the research project *Advanced EDC: Advanced Intracortical Neural Probes with Electronic Depth Control* is presented. In doing so, the focus will be put on the design and implementation of a second-order continuous-time incremental Delta-Sigma ADC in a 0.18 μ m CMOS process.

17:20 – 17:40 Uhr: KHT2015-D-07

Abdelrahman Elkafrawy, Jens Anders and Maurits Ortmanns

(Institute of Microelectronics, University of Ulm, Germany)

Design and Validation of a Current Mode Based SAR ADC in 90 nm CMOS

Remarkable improvements have been recently realized on time-interleaved charge domain SAR ADCs to reach the speed in the range of GS/s with medium resolution and low power consumption. However, this has shifted the power bottleneck to the preceding block in a wireless receiver, conventionally the Variable-Gain Amplifier (VGA) that has to charge a few pF of ADC sampling capacitor with rail-to-rail voltage within a few ns with high linearity. Moreover, time-interleaving a large number of sub-ADCs requires significant design effort and complexity, such as multi-phase clock generation/distribution and/or

schemes for compensating the offset, gain mismatch and phase skew between the sub-channels. On the other hand, single-channel, non time-interleaved SAR ADCs suffer from settling limitations when higher resolutions together with higher conversion rates are required. This is because the unit capacitor size of the SC-DAC is determined by the matching requirements which usually results in bigger capacitor sizes. Therefore, a potential improvement towards high speed non time-interleaved SAR ADCs with smaller sampling capacitor sizes is still highly desired. One approach is based on replacing the commonly used voltage (or charge) mode switched capacitor DAC by a high speed current mode DAC implementation alleviating the problem of the large input sampling capacitor. Nowadays, most existing current mode SAR ADCs are used for low power applications with very low conversion speeds and in applications where the input signal is already in the form of a current, avoiding the voltage-to-current conversion. This abstract presents a current mode SAR ADC which can provide improved system-level power efficiency compared to its voltage mode counterpart by eliminating the issues related to large input sampling capacitors. The presented SAR ADC uses a G_m stage which converts the input voltage to a current which is then processed in a current based binary search algorithm SAR loop. In comparison to the conventional switched capacitor SAR ADC structures, the sampling capacitor size is smaller than the total capacitance of the comparable SC-SAR ADCs. Moreover, this design does not require an external reference voltage to bias the G_m stage output. The presented current mode ADC is designed for an overall resolution of 10 bit and the measurement results of the ADC fabricated in 90nm CMOS technology are discussed.

17:40 – 18:00 Uhr: KHT2015-D-08

Michael Zwerger, Maximilian Neuner, Helmut Gräß

(Lehrstuhl für Entwurfsautomatisierung, Technische Universität München, Germany)

Verfahren zur Automatischen Berechnung von Power-Down-Netzwerken für Analog-/Mixed-Signal-Schaltungen

1. Einleitung

Ein Grund für die weite Verbreitung mobiler Geräte, wie z. B. Smartphones, ist deren großer Funktionsumfang. Dieser ist wegen hoher Integrationsdichten und stetiger Strukturverkleinerung von Transistoren realisierbar. Dies führt jedoch zu hohen Verlustleistungsdichten moderner System-on-Chips (SOCs), weshalb Energieverwaltungsfunktionen an Bedeutung gewinnen. Eine Strategie zur Verringerung des Energieverbrauchs dieser Chips ist die Versetzung nicht gebrauchter Schaltungsblöcke in den Power-Down-Modus. Bei digitalen Schaltungen kann dies durch Abtrennung der Schaltung von der Versorgungsspannung – sog. „Power-Gating“ – erfolgen. In Analog- und Mixed-Signal-Schaltungen wird diese Methode jedoch nicht verwendet, da die eingefügten Transistoren zu einer Einschränkung des Ausgangsspannungsbereichs führen würden, was aufgrund sehr geringer Versorgungsspannungen in modernen SOCs nicht akzeptabel ist. Stattdessen werden bei analogen Schaltungen zusätzliche Transistoren eingefügt, welche die internen Netze der Schaltung entweder auf die positive oder auf die negative Versorgungsspannung ziehen, so dass alle Ströme abgeschaltet werden [1], [2], [3]. In der heutigen industriellen Praxis werden Power-Down-Netzwerke manuell am Ende der Entwurfsphase der Schaltung eingefügt [3], [4]. Der Entwurf und die Verifikation des Power-Down-Modus einer Schaltung können jedoch aufwändig sein. Typische Probleme sind z. B.:

- Die Implementierung und Verifikation des Power-Down-Modus kann aufgrund steigender Anzahl externer Kontrollsignale, mehrerer verschiedener Power-Down-Modi und Interaktionen zwischen verschiedenen Untersystemen mit unterschiedlichen Energie-Modi in modernen SOCs aufwändig sein.
- Da im Power-Down-Modus alle Ströme abgeschaltet sind, befinden sich einige Transistoren im Subthreshold-Bereich. Dies kann dazu führen, dass Spannungen an internen Knoten nicht bestimmbar sind („Floating-Nodes“). Diese können subtile Entwurfsfehler, wie z.B. Leckströme durch das Substrat, verursachen.

Als Ergebnis können ungewollte Kurzschlussströme [1], [3] oder Zuverlässigkeitsprobleme aufgrund von Alterungseffekten [4] unerkannt bleiben, welche den Erfolg beim ersten Fertigungsversuch bedrohen. Zur Bewältigung dieser Probleme wurden Computerprogramme entwickelt, welche den Power-Down-Modus für Analog-/Mixed-Signal-Schaltungen verifizieren können [5], [6]. Weiterhin wird akademische Forschung

auf diesem Gebiet betrieben [1], [3], [4], [7]. In dieser Arbeit wird ein Schritt weitergegangen und ein Verfahren zur automatischen Berechnung von Power-Down-Netzwerken für Analog-/Mixed-Signal Schaltungen vorgestellt.

2. Power-Down-Synthese

Die Problemstellung der Power-Down-Synthese ist folgendermaßen formuliert [8]:

Gegeben sei eine Analog-/Mixed-Signal-Schaltung. Es soll ein ergänzendes Power-Down-Netzwerk berechnet werden, welches folgende Bedingungen erfüllt:

- Alle Ströme müssen abgeschaltet werden.
- Das Verhalten der Schaltung im Normalbetrieb soll möglichst unverändert bleiben.
- Strategien zur Verringerung von Alterungseffekten sollen berücksichtigt werden, falls es die Anwendung und die benutzte Technologie erfordern [7].
- Floating-Nodes sollen vermieden werden um Verifikationsproblemen vorzubeugen.
- Zusätzlich benötigte Chipfläche soll durch Minimierung der Anzahl benötigter Power-Down-Transistoren minimiert werden.

Ziel dieser Arbeit ist die Formalisierung der beschriebenen Entwurfsziele, um eine automatische Berechnung der Power-Down-Schaltungsblöcke für Analog-/Mixed-Signal-Schaltungen zu ermöglichen. Dieses Ziel wird durch Kombination einer Strategie zur Auftrennung von Kurzschlusspfaden und der Formulierung eines Constraint-Programmes erreicht. Die Auftrennungsstrategie unterbricht dabei alle Kurzschlusspfade, welche durch gezieltes Ziehen der internen Netze einer Schaltung nicht abgeschaltet werden können. Das Constraint-Programm modelliert das Abschalten aller Ströme durch gezieltes Laden der internen Netze einer Schaltung entweder auf die positive oder auf die negative Versorgungsspannung. Lösungen des Constraint-Programms werden mit Hilfe eines Constraint-Solvers berechnet [9]. Die Effektivität und Korrektheit des beschriebenen Lösungsansatzes kann durch experimentelle Ergebnisse belegt werden [8].

Literatur:

- [1] S.Blieck und E. Janssens, "Software Check for Power-Down Mode of Analog Circuits", in ESSCIRC, 1996
- [2] J.Crols und M. Steyaert, "Switched-OpAmp: An Approach to Realize FullCMOS Switched-Capacitor Circuits at Very LowPower Supply Voltages", Solid State Circuits, IEEE Journal of 1994
- [3] M.Zwerger und H.Gräß, „Short-Circuit-Path and Floating-Node Verification of Analog Circuits in Power-Down Mode“, in Int. Conf. Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD), Sep. 2012
- [4] M.Zwerger und H.Gräß, „Detection of Asymmetric Aging-Critical Voltage Conditions in Analog-Power-Down Mode“, in DATE, Mar 2015
- [5] M. Graphics, Calibre PERC Software, URL: www.mentor.com
- [6] Synopsys, CustomSim Circuit Check (CCK). URL: www.synopsys.com
- [7] M.Zwerger und H.Gräß, „Verification of the Power-Down Mode of Analog Circuits by Structural Voltage Propagation“, Analog Integrated Circuits and Signal Processing, 2013
- [8] M.Zwerger, M.Neuner und H.Gräß, "Power-Down-Circuit Synthesis for Analog/Mixed-Signal", in IEEE/ACM International Conference on Computer-Aided Design (ICCAD), Nov. 2015
- [9] G.T. Christian Shulte und M. Z. Lagerkvist, Modeling and Programming with Gecode, 2013, URL: <http://www.gecode.org/doc/4.2.1/MPG.pdf>

18:00 – 18:20 Uhr: KHT2015-D-09

Jan Kühn¹, Yiannos Manoli^{1,2}, Matthias Kuhl¹

¹Universität Freiburg, Institut für Mikrosystemtechnik – IMTEK, Freiburg;

²Hahn-Schickard, Villingen-Schwenningen, Germany)

Smart Dentition – Echtzeit-Abbildung der Stressverteilung in einem Modellkiefer durch ein FPGA-basiertes Auslesesystem

Mikroelektronische Systeme gewinnen auf Grund ihrer zunehmenden Leistungsfähigkeit bei immer geringeren Abmessungen eine große Bedeutung für die heutige Medizintechnik. Vor einigen Jahren

wurde das Smart Bracket System präsentiert, eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung zur Erfassung von Kräften und Drehmomenten in festsitzenden kieferorthopädischen Zahnspangen. Dieses System soll langfristig den Arbeitsalltag in der Kieferorthopädie um objektive Belastungskennzahlen ergänzen und somit die Behandlung optimieren.

Basierend auf den Erfahrungen mit dem Smart Bracket System wurde die Smart Dentition entwickelt, ein Modellgebiss mit stresssensitiven Zähnen, welches in der kieferorthopädische Ausbildung genutzt werden kann. In die Wurzel jedes Modellzahns wird dabei ein Sensorchip integriert, welcher im Gegensatz zur intelligenten Zahnspange nicht telemetrisch, sondern kabelgebunden versorgt und ausgelesen wird. Dies ermöglicht die parallele Verarbeitung der Sensordaten von insgesamt 14 Zähnen und liefert damit ein Echtzeit-Abbild der Stressverteilung im gesamten Modellkiefer. Die Herausforderung liegt hierbei im parallelen Auslesen aller 14 Chips, der Verarbeitung der Rohdaten sowie deren grafischer Darstellung. Als Lösung wird ein FPGA-basiertes Auslese- und Verarbeitungssystem vorgestellt, das die Schnittstelle zwischen den anwendungsspezifischen Sensorchips und einem Standard USB Interface darstellt. Zur Visualisierung können die Daten per USB von einer PC-Software empfangen werden. Die Rohdaten der Smart Dentition werden im FPGA gesammelt, wo sie zunächst vorverarbeitet werden, um nicht-mechanische Signalvariationen zu kompensieren. Zusätzlich können mechanische Variationen der Aufbau- und Verbindungstechnik durch Verrechnung von Offsets und Kalibrationsmatrizen ausgeglichen werden.

Für die Datenverarbeitung im FPGA wird hardwarebasierte, IEEE754-konforme Fließkommaarithmetik verwendet. Dies führt zwar zu einem höheren Ressourcenverbrauch als bei Festkommaarithmetik, ermöglicht aber eine höhere flexible Genauigkeit und einen größeren Wertebereich bei gleicher Wortbreite.

Durch die gegebene Modularität im FPGA Design kann diese Schaltung für eine beliebige Anzahl von Kanälen synthetisiert werden und somit alle 14 Sensoren einer Smart Dentition parallel verarbeiten. Die Daten werden gepuffert und in Blöcken über das USB Interface an den PC gesendet, wo sie in einer Java-Anwendung dreidimensional visualisiert werden.

18:20 – 18:40 Uhr: KHT2015-D-10

M. Schmidt¹, J. Zhang², T. Tannert², C. Richter², M. Grözing², M. Berroth²

¹IBM Deutschland Research & Development GmbH, Böblingen;

²Institut für Elektrische und Optische Nachrichtentechnik, Universität Stuttgart, Germany)

FPGA Based Measurement Platform for the Characterization of Integrated Circuits with Multi-Lane and Multi-Gigabit/s Interfaces

To handle the growing complexity and to reduce costs FPGAs replace many ASICs in applications with low volume but high innovation pressure. In former days standard FPGA interfaces like CMOS or LVDS were sufficient for all applications. Nowadays, interfaces with high data rate, especially for digital-to-analog and analog-to-digital converters, have become a crucial building block in the design process, during the characterization and in the final product. To cope with the required data rate FPGA vendors implement serializers and deserializers (SERDES) on-chip with current-mode-logic (CML) interfaces. FPGA evaluation boards with these interfaces are a low cost alternative to multi-lane, multi-gigabit/s measurement equipment or in some cases even the only way to characterize high-speed data converters. In this work a measurement platform for integrated circuits is presented. It consists of a Xilinx FPGA evaluation board with multi-gigabit/s interfaces to a device-under-test (DUT) and a low-speed interface to a measurement computer.

The design is easily adaptable to different types of Xilinx FPGAs and tested with a Virtex-4, a Kintex-7 and a Virtex-7 board. The board operates either in read-mode when it captures the data on all lanes synchronously until the allocated on-board memory is full. Or in write-mode where it writes periodically the data in the memory to the multi-gigabit/s interfaces. For synchronization in write-mode a low-speed feedback channel from the DUT provides aligning information. The data pattern is shifted on the measurement computer and transmitted to the FPGA board.

The interface to the measurement computer is done with the CMOS pins of the FPGA to facilitate migration to other evaluation boards. The 8-bit interface to a single-board computer can be speeded up to 2Mb/s data rate.



Montag 28. September 2015

KHT2015 – Tagungsprogramm (Brauerei Keller)





08:20 - 09:00 Uhr: Elektromagnetische Metrologie

Sitzungsleiter: Thorsten Schrader

08:20 – 08:40 Uhr: KHT2015-A-01

R. Pape¹, U. Karsten², F.-M. Lindner³, F. Rittmann⁴, J. v. Freeden⁵, **T. Kleine-Ostmann¹**, and T. Schrader¹

(¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Department High Frequency and Fields, Bundesallee 100,

38116 Braunschweig, Germany

thomas.kleine-ostmann@ptb.de / Phone: +49-531-592-2210

²TESEQ GmbH, Landsberger Str. 255, 12623 Berlin, Germany

³Kalibrierzentrum der Bundeswehr, Sielower Landstr. 66, 03044 Cottbus, Germany

⁴steep GmbH, Lise-Meitner-Strasse 6, 85521 Ottobrunn, Germany

⁵Narda Safety Test Solutions GmbH, Sandwiesenstr. 7, 72793 Pfullingen, Germany)

Results of an Intercomparison for Electric Field Strength Measurements within the German Calibration Service (DKD)

Field probes are widely used to determine the electric field strength, e.g. for proving personal safety in electromagnetic fields or for setting the test levels during electromagnetic compatibility interference testing. Both fields of application require accurate knowledge of the calibration factor of the field probe to be able to measure field strengths traceable to the SI units with known measurement uncertainty. In Germany, three laboratories are accredited for electric field strength measurements by the German Accreditation Service (Deutsche Akkreditierungsstelle – DAkkS). To assess the technical competence of the accredited laboratories an intercomparison was organised by the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), the German National Metrology Institute, within the framework of the German Calibration Service (Deutscher Kalibrierdienst – DKD), which is the association of the accredited laboratories in Germany.

In addition to PTB, three accredited and one non-accredited laboratories took part in the intercomparison. As measurement artefacts both a small transfer sensor developed by PTB and a commercially available field probe ETS-Lindgren HI-6053 were used. The field strength values to generate a reading of 20 V/m were compared. The transfer sensor oriented parallel to the magnetic field (PH orientation) was used for a comparison between 300 MHz and 1000 MHz in 100 MHz steps and for 1000 MHz to 6 GHz in 500 MHz steps. The field probe HI-6053 was oriented both parallel to the magnetic field (PH orientation) and parallel to the power flux density vector (PS orientation). It was used for a comparison between 100 MHz and 1000 MHz in 100 MHz steps and for 1000 MHz to 18 GHz in 500 MHz steps. The intercomparison shows that all laboratories are able to generate electromagnetic fields with the specified measurement uncertainty but that calibrations in PS orientation can be problematic. The outcome of this comparison was one of the triggers for re-establishing the standardization working group DKE GAK 767.4.3 “Feldsondenkalibrierung” which works on a first draft on a new standard IEC 61000-4-26 “Field Probe Calibration”.



08:40 – 09:00 Uhr: KHT2015-A-02**Thorsten Schrader**¹, Jochen Bredemeyer², Christoph Stupperich³, Heyno Garbe⁴¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Fachbereich Hochfrequenz und Felder, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Germany

thorsten.schrader@ptb.de / Tel.: +49-531-592-2200

²FCS Flight Calibration Services GmbH, Hermann-Blenk-Straße 32 A, 38108 Braunschweig, Germany³steep GmbH, DE/U, Justus-von-Liebig-Str. 18, 53121 Bonn⁴Leibniz Universität Hannover, Institut für Grundlagen der Elektrotechnik und Messtechnik, Appelstraße 9a, 30167 Hannover**Update: WERAN – Wechselwirkung Windenergieanlagen mit terrestrischer Navigation/Radar**

Als Folge der politisch beschlossenen Energiewende in der Bundesrepublik Deutschland nimmt der Ausbau regenerativer Energielieferanten wie z.B. der Windenergie on- und off-shore stark zu. Die ausgewiesenen Windvorranggebiete werden bevorzugt entweder für Neubauprojekte von Windenergieanlagen (WEA) oder auch für Repowering (Austausch kleinerer Anlagen durch solche mit höheren Türmen, größeren Rotoren und daher größerer Leistung) genutzt. In vielen Fällen konkurrieren jedoch geplante Bauvorhaben von WEA mit den terrestrischen Navigationsanlagen (Drehfunkfeuer, VOR/D-VOR) sowie Radaranlagen der militärischen Luftraumüberwachung, der zivilen Flugführung sowie des Deutschen Wetterdienstes. Bisher wurden zur Abschätzung der Beeinträchtigung und der Standortanalyse Gutachten beauftragt, die jedoch weitgehend auf numerischen Simulationen beruhen. Die technisch notwendigen Vereinfachungen bei der numerischen Analyse sind dabei jedoch nicht immer zulässig, mindestens jedoch kritisch für eine sichere Aussage. Eine messtechnische Validierung fehlt bisher vollständig. Ziel muss es sein, einerseits sowohl den Ausbau von WEA zu unterstützen, andererseits aber auch die notwendige Funktionalität der sicherheitsrelevanten Anlagen sicherzustellen.

Das Projekt WERAN¹ setzt genau dort an, diese bisher bestehende Lücke zu schließen. Der innovative Ansatz dieses Projektes besteht darin, das komplexe Problem der elektromagnetischen Wechselwirkung von WEA und Radar-/terrestrischen Navigationsanlagen in messtechnisch erfassbare Zwischenschritte aufzuteilen und nur physikalische, objektiv bestimmbare Größen zu vergleichen. Dazu soll zunächst der lineare Übertragungskanal der verschiedenen Systeme durch neuentwickelte Messtechnik charakterisiert werden. Anhand des veränderten Signalinhaltes lassen sich dann in der nicht-linearen Signalverarbeitung Aussagen über das tatsächliche Störverhalten von WEA treffen. Die Betreiber der Systeme müssen letztlich entscheiden, welche Störungen sie operationell tolerieren können.

Parallel zu den Messungen werden numerische Simulationen an verschiedenen Szenarien mit unterschiedlicher Komplexität durchgeführt und messtechnisch validiert. Daraus wird ein Benchmark-Katalog abgeleitet, der den Gutachtern in einem Ringvergleich zur Verfügung gestellt wird. Für den weiteren Ausbau der Windenergie werden kompetente Gutachter benötigt, aber auch konsistente Aussagen zum Grad der Beeinträchtigung der sicherheitsrelevanten Systeme. Auch hierzu soll das Projekt einen Beitrag leisten, damit der Ausbau der Windenergie zügig vorangehen kann.

¹ gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages, FKZ: 0325644A

09:00 – 09:20 Uhr: KHT2015-A-03**Sergei Sandmann**, Heyno Garbe

(Institut für Grundlagen der Elektrotechnik und Messtechnik, Leibniz Universität Hannover

Appelstr. 9a, 30167 Hannover, Germany

+49 (0511) 762-4673, sandmann@geml.uni-hannover.de)

Unsicherheitsbeitrag der Windeinflussrichtung und Rotorstellung einer Windenergieanlage auf Funknavigationssysteme

Durch die zunehmende Nutzung regenerativer Energien steigt auch der damit zusammenhängende Ausbau von Windenergieanlagen (WEA) und -parks. Diese wechselwirken aufgrund ihrer Geometrie und Beschaffenheit jedoch mit den umgebenden elektromagnetischen Feldern und bergen somit ein Störpotential für die betreffenden Signale.

Insbesondere die Störungen von Funknavigationssystemen der zivilen und militärischen Flugsicherung werden immer öfter Gegenstand juristischer Auseinandersetzungen im Zusammenhang von Genehmigungsverfahren für den Bau von Windkraftanlagen. Diese gestalten sich ihrerseits recht schwierig, da nach derzeitigem Stand der Wissenschaft keine einheitlichen und belastbaren Methoden vorliegen, die das Störpotential auf die Navigationsanlagen vor dem Bau der WEA zuverlässig abschätzen können.

In dem Verbundprojekt „WERAN“ (Wechselwirkung Windenergieanlagen und Radar/Navigation)² sollen die elektromagnetischen Wechselwirkungen untersucht und Methoden entwickelt werden mit denen Abschätzungen für das Störpotential der Zielgrößen in konkreten Fällen zuverlässig angegeben werden können.

In diesem Zusammenhang beschäftigt sich dieser Bericht mit dem elektromagnetischen Einfluss von Windenergieanlagen auf die Trägerfeldstärke eines DVOR (Doppler Very High Frequency Omnidirectional Radio Range; Doppler-UKW-Drehfunkfeuer) bei einer Frequenz von 112,2 MHz. Während das Hauptaugenmerk in bei dem Störpotential der kompletten WEA bzw. eines WEA-Parks unter Variation verschiedener Parameter lag, wird in dieser Arbeit insbesondere der Einfluss der Rotorstellung und der Windausrichtung der WEA auf das Störpotential untersucht und geprüft, inwiefern Vereinfachungen getroffen werden können, um den diesbezüglichen Simulationsaufwand zu reduzieren.

Mit dem Simulationsprogramm FEKO werden hierzu die Feldstärkewerte auf 100 konzentrischen Kreisbahnen, mit einem Radius von 1 NM bis 10 NM und der Höhe von 1000 ft bis 10000 ft in Schritten von 1° um eine WEA simuliert³, während sie in einer variablen Entfernung von 1 km bis 10 km von der DVOR-Anlage platziert wird. Im Einzelnen werden für jeden Standort sowohl die Windeinflussrichtung als auch die Rotorstellung in Schritten von 15° parametrisiert und jeweils simuliert, sodass sich aus Symmetriegründen 104 Simulationen für eine 360°-Abdeckung beider Winkel ergeben.

Zur Darstellung der Ergebnisse wird eine Referenzsimulation herangezogen, die bis auf die WEA von einem jeweils identischen Simulationssetup ausgeht. An Stelle der WEA wird jedoch ein rotationssymmetrisches Gebilde mit ähnlichen Abmessungen verwendet, welches als statisches WEA-Ersatzmodell fungiert. Bezogen auf die so errechnete Feldverteilung werden die Simulationsergebnisse aus den parametrisierten Simulationen als Differenz der Pegel entlang der Kreisbahnen betrachtet und bewertet. Anhand statistischer Darstellungen der Ergebnisse in direkter Abhängigkeit von Parametern wie Messhöhe, Messentfernung zur WEA, Abstand der WEA zur DVOR-Antenne bis hin zu verschiedenen WEA-Modellen kann die Anwendung des vereinfachten, rotationssymmetrischen Ersatzmodells unter Vernachlässigung der Rotationswinkel beurteilt und die Anwendungsgrenzen der damit einhergehenden, erheblichen Reduktion des Simulationsaufwandes eingeschätzt werden.

² gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages
FKZ: 0325644B

³ durchgeführt auf dem Scientific Cluster der Leibniz Universität IT Services

09:20 – 09:40 Uhr: KHT2015-A-04**Marc Zimmermanns¹**, Patrik Gebhardt², Malte Mallach², Thomas Musch², Ilona Rolfes¹¹Lehrstuhl für Hochfrequenzsysteme, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum, Germany²Lehrstuhl für Elektronische Schaltungstechnik, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum, Germany)

Kontakt: Marc.Zimmermanns@rub.de

Mehrtor-Kalibrierverfahren für die Mikrowellentomografie

Die Mikrowellentomografie ist ein bildgebendes Verfahren zur Bestimmung der räumlichen Komponentenverteilung innerhalb einer definierten Messumgebung. Mikrowellentomografiesysteme werden beispielsweise in der Prozessindustrie zur nichtinvasiven Vermessung und Visualisierung von Mehrphasenströmungen in Rohren genutzt. Dazu werden Mikrowellensignale mittels geeigneter Koppelstrukturen, die typischerweise symmetrisch entlang des Umfangs eines Messrohrs angeordnet sind, in das Messgebiet, d.h. das Innere des Rohrs, eingekoppelt. Auf Basis der reflektierten und transmittierten elektromagnetischen Felder am Rand des Messgebiets kann die Permittivitätsverteilung im Inneren rekonstruiert werden. Ein Mikrowellentomografiesensor, bestehend aus einem Messrohr mit N Antennen, kann als lineares N -Tor mit Hilfe einer Streumatrix beschrieben werden. Die Berechnung der elektromagnetischen Felder am Rand des Messgebiets aus den gemessenen Streuparametern erfordert eine vollständige Korrektur der Systemfehler und eine Verschiebung der Referenzebenen an den Rand des Messgebiets.

In diesem Beitrag wird die Möglichkeit einer komplexen Systemfehlerkorrektur eines am Lehrstuhl für Elektronische Schaltungstechnik der Ruhr-Universität Bochum entwickelten 8-Tor Mikrowellentomografiesystems untersucht. Der vorliegende Sensor besteht aus einem Metallrohr mit 8 symmetrisch angeordneten dielektrischen Fenstern und Rechteckhohlleitern als Einkoppelstrukturen. Aufgrund des Sensordesigns wird die Verwendung von homogenen dielektrischen Zylindern als Kalibrierstandards untersucht, die in das Rohr eingefügt werden können. Auf diese Weise werden die Referenzebenen an die Übergänge zwischen den dielektrischen Fenstern und dem Inneren des Rohres verschoben. Dies ermöglicht eine korrekte Bestimmung der elektromagnetischen Felder am Rand des Messgebiets und somit die Rekonstruktion der Permittivitätsverteilung im Inneren.

Zunächst wird in einem ersten Schritt ein Modell zur Beschreibung des Messaufbaus vorgestellt. Auf Basis dieses Modells wird die Adaption bestehender Kalibrieralgorithmen für die Mehrtor-Netzwerkanalyse untersucht. Dabei wird der Einfluss eines endlichen Signal-zu-Rausch-Verhältnis und des Übersprechens zwischen einzelnen Signalpfaden auf die Genauigkeit der Kalibrierung analysiert. Auf Basis dieser Untersuchung und der Eigenschaften des Messaufbaus wird die maximale erreichbare Genauigkeit der Kalibrierung bestimmt. Das vorhandene Simulationsmodell wird im Weiteren genutzt, um die Anforderungen an die Streuparameter der Kalibrierstandards zu definieren. Hierbei wird die Möglichkeit der Kalibrierung mit Hilfe von homogenen dielektrischen Zylindern im Inneren des Messrohrs überprüft. Auf Basis dieser Ergebnisse werden die notwendigen dielektrischen Eigenschaften der Materialien für die Kalibrierzylinder bestimmt. Abschließend werden mögliche Realisierungen der Kalibrierstandards vorgestellt.



10:00 – 12:00 Uhr: Radar- und HF- Prozessmesstechnik

Sitzungsleiter: Michael Vogt

10:00 – 10:20 Uhr: KHT2015-A-05

M. Kotzev⁽¹⁾, M. Kreitlow⁽²⁾, and F. Gronwald⁽¹⁾

(Hamburg University of Technology⁽¹⁾ Institute of Electromagnetic Theory, Harburger Schloss Str. 20, 21079 Hamburg, Germany)

E-Mail: miroslav.kotzev@tuhh.de

Design and Analysis of Ultra-wideband Antennas for Transient Field Excitations

This work addresses the design of two ultra-wideband antennas for the application of transient field measurements that are characterized by frequency spectra that typically range from a few MHz to several GHz. The motivation for their design is the excitation of high power transient pulses, such as double exponential or damped sinusoidal pulses, within highly resonant metallic enclosures. Based on the geometric dimensions of the metallic enclosures to be investigated and the measurement of the induced internal fields, one general requirement for the antenna structures is to be electrically short [1]. For choosing the optimal antenna dimensions with respect to their applicability, numerical full-wave models based on the Finite Integration Technique (FIT) have been used [2]. From the perspective of an efficient cavity excitation by means of high power transient pulses, one further important antenna requirement is a low reflection over the corresponding entire frequency range. Also, it is desirable to achieve low pulse dispersion during transmission. To this end, the time domain properties of the designed antennas are compared to those of a short monopole antenna, using the concept of antenna fidelity factor [3, 4, 5]. The analysis of the two different proposed antenna structures shows that the advantages of the designed wideband antennas can be characterized by both the antenna efficiency and the criterion that a fidelity factor of more than 0.9 leads to satisfying pulse transmission properties.

[1] A. Vogt, H.-D. Brüns, Q. Wu, F. Gronwald, and C. Schuster: "A Measurement Setup for Quantification of Electromagnetic Interference in Metallic Casings", accepted for publication in *IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility* (2015).

[2] CST Corporation, CST EM Studio Version 2013 [Online], Darmstadt, Germany. Information available at: <http://www.cst.com> (August 2015).

[3] D. Lamensdorf and L. Susman, "Baseband-Pulse-AntennaTechniques", *IEEE Antennas and Prop. Mag.*, vol.36, no.1, pp. 20-30, February, 1994.

[4] G. Quintero, J. F. Zürcher and A. K. Skrivervik, "System fidelity factor: A new method for comparing UWB antennas", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 59, no.7, pp.2502-2512, July, 2011.

[5] Mohsen Koohestani, J.-F. Zürcher, and Antonio A. Moreira, "A Novel, Low-Profile, Vertically-Polarized UWB Antenna for WBAN", *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol.62, no.4, pp.102-108, April, 2014.

10:20 – 10:40 Uhr: KHT2015-A-06

J. Runkel, C. Schulz, I. Rolfes

(Lehrstuhl für Hochfrequenzsysteme – Ruhr-Universität Bochum, Germany)

Sensornetzwerk zur orts aufgelösten Diagnostik in dielektrisch beschichtenden Plasmaprozessen

In den letzten Jahren hat sich die Plasmatechnik als ein unverzichtbares Werkzeug bei der Erforschung und Entwicklung neuer Technologien und Produkte etabliert. Technische Plasmaprozesse bieten vielfältige Möglichkeiten zur hochpräzisen Beschichtung, Veredelung und Ätzung verschiedenster Oberflächen und ermöglichen damit Fortschritte in vielen Technologiebereichen, wie beispielsweise optischen Technologien und der Mikroelektronik.

Die zielgerichtete Regelung dieser Prozesse erfordert eine exakte Diagnostik zur Überwachung der Plasmaparameter, was dazu geführt hat, dass mit den Einsatzmöglichkeiten der Plasmatechnik auch die Anforderungen an Diagnostiksysteme stetig gewachsen sind.



Dabei stellen dielektrisch beschichtende Prozesse – die vor allem für optische Technologien von großer Bedeutung sind – besondere Herausforderungen an die verwendeten Diagnostiken. So sind beispielsweise etablierte Methoden wie die auf einer Gleichstrommessung basierende Langmuir-Sonde oder die optische Emissionsspektroskopie nur bedingt einsetzbar, da deren Messgenauigkeit durch eine dielektrische Beschichtung stark beeinträchtigt wird.

Die sogenannte planare Multipolresonanzsonde (pMRP – planar Multipole Resonance Probe) ist eine innovative Sonde, die auf dem Prinzip der aktiven Plasmaresonanzspektroskopie basiert. Sie ist aufgrund ihrer Bauform unempfindlich gegenüber dielektrischer Beschichtung und eignet sich dank ihrer hohen Messgenauigkeit für das präzise Monitoring der oben genannten Prozesse.

In diesem Beitrag wird ein passives Sensornetzwerk vorgestellt, in dem mehrere pMRPs für eine parallele Messung verbunden werden. Dabei entsteht unter Einsatz einer einzigen Messelektronik ein einfach aufzubauendes und kosteneffizientes Monitoring-System, mit dem ein Plasmaprozess an mehreren Punkten überwacht und somit – insbesondere für große Plasmareaktoren – eine hochgenaue Regelung ermöglicht wird.

Als besondere Herausforderung ergibt sich dabei die Auswertung der Messergebnisse, da aufgrund der parallelen Messung die gesuchten Reflexionsfaktoren der Sonden aus dem gemeinsamen Messergebnis extrahiert werden müssen.

Im Kern dieses Beitrags steht die Betrachtung dieser Extraktion, für deren Durchführung zwei Ansätze vergleichend dargestellt und anhand von Simulationen erläutert werden. Dabei ergeben sich je nach Ansatz unterschiedliche Bedingungen, die den Aufbau des Sensornetzwerkes und die Wahl der Sondengeometrien entscheidend beeinflussen.

Abschließend erfolgt eine Verifikation der praktischen Eignung des Sensornetzwerkes und der Ergebnisextraktion anhand von Messungen in einem Argon-Plasma.

10:40 – 11:00 Uhr: KHT2015-A-07

J. Jebramcik¹, J. Barowski¹, I. Rolfes¹

(¹Lehrstuhl für Hochfrequenzsysteme, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum, Germany)

Entwicklung einer elektronisch schwenkbaren Antenne auf Basis einer planar gespeisten sphärischen Linse für Radarmessungen

Radarsysteme finden in vielen industriellen Bereichen Anwendung, wie beispielsweise der Messung von Füllständen in Silos oder Tanks. Hierfür werden sowohl leitungsgebundene Systeme verwendet, als auch solche, die auf der Wellenabstrahlung mithilfe von Antennen beruhen. Radarverfahren sind hierbei insbesondere deshalb von Interesse, da sie auch bei schwierigen Bedingungen, wie hohem Druck und Feuchtigkeit und auch in staubigen Umgebungen zuverlässig arbeiten.

Da sich im Falle von Schüttgütern aufgrund des entstehenden Schüttkegels eine in der Regel unebene Oberflächenstruktur ausbildet, genügt hier die Messung der Füllstandshöhe in nur einer definierten Richtung meist nicht, um eine genaue Aussage über das Volumen des Schüttguts im Silo treffen zu können. Einen möglichen Lösungsansatz bieten hier Antennenkonzepte, deren Hauptstrahlrichtung verändert werden kann und die es somit ermöglichen mehrere Messungen in unterschiedliche Raumrichtungen durchzuführen. Die Höhe des Oberflächenprofils kann auf diese Weise an unterschiedlichen Stellen lokal ermittelt werden, sodass eine sehr viel genauere Erfassung des Füllvolumens möglich ist.

Die Anforderungen, die ein solches Konzept an die verwendete Antennenstruktur stellt, sind, neben der hohen Bandbreite, Nebenkeulenunterdrückung und Richtwirkung, die Möglichkeit die Hauptstrahlrichtung über einen großen Winkelbereich zu schwenken und hierbei eine möglichst konstante Richtcharakteristik zu gewährleisten. Dies ist insbesondere bei hohen Füllständen aufgrund der geringen Distanz zum Radar entscheidend.

In diesem Zusammenhang wurde ein Antennenkonzept auf Basis einer sphärischen Linse aus Polypropylen (PP) für einen Frequenzbereich um 24 GHz entwickelt, die aufgrund ihrer rotationssymmetrischen Geometrie die Erzeugung kongruenter Strahlen über einen großen Winkelbereich ermöglicht. Der hohe Gewinn der Antenne wird dadurch erreicht, dass die sphärischen

Phasenfronten eines vergleichsweise ungerichteten Quellstrahlers, durch Brechung an den Grenzflächen der Linse, in annähernd ebene Phasenfronten transformiert werden.

Die Schwenkung der Hauptstrahlrichtung erfolgt nicht durch Umpositionierung des Quellstrahlers, sondern durch Verwendung verschiedener Elemente, wodurch eine elektronische Strahlschwenkung realisiert werden kann. Ein Vorteil der elektronischen Strahlschwenkung ist, neben der Geschwindigkeit, dass keine Schrittmotoren benötigt werden und kein Verschleiß an beweglichen Teilen auftreten kann.

Die Speisung der dielektrischen Linse erfolgt durch eine planare Antennenstruktur, um eine einfache Realisierung eines, auf Mikrostreifenleitungstechnik basierenden Speisernetzwerkes zum Umschalten zwischen den Elementen zu ermöglichen. Darüber hinaus sind planare Strukturen einfach zu fertigen, kostengünstig und gut reproduzierbar. Um die Speiseantennen in einem Halbkreis um die sphärische Linse anzuordnen, wurden Vivaldi-Antennen verwendet, bei denen es sich um sog. Längsstrahler handelt. Die Vivaldi-Antenne ist für diese Anwendung insbesondere deswegen geeignet, weil sie eine breitbandige Anpassung ermöglicht und eine über den Frequenzbereich stabile Richtcharakteristik besitzt. Darüber hinaus bietet sie einen guten Kompromiss zwischen erzieltm Gewinn und Nebenkeulenunterdrückung.

Das hier vorgestellte Antennenkonzept erlaubt die Strahlschwenkung über einen Winkelbereich von über 128° bei einem Abfall der Direktivität bei maximalem Schwenkwinkel von nur 2 dB. Gleichzeitig ist die Fehlanpassung des Antennensystems in einem Frequenzbereich von 6 GHz geringer als -12 dB, was einer relativen Bandbreite von 25 % entspricht.

11:00 – 11:20 Uhr: KHT2015-A-08

D. Pohle¹, J. Barowski¹, T. Jaeschke², N. Pohl³, I. Rolfes¹

¹Lehrstuhl für Hochfrequenzsysteme, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum, Germany,

²Lehrstuhl für Integrierte Systeme, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum, Germany,

³Fraunhofer FHR Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik Fraunhoferstraße 20, 53343 Wachtberg, Germany)

Charakterisierung der Topografie gaußscher Oberflächen mithilfe bildgebender Radarverfahren

Die Oberflächenstruktur von Festkörpern weist je nach betrachteter Größenordnung ausgeprägte Rauigkeiten auf. Diese Rauigkeiten spielen bei der Interaktion elektromagnetischer Wellen mit der Oberfläche, entsprechend dem Verhältnis ihrer Größe zur Wellenlänge, eine mehr oder weniger große Rolle. So weicht gemäß dem vorhandenen Rauigkeitsgrad das Verhalten einer von der Oberfläche reflektierten Welle in zunehmendem Maße von einer einfachen spiegelnden Reflexion ab und es werden auch vermehrt Anteile in andere Richtungen gestreut. Zur Untersuchung von Ausbreitungseffekten in Funkkanälen, bspw. für die Entwicklung realistischer Kanalmodelle und zur Verbesserung von Ray-Tracing-Modellen, ist eine Charakterisierung der Oberflächenstruktur wichtig, um die von ihr verursachte Streuung möglichst genau zu ermitteln. Weiterhin ist die Bestimmung der Oberflächentopografie im Rahmen von Materialprüfungen von Interesse.

Können die auftretenden Höhenschwankungen als zufällig angesehen werden, ist es möglich, ihre zugrundeliegende Verteilungsfunktion anzugeben. In der Realität lassen sich die Höhenunterschiede vieler rauer Oberflächen als normalverteilt betrachten. Man spricht in diesem Zusammenhang von gaußschen Oberflächen. Bei einem stochastischen Prozess ist dabei weniger die genaue Lokalisierung einzelner Höhenwerte auf der Oberfläche als viel mehr die Bestimmung stochastischer Kenngrößen zur Beschreibung ausreichend. Insbesondere zu nennen sind hierbei die Standardabweichung der Höhenschwankungen (d.h. die Rauigkeit in z-Richtung) sowie die Korrelationslängen (d.h. die Rauigkeit in x- bzw. y-Richtung).

Um die Topografie einer Oberfläche zu erfassen und durch bildgebende SAR-Verfahren aus den vorhandenen Messdaten ein dreidimensionales Höhenprofil zu erzeugen, ist zum einen ein geeignetes Messsystem und zum anderen eine entsprechende Prozessierung erforderlich. Aus dem so ermittelten Höhenprofil lassen sich wiederum die genannten stochastischen Parameter auslesen.

Im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchungen wurde ein Radarscanner bestehend aus einem 240 GHz ultra-wideband FMCW Radarsystem mit On-Chip-Antennen und einer mechanischen

Positioniereinheit verwendet. Zur Fokussierung der Messdaten wurde ein Backprojection-Ansatz gewählt. Durch eine anschließende Weiterverarbeitung der fokussierten Daten mittels Maximumsuche und zweidimensionaler Filterung bzw. Fitting konnte das Höhenprofil rekonstruiert und aus diesem die gesuchten stochastischen Parameter extrahiert werden. Um die Genauigkeit des Messverfahrens beurteilen zu können, wurde eine Referenz-Oberfläche mit vorgegebenen - und somit bekannten - Parametern erzeugt, welche für die anschließenden Messungen verwendet wurde. Durch einen entsprechenden Vergleich zwischen ermitteltem Höhenprofil und der Originaloberfläche konnten die Ergebnisse abschließend beurteilt werden.

Für weitere Untersuchungen der Streueigenschaften kann das gewonnene dreidimensionale Oberflächenprofil entweder in einen Feldsimulator exportiert oder die besagten stochastischen Parameter anderen Algorithmen übergeben werden. Auf diese Weise lassen sich ebenso die unterschiedlichen Simulationsmodelle miteinander vergleichen.

11:20 – 11:40 Uhr: KHT2015-A-09

Christoph Dahl¹, Michael Vogt², Ilona Rolfes¹

¹Lehrstuhl für Hochfrequenzsysteme,

²Forschungsgruppe Hochfrequenztechnik,

Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum, Germany, christoph.dahl@rub.de)

Evaluation of a MIMO Radar Concept based on a Hexagonal Antenna Configuration

Radar level measurement of bulk materials in silos is a challenging task. Due to the fact that bulk solids can heap up to complex surfaces inside the silos, a single range measurement is insufficient to determine the volume inside the silo. Imaging radar provides the opportunity to measure the entire surface profile to increase the accuracy and reliability of level measurements. In order to apply this concept in an industrial application, multiple-input multiple-output (MIMO) radar systems can be used to reduce the system cost by reducing the number of transmitting and receiving channels. A common antenna configuration is based on two linear arrays, one for transmitting and one for receiving, that are positioned perpendicular to each other. The radiation pattern of the transmitting and receiving array have fan-shaped beams, that are also perpendicular to each other. As a result, in the two way radiation pattern, a pencil shaped beam is formed. In order to improve the angular resolution and the side lobe suppression for a fixed number of antenna elements, a hexagonal antenna configuration has been analyzed.

The proposed hexagonal antenna concept is based on the Gosper island fractal. The transmitting array consists of seven antennas positioned in a hexagonal shape. The receiving array is a scaled and rotated version of the transmitting array. The antenna concept can be analyzed by introducing a virtual array, that is formed by a convolution of the transmitting and receiving array. The radiation pattern of the virtual array corresponds with the two way radiation pattern. In this case, the virtual array consists of 49 elements positioned on a hexagonal grid and is shaped like the second iteration of the Gosper island fractal. The corresponding two way radiation pattern has a beam width of 13.8° and a side lobe suppression of 15.7 dB. A comparable perpendicular antenna configuration leads to a rectangular shaped virtual array with 49 elements positioned on a rectangular grid. In comparison with the perpendicular antenna concept, the hexagonal configuration has a 1.1° better angular resolution and a 3 dB better side lobe suppression.

The antenna concepts have been compared in a reference scenario using a radar system working in the frequency range from 24 to 26 GHz. The virtual array of each concept has been sampled with a horn antenna by using synthetic aperture measurements. The resulting radar images show the advantages of the hexagonal antenna concept, regarding the angular resolution and side lobe suppression.



11:40 – 12:00 Uhr: KHT2015-A-10

J. Barowski¹, D. Pohle¹, T. Jaeschke², N. Pohl³, I. Rolfes¹

¹Lehrstuhl für Hochfrequenzsysteme, Ruhr-Universität Bochum Universitätsstraße 150, 44801 Bochum, Deutschland, Germany

²Lehrstuhl für Integrierte Systeme, Ruhr-Universität Bochum Universitätsstraße 150, 44801 Bochum, Deutschland, Germany

³Fraunhofer FHR Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik, Fraunhoferstraße 20, 53343 Wachtberg, Germany)

Ein selbst-referentielles Messsystem für die Bildgebung auf Basis des synthetischen Apertur Radars

Die fortschreitende Entwicklung zellulärer Funktechnologien wird voraussichtlich auch den Bereich der mm-Wellen ab 30 GHz für Mobilfunkstandards der 5. Generation erschließen. Da mit steigender Frequenz die Wellenlänge weiter abnimmt, werden für akkurate Funkkanalmodelle und –simulationen genauere Betrachtungen der Oberflächenstruktur von elektrisch großen Objekten (Innen- und Außenwände, Straßen, Fassaden, etc.) notwendig. Bildgebende Radarverfahren auf Basis eines synthetischen Apertur Radars (SAR) bieten die Möglichkeit die Oberflächen- sowie Volumenstruktur von Objekten in drei Dimensionen zu erfassen, um sie anschließend in 3D-Simulationen oder strahlenoptischen Verfahren zu berücksichtigen. In diesem Fall werden zur Bildgebung Radargeräte verwendet, welche bei 80 GHz mit Bandbreiten größer als 20 GHz operieren. Da für eine hinreichend genaue Bildgebung sehr viele Einzelmessungen (>100.000) aus unterschiedlichen, genau bekannten, Antennenpositionen benötigt werden, ist die Dauer der gesamten Messung in erster Linie durch die Bewegung der Antenne determiniert, welche bisher aufgrund der Genauigkeitsforderungen nur schrittweise erfolgt.

Um die Messdauer zu reduzieren, wird in diesem Beitrag ein aus mehreren Radargeräten bestehendes Bildgebungssystem vorgestellt, welches anhand eines Referenzziels die eigene Position bestimmt. Da die Dauer einer Einzelmessung im Bereich weniger Millisekunden liegt, ist es durch die Lokalisierung möglich kontinuierliche Antennenbewegungen zu verfolgen und somit die Messdauer zu reduzieren. Bei der Lokalisierung der Radargeräte wird der Abstand zum Referenzziel bestimmt und im Anschluss die Methode der Multilateration verwendet. Um das hierbei entstehende nichtlineare Gleichungssystem zu lösen, kann unter anderem der iterative Gauss-Newton-Algorithmus verwendet werden. Durch die große Bandbreite der zur Verfügung stehenden Radargeräte (mind. >20 GHz), wird die, für die Bildgebung benötigte, hohe Genauigkeit der Positionsbestimmung erreicht. Zur anschließenden Bildgebung wird der Backprojection Algorithmus verwendet.

13:20 – 16:00 Uhr: EMV-Modellierungen

Sitzungsleiter: Lars Ole Fichte

13:20 – 13:40 Uhr: KHT2015-E-01

Tim Peikert*, Heyno Garbe* und Stefan Potthast**

(*Leibniz Universität Hannover, Germany, **Bundeswehr Research Institute for Protective Technologies and NBC Protection, Germany)

Risk Analysis with a Fuzzy-Logic Approach of a Complex Installation

Intentional electromagnetic interferences (EMI) can disturb susceptible electronic systems. In our modern society, the dependency on electronic systems is still increasing and their continuous functioning is highly desirable. That requirement is opposed by an increasing vulnerability of electronic devices caused by the strong interconnection of such systems. Therefore, the breakdown of only one subsystem can lead to a failure of the whole system. Because of growing risk and the huge complexity of highly interconnected electronic devices, a statistical model representing the real system is required.

There are different methods that are usually applied in the risk analysis, e.g. the electromagnetic topology (EMT) approach, the fault tree analysis (FTA) and Bayesian networks (BN). To calculate the risk with one of these three methods, it is necessary to acquire all the data for the calculation by many different



measurements of the subsystem. For example, the breakdown behavior of one subsystem needs to be analyzed for different angles of incidence. These three methods require precise values for the system to be examined and are limited in handling uncertain information. In contrast to an exact analysis some parts of the interaction between source and test object can only be described by imprecise and non-technical attributes evaluating their mobility, technological challenge and hazard level. A typical example is the probability of occurrence of IEME sources. For this reason, a statistical method is needed which is capable calculating the risk of a complex system despite the fact of having uncertain information. A common method to handle these uncertainties is the Fuzzy logic.

The Fuzzy logic is a mathematical model in the form of a multi-valued logic in contrast to the typical Boolean logic, 0 or 1. The truth values in Fuzzy logic can be any real number between 0 and 1. Furthermore, it is possible to describe the behavior of a system with linguistic terms. They are used to express the probability of occurrence of IEMI sources with technical and non-technical attributes. These linguistic terms are described with the fuzzy set theory which maps the behavior into membership functions. With these functions, it is possible to combine the various technical and non-technical attributes with the Boolean algebra to one description of the risk of a single system. The analysis with the Fuzzy logic can be extended to calculate the risk of complex systems with many sub-systems and different interconnection types. This risk analysis for complex system is exemplary demonstrated with a compound of microcontroller circuits that have varied functions and communication systems among each other. Furthermore, the Fuzzy logic can be combined with the three methods that are usually applied in the risk analysis.

13:40 – 14:00 Uhr: KHT2015-E-02

Ronald Rambousky*, Jürgen Nitsch**, and Sergey Tkachenko**,
(*Bundeswehr Research Institute for Protective Technologies and NBC Protection (WIS), Munster, Germany, **Otto-von-Guericke-University Magdeburg, Magdeburg, Germany)

Discussion on the Physical Meaning of the Transmission-Line Parameters in a Full-Wave Theory

Haase and Nitsch (2001) and Nitsch and Tkachenko (2010) have introduced a Maxwellian (Full-Wave) Theory for a system of nonuniform transmission lines. The equations of these theories resemble those of classical transmission-line theory, however, with a completely occupied parameter matrix. The new transmission line parameters are complex-valued; depend on frequency and on local coordinates. They can be represented in different representations, such as in the (potential, current)-representation or in the (charge, current)-representation, to name only two of them. Moreover, the parameters in the (potential, current)-representation are gauge dependent, and they differ in the Coulomb gauge from those in the Lorenz gauge.

On the other hand, it was shown (Nitsch, Tkachenko, 2009) that the generalized transmission-line parameters contain all modes which propagate along the lines: TEM-modes, leaky modes, and radiation modes. In addition, they are related to the (measurable) propagation and damping matrices in a second order differential equation for forward and backward running current waves.

Based on the above facts, the question arises on the physical meaning of each parameter. At least they have the meaning of a capacitance and inductance per-unit length in the classical line theory.

This paper considers different aspects to the posed question: What is the influence of the spatial dependence of the parameters on the propagation of current waves along the lines? Are their frequency dependence and the appearance of the imaginary components associated with the radiated power? What is the meaning of the diagonal elements of the parameter matrix? They are new and do not occur in the classical theory. Does a certain choice of a gauge (e.g. Coulomb gauge) transform some of the parameters to an already known physical quantity from classical theory?

These questions will be investigated in the paper, and by three numerical examples it will be demonstrated how differently parameter elements contribute to radiation, to damping (due to scattering), and to the propagation matrix. As known by definition, the radiated (total) energy is a global (integral) quantity, and can not be calculated alone from (strong) non-uniformities. However, these non-uniformities contribute most to the radiated energy.

References:

Haase, H., Nitsch, J.: "Full-wave transmission-line theory (FWTLT) for the analysis of three-dimensional wire-like structures", in 14th International Zurich Symposium and Technical Exhibition on EMC, pp. 235-240, Zurich, Feb.2001.

Nitsch J., Tkachenko,S.; “High-Frequency Multiconductor Transmission-Line Theory”, *Found. Phys.*(2010) 40: 1231-1252.

Nitsch, J., Tkachenko, S. ; “Physical Interpretation of the Parameters in the Full-Wave Transmission-Line Theory”, *ISTET 2009*, 22-24 June, Lübeck, Germany.

14:00 – 14:20 Uhr: KHT2015-E-03

F. Happ, G. Mavraj, H.-D. Brüns und F. Gronwald
(Technische Universität Hamburg-Harburg, Germany)

Ein Formalismus zur numerischen Bestimmung von Blitztransferfunktionen bei Anwesenheit geschichteter und anisotrop leitfähiger Schirmstrukturen

In diesem Beitrag wird ein Formalismus zur numerischen Modellierung blitzstrominduzierter elektromagnetischer Felder und deren Einkopplung in Strukturen mittels Momentenmethode vorgestellt. Im Hinblick auf die vermehrte Verwendung von Kohlenstoffaserverbundstoffen wird dabei eine Modellierung geschichteter und anisotrop leitfähiger Schirmmaterialien vorgestellt. Innerhalb des Formalismus wird zunächst der Blitzkanal durch einen auf einem Stab eingepprägten Strom dargestellt, dessen pulsförmiger Verlauf durch das *Transmission Line Model* im Zeitbereich definiert ist [1]. Die entsprechende Pulsform wird zur weiteren Berechnung mit der Momentenmethode in den Frequenzbereich transformiert und kann direkt auf die äußere leitfähige Berandung einer Struktur eingepragt werden. Die interessierende Einkopplung in die Struktur kann mit Hilfe der sogenannten Dünnschichtmethode auch für die im Spektrum eines Blitzpulses enthaltenen niedrigen Frequenzen präzise berechnet werden [2,3]. Zur Miteinbeziehung geschichteter und anisotrop leitfähiger Schirmmaterialien als Berandungen können schließlich Mischformeln verwendet werden, die sich aus der Mittelung über mehrere Schichten von anisotrop leitfähigem Material ergeben [4,5].

Der beschriebene Formalismus wird an verschiedenen Beispielen zur numerischen Bestimmung von Blitztransferfunktionen illustriert. Diese beinhalten geometrische Anordnungen mit und ohne Aperturen und fokussieren auf die Berechnung der induzierten Spannung an der Last einer im Inneren befindlichen Leitung. Die Einflüsse von Aperturkopplung und Diffusionskopplung werden miteinander verglichen und erlauben Aussagen darüber, inwieweit eine der Kopplungen vernachlässigt und die gesamte Modellierung vereinfacht werden kann.

Referenzen:

[1] Brüns, H.-D.: „Einkopplung von Blitzfeldern in Stabstrukturen“, in: *Proc. of 18th ICLP Intern. Conf. on Lightning Protection*, (Munich, Germany, 1985), pp. 227-233.

[2] Bürger, G., Brüns, H.-D., and Singer, H.: “Simulation of Thin Layers in the Method of Moments”, in: *Proc. of International Zurich Symposium on EMC*, (Zurich, Switzerland, 1995), pp. 339-344.

[3] Happ, F., Brüns, H.-D. & Gronwald, F.: “Benchmark Calculations of Magnetic Shielding at Low Frequencies”, in: *Proc. of EMC Europe 2014*, (Gothenburg, Sweden, 2014), pp. 468-473.

[4] Happ, F., Schröder, A., Brüns, H.-D., and Gronwald, F.: “A Method for the Calculation of Electromagnetic Fields in the Presence of Thin Anisotropic Conductive Layers using the Method of Moments”, in: *Proc. of EMC Europe 2013*, (Brugge, Belgium, 2013), pp. 579-582.

[5] Happ, F., Gronwald, F., and Brüns, H.-D.: “An Extension of Schelkunoff's Shielding Theory to Anisotropic Conducting Multilayer Materials”, in: *Proc. of IEEE Int. Symp. on EMC and EMC Europe 2015*, (Dresden, Germany, 2015), pp. 1542-1547.

14:20 – 14:40 Uhr: KHT2015-E-04

Niklas Briest*, Heyno Garbe* und Stefan Potthast**

(*Leibniz Universität Hannover, Germany, **Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien - ABC-Schutz, Munster, Germany)

Extended measurement setup for transient TEM waveguide characterization

The interconnection of electronic systems is very high and a continuous functionality is essential. Therefore emission and immunity measurements of all parts of systems are required in order to prevent from EMI (Electromagnetic Interference) effects. Those measurements, especially high-altitude electromagnetic pulse (HEMP) immunity tests, are performed in transverse electromagnetic (TEM)

waveguides. A measurement procedure is defined in IEC 61000 4 20 Annex C and based on a reference pulse with a double exponential waveform.

Due to the wide frequency spectrum of a double exponential pulse, it is also used for the characterization and validation of TEM-waveguides in time domain. In case of shape inherent transmission, it is assumed to be possible to transmit any transient waveform, as long as the frequency spectrum of the double exponential pulse contains the same signal frequencies. The evaluation of the transmission quality in time domain is based on a parameter comparison between a reference and signals measured in the test volume. The rise time and the pulse width of the transmitted pulses are compared.

However, it can be shown that using an arbitrary ultrawide band pulse the quality of transmission in time domain cannot be sufficiently described. Due to the wide frequency spectrum of the double exponential pulse, single distorted spectral components do not have a significant influence on the shape inheritance. It can be shown that specific transient signals with frequencies in the spectrum of the double exponential pulse, are transmitted not shape inherently.

Hence, in this paper, another field measurement method to verify the transmission quality of transient signals in GTEM waveguides is presented. The method is based on a two antenna measurement which evaluates the correlation between the two measured signals. For the wideband excitation, a damped sinusoidal waveform is used with a center frequency of 100 MHz which corresponds to the frequency of the first high-order harmonic of the GTEM1250 used in this work. Furthermore an investigation of the first higher-order harmonic of the waveguide is performed.

Two significant criteria of the presence of higher harmonics are discussed. Contrary to a pure TEM mode excitation, secondary E field components exist in the propagation direction. The other typical property is its reduced propagation speed in comparison to the speed of light c_0 for a pure TEM mode propagation. Therefore, an analysis which is also based on the two antenna measurement setup is performed in frequency domain (FD) in order to evaluate the phase response of the GTEM1250 cell. From the measured phase response, the group velocity can be calculated and discussed. It can be shown that the group velocity at the critical frequency of the GTEM1250 shows a significant difference to the group velocity c_0 of the pure TEM mode.

The double exponential pulse used in the IEC 61000 4 20 Annex C describes the transmission characteristic of TEM waveguides not sufficiently. Other transient signals with frequencies in the spectrum of the double exponential pulse, maybe are transmitted not shape inherently. The waveguide transmission quality has to be evaluated for every transient signal which use is intended.

14:40 – 15:00 Uhr: KHT2015-E-05

Denis Rinas, Patrick Ahl, Zongyi Chen, Stephan Frei
(Technische Universität Dortmund, Germany)

PCB Current Distribution Identification based on Near-Field Measurements using Preconditioning and Regularization

Current distribution based radiation models, for evaluating the electromagnetic field from PCB based on near-field scan data, need precise current data. The current data can be reconstructed from field measurements. Accuracy of reconstructed current depends on the field measurement method and its limitations, the radiation model and the choice of the observation area.

From a measured near-field distribution the real generating current distribution must be found. Methods based on optimization algorithms, varying a set of elementary radiation sources can create a radiation model [1]. The needed optimization process is time consuming and creates only one possible solution for a near-field distribution [3]. As this distribution might not reflect the real currents, accuracy outside of near-field scan area can be low. Furthermore numerical problems can often be observed. Solving the inverse problem with a system of linear equations and complex near-field data, can be very sensitive to noise. Regularization methods and an adjusted preconditioning increase the accuracy [2]. To improve model quality known physical properties of the radiating currents can be included in current distribution estimations. This way the number of free source parameters and sensitivity to noise can be reduced [4].

In this contribution a radiation model creation method based on complex near-field data is presented. Regularization method is applied and extended by current estimation from near-field data. Preconditioning is done considering the physical properties of the PCB and its possible current paths. Accuracy and stability of the method is investigated in the presence of noisy data.

References:

- [1] Xin, T.; Thomas, D.W.P.; Nothofer, A.; Sewell, P.; Christopoulos, C. (2010): A genetic algorithm based method for modeling equivalent emission sources of printed circuits from near-field measurements. In: Electromagnetic Compatibility (APEMC), 2010 Asia-Pacific Symposium on, S. 293–299
- [2] Xin, T.; Thomas, D.W.P.; Nothofer, A.; Sewell, P.; Christopoulos, C. (2010): Modeling Electromagnetic Emissions From Printed Circuit Boards in Closed Environments Using Equivalent Dipoles. In: Electromagnetic Compatibility, IEEE Transactions on 52 (2), S. 462–470.
- [3] Isernia, T.; Leone, G.; Pierri, R. (1996): “Radiation pattern evaluation from near-field intensities on planes,” IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 44, pp. 701–710, May 1996.
- [4] Rinas, D.; Niedzwiedz, S.; Jia, J.; Frei, S. (2011): Optimization methods for equivalent source identification and electromagnetic model creation based on near-field measurements. In: EMC Europe 2011 York, S. 298–303.

15:20 – 15:40 Uhr: KHT2015-E-06

Milica Ljumović, Arpad Leibinger

(University of NN, Germany)

Time and cost saving conducted emission optimization with systematic usage of state-of-the-art simulation and measurement techniques

In automotive industry, the number of electronic devices built in a vehicle (for safety, control, entertainment etc.) is in a constant increase, which led to decomposition of existing measurement procedures to bottom – up approach when it comes to EMC planning. Instead of performing EMC measurements starting from the component level (e.g. instrument cluster), we start from the circuit module level (e.g. switch-mode power supply). Problems discovered on this low level are easier and cheaper to fix and more reliable due to the lack of other components and modules which, when connected, can affect the measurements' results.

Conductive emission measurement results of high power automotive electronic devices are significantly influenced by switched-mode power supplies (SMPS). They conduct large disturbance currents back to the power line and cause a broadband disturbance (switching frequency harmonics, parasitic resonances etc.). Thus, in this paper, we will introduce a method for fast and reliable conducted emission optimization of a SMPS in an instrument cluster. Conducted emission of these modules will be examined first by a specific module measurement after which simulations on the circuit and on the 3D level will be carried out. Simulation results will be compared with the reference measurement's results of 1/150Ω method [1]. Separated module PCB setup guarantees a high repeatability level. To eliminate external disturbance, setup is placed in a shielded tent. Simulations are meant to predict the EMI as well as to give us better insight in EMI effects and exact sources. With a model correctly built, that approximates the measurements well, we are able to establish a simulation procedure that can be used for this module types in general. In order to show the usability of the method, we will analyze two different versions of a module PCB. Considering that ground filling makes an enormous difference in EMC behavior of a circuit, it is a good example to demonstrate the effects of the conducted disturbance emission as well as to investigate whether our measurements and simulations are comparable. After the final model refinement and achieving the desired level of real model approximation, we can have a better insight in EMI sources even on a part level (coil, diode etc.) and get the knowledge which parts (part parasitic) can contribute to the conducted disturbance emission and determine the counter measures.

This way, the time for discovering disturbance sources can be reduced as well as the time for finding the right disturbance suppression method, which is the goal of our research. In addition, time-cost saving can be obtained in building the optimized module layout due to the fact that many layouts can be simulated and rated without the need to manufacture them.

References:

- [1] IEC 61967-4 - Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emission, 150 kHz - 1 GHz - Part 4: Measurement of conducted emissions - 1 Ohm / 150 Ohm direct coupling method.
- [2] BISS. Generic IC EMC Test Specification. ZVEI (German Electrical and Electronic Manufacturers' Association), 2010.
- [3] Hongyu Li; Pommerenke, D.; Weifeng Pan; Shuai Xu; Huasheng Ren; Fantao Meng; Xinghai Zhang – “Conducted EMI simulation of switched mode power supply”, Symposium on Electromagnetic Compatibility, 2009. EMC 2009. IEEE International Symposium.



15:40 – 16:00 Uhr: KHT2015-E-07

Inès Barbary¹, Reiner Pape², Lars-Ole Fichte¹, Sebastian Lange³, Thomas Kleine-Ostmann², Frank Sabath³, Thorsten Schrader², Martin Schaarschmidt³, Marcus Stiemer¹

¹Helmut Schmidt Universität, Hamburg, ines.barbary@hsu-hh.de

²Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

³Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien - ABC-Schutz, Munster

Simulationsbasierte Bewertung der Qualität eines Antennenfreifeldes

Ein Antennenfreifeld (Open Area Test Site) ist eine Messumgebung zur möglichst genauen Bestimmung der elektrischen Eigenschaften und zur Kalibrierung von Antennen. Idealerweise handelt es sich um eine unendliche, perfekte leitfähige Fläche ohne Hindernisse, die elektromagnetische Wellen reflektieren oder streuen könnten. Ein reales Freifeld weicht jedoch unvermeidlich von diesem Ideal ab.

Für eine zuverlässige Antennenkalibrierung muss ein reales Freifeld hinsichtlich seiner Abweichung von einem idealen bewertet werden. Entsprechend der Norm CISPR-1-16-5 sind dazu unter definierten Bedingungen Messungen der Einfügungsdämpfung für 24 Paare von jeweils gleichen Dipolantennen, deren Nennfrequenzen zwischen 30 und 1000 MHz liegen, durchzuführen und mit den entsprechenden Daten eines idealen Antennenfreifeldes zu vergleichen. Abzüglich Messfehler sind hierbei Abweichungen von 1 dB bei horizontaler und 1,5 dB bei vertikaler Polarisation zulässig.

Zur Erzeugung der Referenzdaten eines idealen Antennenfreifeldes empfiehlt die Norm CISPR-1-16-5 die Verwendung des Programms NEC (Numerical Electromagnetics Code), das 1970 von den Burke und Poggio entwickelt worden ist. Unter Verwendung bestimmter, in der Literatur beschriebener Diskretisierungsparameter können mit NEC Dipolantennen über einem idealen Freifeld in ausreichender Genauigkeit simuliert werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Beurteilung der Qualität eines Antennenfreifeldes durch Modellierung und Simulation des realen und des idealen Freifeldes. Dadurch kann die Qualität eines geplanten Freifeldes bereits vor der baulichen Realisierung bewertet werden. Ferner ist eine Analyse der einzelnen deterministischen und volatilen Störeinflüsse möglich sowie gegebenenfalls deren Vermeidung. Da mit NEC die Simulation einer Antennen-Übertragungsstrecken unter Berücksichtigung der Auswirkung störender Einflüsse, die z.B. von Masten, Koaxialkabeln, Baluns, dem Wetter etc. herrühren können, nicht möglich ist, wird das 2013 von Airbus Defence & Space entwickelte Programm Protheus verwendet, um den Einfluss von Infrastruktur und umgebenden Objekten auf die Einfügungsdämpfung des Messplatzes zu berücksichtigen.

Für ein vorliegendes Freifeld wurden für jedes Paar der Dipolantennen S-Parameters und Einfügungsdämpfung des Messplatzes in einem Frequenzintervall von 20% um die Nennfrequenz der Antennen berechnet. Bei einigen Nennfrequenzen (45, 125, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 und 1000 MHz) wurden bei horizontaler Polarisation Einflüsse der Masten auf die S-Parameter bis zu einer Größe von 3 dB im Vergleich zum idealen Freifeld identifiziert. Unter Berücksichtigung der numerischen Genauigkeit der Simulation zeigt dieser Befund, dass der verwendete Aufbau nicht für genaue Antennenkalibrierung geeignet ist. Eine experimentelle Validierung der Simulationsergebnisse durch genaue Messungen wird derzeit vorbereitet.

16:00 – 18:20 Uhr: EMV in der Luftfahrt und Automobilindustrie

Sitzungsleiter: Frank Gronwald

16:00 – 16:20 Uhr: KHT2015-E-08

Jens Schüür*, Lukas Oppermann*, Achim Enders*, Rafael R. Nunes**, and Carl-Henrik Oertel**
(*Technische Universität Braunschweig, Germany, **German Aerospace Center (DLR) Braunschweig, Germany)

Emission Analysis of a Large Number of Passenger Electronic Devices in Aircraft

The ever increasing use of portable electronic devices (PED) has put pressure on the aircraft industry as well as operators and administrations to reevaluate established restrictions in PED-use on airplanes in



the last years. Any electronic device could cause electromagnetic interference to the electronics of the airplane, especially interference at receiving antennas of sensitive wireless navigation and communication (NavCom) systems.

This paper presents a measurement campaign in an Airbus A320. 69 test passengers were asked to actively use a mixture of about 150 electronic devices including many attached cables, preferentially with a high data load on their buses, to provoke maximal emissions. The latter were analyzed within the cabin as well as at the inputs of aircraft receiving antennas on the fuselage outside.

The transmission of the electronic devices as well as the background noise is time-variant, so just comparing only one reference and one transmission measurement is not sufficient. Repeated measurements of both cases lead to a more reliable first analysis. Additional measurements of the absolute received power at the antennas of the airplane allow a good estimation of the real interference potential to aircraft NavCom-systems. Although there were many measured emissions in the cabin there were no disturbance signals detectable at the aircraft antennas.

16:20 – 16:40 Uhr: KHT2015-E-09

S. Hahn*, **, A. Elefsiniotis*, S. Schneele*, S. Frei**

(*Airbus Group Innovations, Munich, Germany, **Technische Universität Dortmund, Germany)

Susceptibility Analysis of Digital Baseband Modulation in Aeronautical Environments

Connectivity has become a main driving factor in vehicle technologies. From adding new electronic control units (ECU) which need centralized management and processing, to new multimedia applications and advanced driver assistance systems however, the amount of ECUs as well as the need for high data rates increased continuously. Consequently, Ethernet technologies are getting in the focus of interest, since they offer a new class of high speed data links to vehicular industries.

Started in the OPEN Alliance, and continued in the IEEE 802.3 task forces, One Pair Ethernet (OPE) solutions for 100Mbps and 1Gbps full duplex links are being developed. Special attention is paid to automotive standards and environmental requirements like electromagnetic compatibility (EMC) and temperature behavior. Component and system cost are now critically focused.

In Aeronautics, Ethernet has a longer tradition and was introduced in the 1990s. It is also used for safety critical use cases like flight control and has proven good performance and reliability. However, in order to meet the aeronautical EMC standards based on the RTCA/DO-160 norm, expensive shielded cabling and connectors have been used so far. Consequently, traditional low rate bus systems like RS-485 and CAN are still having their fields of applications. Reusing of commercial off the shelf (COTS) and high volume automotive components is therefore encouraged by cost and weight reduction, as well as increased performance.

However, OPE is being developed with automotive standards and EMC environment in mind. Special attention is paid to the susceptibility under bulk current injection tests. An overview of the automotive norms (e.g. CISPR 25, ISO 11452), tests and limits is given and compared to their aeronautical counterparts, defined in RTCA/DO-160. Wide similarities prove the general application of automotive equipment in the aircraft passenger cabin and electronics bay. Additionally, for the aeronautical EMC environment, lightning indirect effects have to be considered, which are being tested by special waveforms with high voltage and current limits.

In order to develop a tool for performance estimation of an aeronautical data link, partial structures of the transceivers respectively PHYs have been modelled. A RS-485 transceiver consists of a binary output structure with analog slope limiter. For OPE, only the digital coding schemes are standardized. The signal processing on the physical medium attachment sublayer (PMA) is only recommended and therefore, the actual implementation is vendor specific and can be considered being a black box. In this work, a subset of commonly used structures consisting of a feed forward equalizer and a decision feedback equalizer have been modelled in two ways, a low and a high complexity implementation.

Transmission behavior of aeronautic-grade cables has been modelled based on per-unit-length parameters, derived from S-Parameter measurements. Connectors and line coupling have been not been integrated in the simulation. Based on the derived model, the susceptibility of the aforementioned data links to aeronautical test waveforms has been investigated by eye diagram analysis.

Future work will focus on the completion of this model, and the derivation of components' (e.g. cable shielding) required performance.

16:40 – 17:00 Uhr: KHT2015-E-10

Simon Niedzwiedz*, Stephan Frei*, Martin Obholz**, and Johann Heyen**

(*Technische Universität Dortmund, Germany, **Volkswagen AG, Wolfsburg, Germany)

Analysis of Pulses in the HV Power Network of EV and HEV using Measurement and Simulation

Along with the increasing level of powertrain electrification and amount of high-voltage (HV) ancillary units the electromagnetic interference (EMI) potential in modern vehicles is significantly rising. This means, the amount of conducted emission, as well as radiated, caused by HV-components – mainly the AC motor drive – is rising due to fast switching of high voltages and currents. These emissions spread through the whole HV on-board system. Therefore it is necessary to analyze the shape and occurrence rate of the pulsed emissions and to develop mitigation solutions with lots of parameters to adjust.

Thus of course, even a single component can cause problematic interference levels or parasitic currents. But this problem can normally be adequately solved by analyzing and suppressing those for the single component itself. More severe are EMI problems which arise by constructive (positive?) superposition of different components' emissions – from different frequency inverters for example. These are normally discovered not until late development stages, when the complete onboard system prototype is assembled. Or these interference problems have to be precluded by harsh (tight) design rules, either by allocating explicit frequency ranges or by definition of very tight interference levels for the single components. But specification of these design rules can be very complex, especially in dynamic systems like traction networks, since disturbances are influenced by big amount of systematic and functional parameters; and those restrictions limit the possibilities of the whole development as well. Hence, interference and suppression analysis have to/should be made from a more systemic perspective right from begin on, instead of the common component orientated perspective. In order to handle these challenges with a reasonable effort and costs it is almost inevitable to use a good simulation process. Especially, as normally not all necessary hardware components are available in early development stages.

This contribution proposes a simulation model library based process which can be used for analysis of conducted emissions in a vehicle HV onboard system. The modeling and analysis of different modifications – functional and physical – to the drivetrains main component the DC/AC converter are presented exemplarily. The HVDC differential mode and common mode voltage emissions caused by the traction inverter are analyzed. Hence in a first step a reference drivetrain configuration is specified and the appropriate simulation models, especially for the converter and the electrical machine, are presented along with the voltages that will later be used as reference. In a second step the impact of different modifications to the converters passive front end filter on the CM- and DM-voltages are shown. In a third step the effects of using different PWM-algorithms for creating the AC-side voltages are analyzed, as one possibility to improve the CM voltage emissions on DC- and AC-side at the same time solely by software adaption. A combination of these two methods can then be used in a mitigation development process to improve either multiple conducted interferences at once or to improve only the DC-CM-voltages but with less costs or resources.

17:00 – 17:20 Uhr: KHT2015-E-11

Abid Mushtaq, Katharina Feldhues, Stephan Frei

(Technische Universität Dortmund, Germany)

Time and cost saving conducted emission optimization with systematic usage of state-of-the-art simulation and measurement techniques

The transfer impedance of a cable shield is considered as a benchmark of shielding performance, which has been used by communication cable industries for many decades now. It quantifies well the immunity of a communication cable. In recent years, since shielded cables are being used in electric vehicles, it has become important to measure shielding performance against disturbances from the inner conductor(s). Established measurement methods like Triaxial Method and Line Injection Method are commonly used to measure Z_T . Triaxial Method requires for different dimensions of the cable to rebuild a large partition of test structure. Line Injection Method is easier to apply, but Z_T measurement results are sometimes sensitive to different positions of the injection line, especially in case of non-symmetrical cables and connectors.



Apart from that appropriate simulation models need to be proposed for better analysis of shielding behavior of high voltage cables.

To overcome some of these limitations and problems, alternative methods have been proposed to measure Z_T of shielded cables. The Ground Plate Method (GPM) and Capacitive Voltage Probe Method (CVP) have been developed to measure Z_T of high voltage cables. Both new methods are described in detail in the paper.

GPM has the flexibility to measure various types of shielded cables with different sizes and lengths using same test-setup. Importance of using matched terminations for inner and outer circuit in the test setup to increase the measurable frequency of Z_T has been shown. It has been shown that, even for very good shielded cables (e.g. semi-rigid cable), Z_T can be measured directly using CVP method without the need of amplifiers and sensitive test-receiver. Comparisons of all four test-methods have been made and results are discussed.

For further analysis, simulation models based on transmission line theory were developed and verified with measured results. Using simulation models, investigations have been made to show shielding behavior for different setups (i.e. the effects of variable positions, layout and cable termination loads on the shielding). The presented investigations are helpful for in depth electromagnetic analysis of the high voltage cable system, improvements in shield designs and for better understanding of shielding behavior.

17:20 – 17:40 Uhr: KHT2015-E-12

Zongyi Chen, Stephan Frei
(Technische Universität Dortmund, Germany)

A Near-field Measurements Based Method for Predicting Field Emissions Below 30 MHz in a CISPR-25 Test-Setup

According to CISPR-25 standard field emission testing for automotive components needs an expensive anechoic chamber. Alternative methods, which do not need the chamber, are preferred for emission prediction. For example, current based methods [1], can use measured common-mode currents along cable bundle for calculating the electric field at antenna location. Using measured currents can achieve accurate emission prediction above 30 MHz. Below 30 MHz the method fails. One reason is that the radiation model itself is too sensitive to measurement errors. In [2] a Huygens principle based transfer function method can give a good antenna voltage prediction for the frequency range from 30 MHz to 1 GHz. Only near field measurements are required. Near-field measurement largely minimizes coupling from nearby radiating structures and impacts from measurement environment. Additionally, more information on the radiating structure is provided and measurement chamber can be much smaller.

This paper provides a new method to predict emission below 30 MHz based on near-field measurements. By observing the particularity of field distribution in a CISPR-25 test- setup for low frequency range, an unclosed Huygens surface will be determined, then an E-field sensor will be used to capture electric fields only for several observation points on the metal table surface. After that equivalent sources on Huygens surface will be obtained by field's approximation and interpolation. Based on Kirchhoff's Huygens principle, the electric field at antenna feeding point will be directly integrated using the sources on Huygens surface. Finally the predicted results will be compared with emission testing conducted in the chamber.

References:

[1] J. Jia, Current Scan Methods to Predict Radiated Emissions of Automotive Components According to CISPR 25, Ph.D. dissertation, On-board system lab, TU Dortmund., Dortmund, Germany, 2015.

[2] A. Radchenko, V. Khilkevich, N. Bondarenko, D. Pommerenke, M. Gonser, J. Hansen, and C. Keller, "Transfer function method for pre- dicting the emissions in a CISPR-25 test-setup," IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. PP, no. 99, pp. 1–9, Jan. 2014.

17:40 – 18:00 Uhr: KHT2015-E-13

Seyyed Ali Hassanpour Razavi, Stephan Frei
(Technische Universität Dortmund, Germany)

Characterization of DUT Impedance in Immunity Test Setups

Several immunity test procedures for narrowband radiated electromagnetic energy are available for automotive components. ISO 11452 series describes most commonly used test methods. In automotive



electronic system configurations often the cable bundle is assumed to be the main coupling path, which is taken into account in the EMC test setups described in ISO 11452-2 (Antenna or Absorber Line Shielded Enclosure, ALSE) and ISO 11452-4 (Bulk Current Injection, BCI). ALSE method leads to a distributed electric and magnetic field coupling along the entire length of cable harness, however, during BCI test the coupling appears approximately only at one point along the length of wire harness. While the antenna method is assumed to reproduce the behavior of an electronic system in a vehicle well and therefore more reliable testing procedure, the BCI method more likely fails. On the other hand testing with BCI can be done with less effort and is often preferred.

According to theoretical investigation in [1-2], the current flowing into a DUT in antenna testing can be reproduced with acceptable accuracy by means of a BCI-probe. This is done by injecting appropriate power and accurate positioning of the BCI-probe along the single wire harness, if the impedance of the DUT is available. Any variation of termination impedance affects the results achieved in this procedure. Therefore, exact extraction of DUT impedance accelerates such estimation, reveals the dominant failure causes, and is from considerable significance to reproduce the same current in both ALSE and BCI methods.

The impedance of DUT may be obtained in a direct measurement, however, disconnecting the wire harness from terminating circuit means additional preparation time and might cause problems to proper system function. The problem of concern includes the estimation of the impedance of DUT at wire harness ends based on three different approaches using common current probes. Single-Probe-Method (SPM) applies S-parameter reflection measurement to extract the DUT's impedance, while Double-Probe-Method (DPM) estimates the impedance based on transformer model for current sensors. The third method (Current-Distribution-Measurement, CDM) determines the impedance based on current distribution along wire harness. Undoubtedly, by obtaining this valuable information about DUT with available current probes in such tests and by knowing the coupled current pattern during antenna testing as a reference, a good correlation between ALSE and BCI test methods can be achieved.

References:

- [1] A. Hassanpour Razavi, S. Miropolsky, S. Frei, „Verbesserung der Korrelation zwischen dem BCI- und dem Antennenprüfverfahren für Kfz-Komponenten durch Anpassung von Verstärkerleistung und Position der BCI-Zange“ EMV-Düsseldorf, Germany, 2014.
- [2] A. Hassanpour Razavi, S. Miropolsky, S. Frei, „Measurement-Based Circuit Modeling of Conducted and Radiated Automotive Immunity Test Setups“, EMC Europe: Gothenburg, 2014.

18:00 – 18:20 Uhr: KHT2015-E-14

S.V. Tkachenko, J.Nitsch, R.Vick
(Otto-von-Guericke Universität Magdeburg)

Some Aspects of Propagation of Current Waves along Transmission Lines with Stochastic Geometry

Investigation of the propagation of voltage and current waves along different wiring structures constitutes one of the main group of problems in electromagnetic compatibility. In practice, often electrical parameters of such transmission lines are known only statistically (e.g., in cars, aircraft, etc.). A usual engineering approach to solve such problems includes the following three steps: (1) numerical generating of the stochastic geometry, (2) numerical solution of the corresponding TL or full-wave equations for each configuration and (3) averaging the statistical ensemble. On the other hand, the application of direct numerical methods to solve stochastic problems is very time consuming and only describes a specific case of a distribution with fixed parameters. Thus, there appears a necessity to develop different analytical and semi-analytical approaches.

One of such approaches was developed in our previous work [1-3]. The current in the line is described by the system of telegrapher's equations. On the another hand this system can be reduced to a Schrödinger - like equation of second order (for the "wave function", which is connected with the current up to a known factor), with a "potential", which can be calculated from the transmission line parameters applying a differential operator of second order. We have assumed the geometry of the line (function $h(z)$) as a Gaussian delta - correlated process. Then, the parameters of the Telegrapher's equation and the "potential" in Schrödinger's equation, also are Gaussian delta - correlated processes. Then, for the solution of such problems we have used a schema known in quantum mechanics and radiophysics [4-6].

As a value still under study we considered the reflection coefficient for current waves, which is a physical value connected with a usual scattering matrix in electrical engineering.

On the first step, the non-linear equations of Riccati type for reflection coefficient from the finite region of potential was obtained (using so-named method of invariant embedding). This equation includes the stochastic "potential" as parameter. Then, on the basis of this differential equation, corresponding to the Fokker-Planck equation for the PDF of reflection coefficient, was obtained and solved. One interesting effect was observed: the current wave cannot go through the stochastic system (the transmission coefficients exponentially limits to zero with the length of the system). The analytical solution was compared with numerical results, obtained by the usual way, and a good agreement was obtained.

In this work we advance the method to obtain, generalize and geometrically represent these results by a different way. The equation for the reflection coefficient for the current wave in a single-wire problem was obtained by means of a simple Feynman diagram technique. Then this equation can be rewritten by a way, which makes the picture of the scattering phenomenon more physically clear. Using the substitution of [7], it can be represented in a form, where the one-dimension lossless scattering is considered as a motion on the Lobachevski plane (in the representation of the hyperboloid model of the hyperbolic geometry, also known as the Minkowski model or the Lorentz model). In turn, the scattering in the stochastic wire corresponds to the diffusion on the Lobachevski plane [8]. Here one has to distinguish two limiting cases: weak and strong scattering. In the first case, when the absolute value of the reflection coefficient is much smaller than one, the diffusion looks like diffusion on the Euclidean plane and the reflection coefficient (real and imaginary parts) has Gaussian distribution for PDF [8,3]. Note, that the results for this case can be obtained in the first order of perturbation theory. The second limiting case of strong scattering corresponds to the absolute value of reflection coefficient about one. In this case the PDF of the reflection coefficient is much more complicated [4,5,6].

The derivation procedure of the equation for the reflection coefficient can be generalized for the case of multiconductor lines (many channel case in quantum mechanics) again by means of Feynman diagram techniques (by consideration of the diagram of lowest order in infinitesimal distance). Corresponding Fokker-Planck equations can be obtained. One can show, that for the case of weak scattering the PDF of the reflection coefficient is multidimensional Gaussian. However, the solution of these equations in general case remains a challenge at the present time.

References

1. S. Tkachenko, J. Nitsch and R. Vick, "Propagation of Current Waves along a Transmission Line with Stochastic Geometry", *Book of Abstracts EUROEM 2012*, Toulouse, p.46.
2. S. Tkachenko, H.-J. Scheibe, X. Wang, R. Vick, „Propagation of Current Waves along a Transmission Line with Randomly Located Non-Uniformities“, *Proceedings of 10th International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA 13)*, September 9-13, 2013 - Torino, Italy.
3. R. Vick, "High Frequency Stochastic Properties of Transmission Lines", Final Report for DFG Project Nr. VI 207/3-1. 2014, Magdeburg.
4. G.C. Papanicolaou, "Wave Propagation in a One-Dimensional Random Medium", *SIAM J. Appl. Math.*, Vol. 21, No. 1, July 1971, pp. 13-18.
5. I.M. Lifshits, S.A. Gredeskul, L.A.Pastur, *Introduction to the Theory of Disordered Systems*, New York: Wiley, 1988
6. V.I. Klyatskin, V.I. Tatarskii, "On the statistical theory of waves propagation in random media", *Transactions of High Schools, Radiophysics*, 1977, Vol. 20, p. 1040 (Rus.).



Dienstag, 29. September 2015

KHT2015 – Tagungsprogramm (Bürgersaal)





08:00 – 09:40 Uhr: Young Scientist Award
Sitzungsleiter: Madhu Chandra

08:00 – 08:25 Uhr: KHT2015-YSA-B01

M. Eberhardt, P. Eschlwech, and E. M. Biebl

(Fachgebiet Höchsthfrequenztechnik, Technische Universität München, Munich, Germany)

Investigations on antenna array calibration algorithms for direction-of-arrival estimation

Direction-of-arrival (DOA) estimation algorithms deliver very precise results based on good and extensive antenna array calibration. The better the array manifold including all disturbances is known, the better the DOA estimation result. A simplification or ideally an omission of the calibration procedure has been a long pursued goal in the history of array signal processing. This paper investigates the practicability of some well known calibration algorithms and gives a deeper insight into existing obstacles. Further analysis on the validity of the common used data model is presented. A new effect in modeling errors is revealed and simulation results substantiate this theory.

08:25 – 08:50 Uhr: KHT2015-YSA-C01

Alexander Melzer, Alexander Onic, Florian Starzer, and Mario Huemer

Short-Range Leakage Cancelation in FMCW Radar Transceivers Using an Artificial On-Chip Target

A major drawback of frequency modulated continuous-wave (FMCW) radar systems is the permanent leakage from the transmit into the receive path. Besides leakage within the radar device itself, signal reflections from a fixed object in front of the antennas additionally introduce so-called short-range (SR) leakage. In an automotive application this kind of leakage originates from the car's own bumper. It causes a strong degradation of detection sensitivity due to the unpreventable phase noise of the transmit oscillator. Although there exist concepts to mitigate this kind of leakage in the literature, these are not directly applicable for integration within a Monolithic Microwave Integrated Circuit (MMIC).

In this work, we introduce an artificial on-chip target (OCT) to mitigate the SR leakage. The OCT consists of a delay line whose time delay is significantly smaller than the round-trip delay time of the SR leakage. This is motivated by the fact that in integrated circuits for automotive radar applications operating at 77 GHz, delay lines in the range of only a few picoseconds can be realized with a reasonable amount of circuitry. Despite this constraint, we show that the proposed method achieves almost perfect cancelation of the SR leakage.

The SR leakage cancelation signal is generated in a two-step approach. Firstly, the residual phase noise (PN) is extracted from the downconverted OCT signal. Secondly, the best linear estimator in the minimum mean square error (MMSE) sense is employed to predict the SR leakage signal, including its contained PN. This cancelation signal is then subtracted from the overall channel response in the digital frontend of the FMCW radar transceiver.

The leakage cancelation approach is based on the cross-correlation properties of the residual PN in the intermediate frequency (IF) domain between the OCT and the SR leakage. An analytic investigation of these cross-correlation properties reveals the linear MMSE scaling factor required to estimate the PN of the SR leakage. We show that this scaling factor can be computed purely offline with knowledge of a few system parameters only.

The effectiveness of the proposed method is verified in an FMCW radar system simulation. It shows that a gain in sensitivity of approximately 6 dB is achieved, compensating almost perfectly for the performance degradation caused by the SR leakage. The novel leakage cancelation concept is carried out mainly in the digital domain enabling high flexibility and adaptivity. Together with the minimized area requirements for the OCT delay line, this is the first leakage canceler of this kind that can be integrated holistically in an MMIC.





08:50 – 09:15 Uhr: KHT2015-YSA-G01

Svenja Sommer, Jorge L. Chau and Carsten Schult

(Leibniz Institute of Atmospheric Physics at the University of Rostock)

On high time-range resolution observations of PMSE

We present measurements of polar mesospheric summer echoes (PMSE) with an unprecedented temporal sampling of 2 ms and range resolution down to 75 m. On these time and spatial scales, PMSE exhibit features that have not been described before. To characterize our high resolution observations, we provide a 4D statistical model, based on random processes. This way we can distinguish between geophysical and instrumental effects on our measurements. We simulate PMSE in spectral width, angular space and inverse altitude. With this model, we are able to reproduce our observations on a statistical basis and estimate the intrinsic spectral width of PMSE. For chosen data sets, such values are between 0.5 Hz to 4 Hz (1.4 ms^{-1} to 11.2 ms^{-1}). Furthermore, we show that apparent oscillations in time and an apparent high speed motion of the mean scattering center are just representations of the random nature of PMSE measurements on short time scales.

09:15 – 09:40 Uhr: KHT2015-YSA-F01

Albert Töws*, Lars Bayer and Alfred Kurtz

(Fachhochschule Köln Campus Gummersbach)

All-fiber four-wavelength Doppler lidar with feedback controlled pulse shape

The developed all-fiber four-wavelength coherent Doppler lidar system is briefly described. The pulse distortion during amplification in fiber amplifiers due to stimulated Brillouin scattering, gain saturation, and cross talk in a multi-wavelength Doppler lidar are discussed. We present and characterize a feedback control technique which is capable of adjusting any predefined pulse shape and show examples of feedback controlled pulse shapes. The capability to control the pulse shapes enables optimization of pulse energy, carrier-to-noise ratio, and stability.

09:40 – 10:00 Uhr: Kaffeepause

10:00 – 10:25 Uhr: KHT2015-YSA-F02

Ingo Klein, Moritz Kunze and Dirk Fischer

(Faculty of Electrical Engineering and Information Technology Münster University of Applied Science)

System Architecture of the digital signal-processing and radio-frequency signal-conditioning for a polarimetric phased-array weather radar system with calibration capability

This paper describes the digital signal processing architecture and the radio frequency (RF) signal conditioning of the Digital Beamforming Weather Radar (DBWR) which is currently being developed at the Münster University of Applied Science. Particular attention is paid to the capabilities for calibration. The individual parts of signal processing and the implemented functionalities for calibration purposes as well as the techniques of the planned calibration itself are presented.

The main component of the calibration is the field programmable gate array module (FPGA), which mainly takes care of the transition from software generated transmit pulses to the analog domain of the RF-Front-End, as well as the return path of the signals, which are evaluated in software again.

In order to obtain the calibration parameters, various loop back connections are integrated in the FPGA-Module itself, as well as in the RF-Front-End, to enable the measurement and comparison of the local system output including the modulated transmitting pulse without any external influences or additional equipment. Furthermore, several approaches based on mutual coupling can be implemented to calibrate the system in a phased-array application, which is planned for a later development step of the DBWR-Project.

Based on these measurements, for the realization of the system calibration, several functionalities are implemented in the digital system structure that holds the calculated calibration data and provides compensation parameters for the discovered properties of the system in amplitude and phase. These





parameters can be calculated in software with the measured response of the system and are matched to the respective environmental or system-dependent conditions. This way, any calibration can be performed and its calculation can be adjusted at any time with the benefit of a minimalistic system architecture of the FPGA-Module and a flexible scope of application.

Proceeding this way, various calibration techniques can be realized, enabling the evaluation and comparison of different methods of calibration and compensation in the test setups.

10:25 – 10:50 Uhr: KHT2015-YSA-F03

Alexandra Filip and Dmitry Shutin

(German Aerospace Center (DLR), Weßling)

LDACS1-Based Passive Radar for Civil Aviation Ambiguity Function Analysis

In civil aviation, the communications, navigation, and surveillance (CNS) infrastructure is currently undergoing a major modernization process, needed to accommodate the increasing number of aircraft as well as the future air-traffic management (ATM) concepts. For the air-to-ground communication in particular, a multicarrier L-band digital aeronautical communication system, LDACS1, has been specifically designed to cover future ATM needs. Moreover, we are currently investigating the possibility to set-up a passive radar system, which uses LDACS1 signals as signals of opportunity, to serve as a non-cooperative surveillance alternative and back-up. In this paper, we evaluate the self and bistatic ambiguity function of the LDACS1 signal. The results show how, the signal structure on the one hand, and the system geometry on the other hand, influence the resolution capabilities of an LDACS1-based passive radar system

10:50 – 11:20 Uhr: Interaktion von elektromagnetischen Wellen mit biologischem gewebe

Sitzungsleiter: Lars Ole Fichte

10:50 – 11:20 Uhr: KHT2015-K-01

M. Rohland¹, K. Baaske¹, K. Taichrib², H. Hintzsche², H. Stopper²,

T. Kleine-Ostmann¹, and T. Schrader¹

¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Department High Frequency and Fields, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Germany

thomas.kleine-ostmann@ptb.de / Phone: +49-531-592-2210

²Institut für Pharmakologie und Toxikologie, Universität Würzburg, Versbacher Str. 9, 97078 Würzburg, Germany

Exposure Setup and Dosimetry for a Study on Effects of Mobile Communication Signals on Human Hematopoietic Stem Cells in vitro

The widespread use of mobile communication technologies such as GSM (Global System for Mobile Communications), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) and LTE (Long-Term-Evolution) means that many people are frequently exposed to electromagnetic radiation. As the mobile phone is held close to the human body, this is the main exposure source. Despite the very large number of studies on bio-electromagnetic interaction, it is still controversial whether non-thermal effects exist, especially regarding long-term adverse health effects in humans with long symptom-free latency periods and effects specific to children. To contribute to this discussion, we examined potential effects of communication signals on human hematopoietic stem cells in an *in vitro* study financed by the German Federal Office for Radiation Protection (BfS).

For the exposure experiments, test signals based on the mobile phone standards GSM, UMTS and LTE were generated with a vector signal generator, amplified and fed into a coaxial transversal electromagnetic field waveguide as field generator (a so called μ TEM cell, which is used to generate calculable field strengths for field probe calibration traceable to the international system of units). In order





to establish defined environmental conditions as needed by the cells, the μ TEM cell containing the chamber slides was placed within an incubator. A software was written to automatize the field exposure. It allowed to establish a fully blinded procedure for field exposure where the person preparing the biological samples did not know under which conditions the samples were exposed. In order to determine the signal power needed for GSM, UMTS and LTE exposure to achieve the intended specific absorption rates (SAR) of 0.5 W/kg, 1 W/kg, 2 W/kg and 4 W/kg, the field distribution was simulated inside the chamber slides filled with cell culture media as positioned in the μ TEM cell. The SAR values were obtained by a numerical calculation using the CST computer program system Microwave StudioTM. We show details of the exposure setup and the numerical field calculation and describe the procedures needed to set the required output power of the signal generator to achieve the intended SAR values.





Dienstag, 29. September 2015

13:00 – 13:30 Uhr: Keynote

Sitzungsleiter: Gottfried Mann

13:00 – 13:30 Uhr: KHT2015-X-01

Alexandr Konovalenko (1), Ph. Zarka (2), H.O. Rucker (3), G.Mann (4), V.Zakharenko (1), O.Ulyanov (1), V.Melnik (1), N. Kalinichenko (1), M. Panchenko (5), A.Stanislavskiy (1), G. Litvinenko (1), M. Sidorchuk (1), S. Stepkin (1), V.Kolyadin (1), P. Tokarskiy (1), S. Yerin (1), I. Bubnov (1), A. Brazhenko (6)

((1) Institute of Radio Astronomy NASU, Kharkov, Ukraine, (2) Paris-Meudon Observatoire, France, (3) Commission for Astronomy, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria, (4) Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam, Germany, (5) Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria, (6) Gravimetric Observatory NASU, Poltava, Ukraine)

Multi-telescope synergy in the low-frequency radio astronomy for the Solar, Planetary and Heliospheric studies

At present there is strong progress in the development of the low-frequency (LF) radio astronomy (decameter-meter wavelengths). It is connected with the high astrophysical significance of the corresponding investigations. The largest existing radio telescopes UTR-2, URAN (Ukraine, frequency range is 8...32 MHz), NDA (France, 8...80 MHz), and new generation instruments as there are LOFAR (The Netherlands, (10) 30...80 MHz), E-LOFAR (Europe), LWA (USA, 20...80 MHz) are in operation, and telescopes in construction as NenuFAR (France, 8...80 MHz) and GURT (Ukraine, 8...80 MHz) will soon be actively in use. The possibilities of the LF radio astronomy are sufficiently strengthened by the synchronized and coordinated implementation of the distant (up to ~ 3000 km) radio telescopes. These improvements concern the sensitivity, the resolution of the measurements, decrease of the negative interference and ionospheric influence, increase of the experiments efficiency and overall reliability. Synchronized observations with the LF space missions such as Cassini, STEREO, Juno, future Lunar Farside Explorer etc. give additional positive possibilities. During the last years a synergetic multi-telescope approach was realized for the studies of the LF radio emission from the Sun, the solar wind, from Jupiter and Saturn, from galactic objects and even from exoplanetary systems.

Dienstag, 29. September 2015

13:30 – 15:00 Uhr: Solar, Planetary and Heliospheric Radio Emission

Sitzungsleiter: Helmut Rucker

13:30 – 13:45 Uhr: KHT2015-X-01

Christian Vocks, Gottfried Mann, Frank Breitling
(Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam, Germany)

Solar observations with LOFAR

LOFAR is a novel radio interferometer consisting of a central core near Exloo in the Netherlands, remote stations in the Netherlands, and international stations. It observes in two frequency bands, the low band of 10 - 80 MHz, and the high band of 110 - 250 MHz. The Key Science Project "Solar Physics and Space Weather with LOFAR" aims at observing the Sun with LOFAR. Solar radio radiation in the low and high band emanates from the upper and middle corona, respectively. The solar corona is not a simple layer with barometric density profile, but highly structured due to coronal magnetic fields. The density of the coronal plasma can be estimated by several means, e.g. coronagraph data or radio occultation measurements of spacecraft signals. But they leave a gap in the high corona, at a solar distance of a few solar radii. This region is of special interest, since it is where the transition from a hydrostatic corona to the supersonic solar wind is located. If the Sun is observed at a given radio frequency, then the corona becomes opaque below the density level where that frequency corresponds to the local plasma frequency. Since the refractive index of the coronal plasma approaches zero there, diffraction effects also need to be considered. I will present LOFAR observations of the quiet Sun at different low-band frequencies, and show how a coronal density model can be derived from observed intensity profiles.





13:45 – 14:00 Uhr: KHT2015-X-02

Frank Breitling, Gottfried Mann, Christian Vocks
(Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam, Germany)

Observations of type III bursts with LOFAR

LOFAR is a novel digital radio interferometer for imaging radio sources in the frequency range from 10 to 90 and 110 to 250 MHz with a time resolution of seconds. The Key Science Project (KSP) "Solar Physics and Space Weather with LOFAR" uses this instrument for solar observations including the study of solar type III radio burst. To obtain calibrated images and dynamic spectra of the Sun, data processing software is necessary which was developed by the KSP as Solar Imaging Pipeline (SIP). The SIP has several components for the data processing and makes its results available through the LOFAR Solar Data Center (LSDC). The LSDC is located at the AIP and accessible via a web user interface for browsing the observations for interesting events. Here some of the solar type III bursts observed with LOFAR will be discussed.

14:00 – 14:15 Uhr: KHT2015-X-03

V. N. Melnik (1), A. I. Brazhenko (2), A. A. Konovalenko (1), V. V. Dorovskyy (1), A. V. Frantuzenko (2), Helmut O. Rucker (3), M. Panchenko (3)

((1) Institute of Radio Astronomy, Kharkov, Ukraine, (2) Poltava Gravimetric Observatory, Poltava, Ukraine, (3) Space Research Institute, Graz, Austria)

Radio manifestation of behind-limb CME in the decameter range

CME observed by SOHO on 7 April 2011 was associated with an active region situated on the backside of the Sun. At the same time radio telescope URAN-2 observed radio manifestations of this CME as type II bursts and type IV burst. Three type II bursts were observed against type IV burst. Type IV burst prolonged about 2 hours. Its flux was $10^2 s.f.u.$ and its polarization was 20-40%. All type II bursts had different frequency drift rates. Every type II burst consisted of sub-bursts in the form of tadpoles. Durations of tadpole heads was about 4 s. Tadpole tails had smaller durations, about 2s. Drift rates of tails were both positive and negative and changed from 0.4 MHz/s to 4 MHz/s. Polarizations of heads and tails were about 10% and 20-40% correspondingly. Frequency band of tadpoles were different for different type II bursts but not larger than 10MHz. All three type II bursts had the second harmonics which consisted of tadpoles with smaller fluxes and polarizations. The phenomenon of tadpoles is discussed in the frame of SLAMS theory.

14:15 – 14:30 Uhr: KHT2015-X-04

V.V. Dorovskyy (1), V.N. Melnik (1), A.A. Konovalenko (1), A.I. Brazhenko (2), M. Panchenko (3), S. Poedts (4), V.A. Mykhaylov (5)

((1) Institute of Radio Astronomy, Kharkov, Ukraine, (2) Poltava Gravimetric Observatory, Poltava, Ukraine, (3) Space Research Institute, Graz, Austria, (4) University KU Leuven, Leuven, Belgium, (5) Karazin National University, Kharkiv, Ukraine)

Fine structure of decameter Type II burst observed on 7 June 2011

The characteristics of a type II burst with a herringbone structure observed both with ground-based radio telescopes (UTR-2 and URAN-2) and space-borne spectrometers (STEREO-A and B) are discussed. The burst was recorded on 7 June 2011 in the frequency band 3 – 33 MHz. It was characterized by extremely rich fine structure. Statistical analysis of more than 300 herringbone sub-bursts constituting the burst was performed separately for the positively (reverse) and negatively (forward) drifting sub-bursts. The sense and the degree of circular polarization of the herringbone sub-bursts were measured in a wide frequency band (16 – 32 MHz). A second-order fine frequency structure of the herringbone sub-bursts was observed and studied for the first time. Using STEREO/COR1 and SOHO/LASCO-C2 images, we determined the direction and radial speed of the coronal mass ejection responsible for the studied type II burst. The possible location of the type II burst source on the flank of the shock was found.



14:30 – 14:45 Uhr: KHT2015-X-05

Gottfried Mann (1), V. N. Melnik (2), Helmut O. Rucker (3), A.A. Konovalenko (2)

((1) Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam, Germany, (2) Institute of Radio Astronomy, Ukrainian Academy of Sciences, Kharkov, Ukraine, (3) Commission for Astronomy, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria)

Interpretation of Tadpole Structures in the Solar Radio Radiation

The new spectrometer on the Ukrainian radio telescope UTR-2 allows to observe the solar radio radiation at low frequencies (10-30 MHz) with a high spectral and temporal resolution. Tadpole structures were observed as special fine structures in the solar radio radiation. They show a fast drift (-2.13 MHz/s) in the dynamic radio spectrum. The ensemble of tadpoles is slowly drifting (-8.3 kHz/s) from high to low frequencies. The tadpoles are interpreted as electron beams accelerated at shocks in the high corona.

14:45 – 15:00 Uhr: KHT2015-X-06

G.V. Litvinenko (1), A.A. Konovalenko (1), Helmut O. Rucker (2), V.E. Shaposhnikov (3), V.V. Zakharenko (1), V.N. Melnik (1), M. Panchenko (4), A.I. Brazhenko (5), V.V. Dorovsky (1), V.V. Vinogradov (1), Ph. Zarka (6),

((1) Institute of Radio Astronomy, Kharkov, Ukraine, (2) Commission for Astronomy, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria, (3) Institute of Applied Physics, Nizhny Novgorod, Russia, (4) Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria, (5) Poltava Gravimetric Observatory, Poltava, Ukraine, (6) Paris-Meudon Observatoire, France)

Studying of the quasi-similar structures appearing in the solar and Jovian dynamic spectra of decameter emission

Main goal of the present work is to show the existence of quasi-similar features which appear both in the Solar and Jupiter dynamic spectra, and on the base of this similarity try to find any analogy between the plasma processes in the solar corona and magnetosphere of Jupiter. Quasi-similar features in the decameter emission of Jupiter and the Sun enable to use a wealth of experience in the solar and magnetospheric physics for the study of the mechanisms of generation of emissions and to find radio-astronomical diagnostics of parameters of the plasma environment of these objects. One promising approach in the examination of the Jovian DAM emission and decameter solar radiation is the use of novel experimental techniques and the subsequent effective theoretical analysis of the data. Progress in the radio-astronomy technology has led to the creation of more perfect and effective radio telescopes, recording facilities, observation techniques and numerical programs for processing and visualization of experimental data. It is now possible to examine the frequency and temporal features and structures of the dynamic spectra of radiation with high resolution. This opens the possibility for effective study of the quasi-similar features of the Jovian and solar dynamic spectra at a new level of radio-astronomy technology. It is an important step in finding new analogies between the dynamic spectra of the solar and Jovian radio emissions and for the development of radio-astronomical diagnostics of the physical processes in Jupiter and the Sun, in particular in the Io magnetic tube and the coronal magnetic loops on the Sun. The radio telescopes UTR-2 (Kharkov, Ukraine) and URAN-2 (Poltava, Ukraine) provide a unique opportunity for such studies in the decameter wave range. In recent years, these facilities have made observations of the solar and Jovian emissions in a wide frequency range with the maximum sensitivity and a high time-frequency resolution. It is necessary to note that despite the large volume of theoretical studies conducted to date, the theory of the origin of many of the processes in the magnetosphere and ionosphere of Jupiter and plasma processes in the solar corona are not fully developed. Successful use of analogies will help to develop the existing theories and propose new ones based on the experience of multi-year studies of the Jovian magnetosphere and solar corona plasma.



Dienstag, 29. September 2015

15:30 – 17:30 Uhr: Solar, Planetary and Heliospheric Radio Emission

Sitzungsleiter: Gottfried Mann

15:30 – 15:45 Uhr: KHT2015-X-07

Ondrej Santolik (1,2), G. B. Hospodarsky (3), W. S. Kurth (3), C. A. Kletzing (3)

((1) Institute of Atmospheric Physics ASCR, Prague, Czechia, (2) Charles University, Prague, Czechia, (3) University of Iowa, Iowa City, Iowa, USA)

Observations of whistler-mode chorus by the Van Allen Probes

The outer radiation belt of the Earth is strongly influenced by whistler-mode chorus waves which cause pitch-angle or energy diffusion of different energetic electron populations, leading to local energy exchange and acceleration of energetic electrons, or to their precipitation. Similar whistler-mode emissions are also observed in the magnetospheres of Jupiter and Saturn and in the vicinity of their moons.

We use comprehensive measurements of the Electric and Magnetic Field Instrument Suite and Integrated Science (EMFISIS) onboard the Van Allen Probes to analyze these waves.

Since the start of the operations in 2012 a large data base of multicomponent data has been collected by this instrument. We systematically determine the wave polarization and propagation parameters and their probability density functions.

15:45 – 16:00 Uhr: KHT2015-X-08

Ivana Kolmasova (1,2), Ondrej Santolik (1,2) Radek Lan (1) Ludek Uhlir (1)

((1) Institute of Atmospheric Physics AS CR, Prague, Czech Republic, (2) Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, Czech Republic)

Properties of daytime tweek atmospherics

We present results of recent measurements of daytime tweek atmospherics, which we have recorded in a favorable electromagnetic environment on the summit of La Grande Montagne (1028 m, 43.9410N, 5.4836E), Plateau d'Albion, France in 2015. Waveforms of the vertical electric field and two horizontal components of the magnetic field have been measured by a VLF/ELF analyzer with a sampling interval of 20 μ s which we are preparing for the Luna-resource and Resonance spacecraft missions. A ground-based version of the analyzer is coupled with a 10-cm spherical electric antenna located 2 m above the ground and two 12-turn magnetic loop antennas with an effective area of 4 m² (E-W and S-N components).

The observed daytime tweek atmospherics have a clear frequency dispersion which we are able to analyze above the first ionospheric cutoff. We estimate model parameters of the characteristic frequency dispersion as a function of time. Using the obtained parameters we are able to evaluate the reflection heights, attenuation factors, and propagation distances from the source lightning discharges which generate these unusual daytime tweek atmospherics.

16:00 – 16:15 Uhr: KHT2015-X-09

Ulrich Taubenschuss (1), and Ondrej Santolik (1, 2)

((1) Institute of Atmospheric Physics, Prague, Czech Republic, (2) Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, Czech Republic)

Whistler-mode chorus emission inside Earth's radiation belts

Chorus is a pulsed radio emission in the VLF frequency range, which is not only a common phenomenon in Earth's magnetosphere, but it is also observed at other planets like Jupiter and Saturn. It propagates in





the electromagnetic whistler-mode and plays an important role for particle dynamics in Earth's radiation belts. We present waveform observations of chorus made by the THEMIS spacecraft ("Time History of Events and Macroscale Interactions During Substorms"). Measurement of the complete magnetic spectral matrix enables a detailed polarization analysis with high time-frequency resolution. We will interpret results in terms of generation mechanisms and wave propagation effects.

16:15 – 16:30 Uhr: KHT2015-X-10

S. Rošker (1), M. Panchenko (2), **Helmut O. Rucker** (1), A.I. Brazhenko (3), A.A. Konovalenko (4)
((1) Commission for Astronomy, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria, (2) Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria, (3) Institute of Geophysics, Gravimetric Observatory, National Academy of the Ukraine, Poltava, Ukraine, (4) Institute of Radio Astronomy, National Academy of the Ukraine, Kharkiv, Ukraine)

Zebra spectral structure in Jovian decametric radio emissions

Jupiter with the largest planetary magnetosphere in the solar system emits intense coherent non-thermal radio emission in a wide frequency range. Depending on the time scales the Jovian decametric radio emission (= the strongest component of Jovian radiation, DAM) exhibits different complex spectral structures. Recent observations of the Jovian DAM using the large ground-based radio telescope URAN-2 (Poltava, Ukraine) enabled the detection of fine spectral structures, specifically zebra stripe-like patterns, never reported before in the Jovian decametric wavelength regime. A recent study reported on zebra pattern in low-frequency (tens of kHz) Jovian radio emission, observed by Cassini during the Jupiter flyby 2000/2001 (Kuznetsov and Vlasov, 2013, and references therein).

Striped spectral structures or zebra patterns were first observed in the radio spectra of the Sun as quasi-harmonical stripes. The possible mechanism responsible for this wave generation is known as "double plasma resonance" (DPR). The structure in the Jovian dynamic spectra is similar to those observed from the Sun (Chernov, 2006, 2010; Chen et al., 2011) and suggests a similar generation mechanism.

Analysis of Observations of Zebra Patterns in Jovian Decametric Radio Emission Using URAN-2 86 events of stripe-like zebra patterns have been observed from September 2012 to March 2014 in the frequency range 12 MHz – 30 MHz. The 44 most distinctive incidents in terms of high resolution and intensity are chosen for detailed statistical analysis.

The mean frequency range of single zebra events averages out at 2746 ± 1537 kHz. The minimum frequency splitting of individual stripes is $\Delta f_{\min} = 190$ kHz, the maximum recorded value $\Delta f_{\max} = 3712$ kHz. The mean frequency splitting between individual zebra stripes is 759 ± 405 kHz. Increasing frequency splitting with increasing zebra occurrence (Kurth et al., 2001) can be confirmed for the majority of events.

Zebra patterns occur in 2 specific regions of CML (from 290° to 360° and 0° to 50° , as well as from 90° to 170°), whereas no dependence on the I_0 phase can be detected. The events are evenly distributed with regard to left-hand (LH) and right-hand (RH) polarization. An exciting fact is revealed by studying the CML dependence of LH and RH polarized events separately. The ranges from 0° to 50° and 290° to 360° CML can be assigned to LH, the region from 90° to 170° CML to RH polarization. Thereby it is possible to determine the source region of the zebra stripe emission, as LH polarized radiation can be allocated to the southern hemisphere of Jupiter and RH polarized radiation to the northern Jovian hemisphere.

Events with a wide frequency range – that also means a larger number of stripes – predominantly appear in the CML interval between 100° and 150° . This implies that larger zebra events are mostly RH polarized and emerge from the northern Jovian hemisphere.

Based on these findings the investigations of the Jovian dynamic spectra in the decametric frequency range unprecedentedly enable the determination of local plasma density in the vicinity of Jupiter by remote radio sensing.





16:30 – 16:45 Uhr: KHT2015-X-11

M. Panchenko (1), A.I. Brazhenko (2), A.A. Konovalenko (3), G. V. Litvinenko (3), H.O. Rucker (4)
((1) Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria, (2) Institute of Geophysics, Gravimetric Observatory, Poltava, Ukraine, (3) Institute of Radio Astronomy, Kharkiv, Ukraine, (4) Commission for Astronomy, Austrian Academy of Sciences, Graz)

Jupiter's radio emission observed in decametric frequency range by large ground based radio telescopes

Jupiter with the largest planetary magnetosphere in the solar system is the complex source of a powerful coherent non-thermal radio emission attributed to the mechanism of the cyclotron maser instability. Decametric radio emission (DAM) is the strongest component of Jovian radiation observed in a frequency range from few MHz up to 40 MHz. This emission is generated in sources located along Jovian magnetic field lines. Depending on the time scales the DAM exhibits different complex spectral structures. The „long“ L- burst emission (e.g. Io and non-Io controlled DAM arcs) varies at the time scale of a few seconds, whereas „short“ S-bursts are characterized by millisecond duration and often have higher intensity than the L-burst.

We present the observations of the Jovian decametric radio emission using the large ground-based radio telescopes UTR-2 and URAN-2 operated in the decametric frequency range (8-32 MHz). We have analyzed the data recorded from Sep. 2012 to Apr. 2015. A big amount of the fine spectral structures in the dynamic spectra of DAM such as trains of S-bursts, quasi-continuous narrowband emission (NB) and narrow-band splitting events have been detected. A special interest represents the observations of zebra stripe-like patterns at high frequencies of DAM which was never reported before. We suggest that similar to the zebra patterns in the solar radio emission the observed stripped structures in DAM are also generated due to double plasma resonance in which plasma waves are excited at harmonics of upper hybrid frequencies and then transformed into electromagnetic ones due to nonlinear processes. We discuss how the observed fine spectral structures can be used to study the plasma parameters in the inner Jovian magnetosphere. We also present the results of multi-telescope observations which allow to decrease the ionospheric scintillations and man-made interferences in the observed spectra as well as to define new temporal properties of the DAM.

16:45 – 17:00 Uhr: KHT2015-X-12

Patrick H. M. Galopeau (1), Mohammed Y. Boudjada (2), Helmut O. Rucker (3)
((1) LATMOS-CNRS, Université Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, Guyancourt, France, (2) Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria, (3) Commission for Astronomy, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria)

Geometry of emission cone of Jovian decameter radiation generated by cyclotron maser instability

The occurrence probability of the Jovian radio emissions produced at decameter wavelengths depends on both the Jovicentric longitude of the observing point and the phase of the satellite Io. A recent study of the angular distribution of high occurrence probability areas revealed that the radio emission is beamed in a hollow cone which presents a flattening in a certain direction linked to the local magnetic field in the source region. In this paper we investigate some physical reasons for the existence of such a flattening in the beam geometry. The Jovian decameter radiation, like the other auroral radio emissions emanating from the magnetized planets in the solar system, is known to be produced by the cyclotron maser instability (CMI). This mechanism allows the direct amplification of the waves through a resonant coupling between the electron population of the plasma and the electromagnetic waves with right circular polarization of the X mode. In a medium with axial symmetry, i.e., where B and ∇B are parallel, the maximum amplification is obtained for a particular value of the emergence angle relatively to the local magnetic field B . We suppose that the plasma is constituted of a cold component which supports the wave propagation and an energetic component which takes part in the growth of the waves by supplying the CMI with free energy. The angle corresponding to the maximum amplification is not constant anymore when B and ∇B are not parallel, so that the emission cone does not have any axial symmetry and then





presents a flattening in a privileged direction. Such a geometry seems to occur in the case of the lo-controlled Jovian decameter radiation.

17:00 – 17:15 Uhr: KHT2015-X-13

Christof Weber (1), Helmut O. Rucker (2), Christian Vocks (3)

((1) Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria, (2) Commission for Astronomy, Austrian Academy of Sciences, Graz, Austria, (3) Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam, Germany)

New theoretical considerations on possible radio wave emission and radio source regions of Jovian like exoplanets

The UTR-2 (Ukrainian T-shaped Radio Telescope 2nd generation), LOFAR (Low Frequency Array) or the upgrade of LOFAR in Nancay (the NENUFAR project) are promising facilities with sensitivities sufficiently low to be able to detect radio emission from exoplanets, especially from so-called Hot Jupiters. These are Jovian like planets very close to their host star (about 0.045 AU) and their radio emission is expected to be up to $10E5$ times higher than the emission from Jupiter in our solar system. Also recent investigations of the possibility of moons around a Jovian exoplanet (an analog of the Io-Jupiter system) find promising candidates amongst the exoplanets for a future detection of exoplanetary radio emission. As is well known Io triggers radio emission up to 40 MHz in the Jovian case, a frequency which lies well above the ionospheric cutoff of 10 MHz and thus can be measured with ground-based facilities on Earth.

We present simulation results for wave growth rates at Jupiter-like exoplanets orbiting at distances smaller than 0.1 AU from their parent star. Under sophisticated assumptions for the plasma environment at these exoplanets we find that the cyclotron maser instability (CMI), the process which is very likely responsible for the generation of radio waves in our solar system, produces radio waves which can propagate away from the planet. In order to perform this we calculated upper limits for the particle densities in the radio source regions of the respective planets. Furthermore we check the influence of a magnetodisc at Hot Jupiters on the possible power of the emitted radio waves.

17:15 – 17:30 Uhr: KHT2015-X-14

Jean-Mathias Grießmeier

(Université d'Orléans/CNRS, France)

Emission timescales of Saturn lightning as determined from ground-based radio observation

Using the decametric radio telescope UTR-2, we have observed radio emission generated by Saturn lightning in the frequency range 10-30 MHz. As opposed to space-based observations (such as those taken by Voyager and Cassini), which usually have a time resolution limited of ~40 ms and only sample on frequency at any given instant, ground-based telescopes can provide instantaneous broad-band observations with much better time resolution (1 ms or better). This allows to analyze the instantaneous spectrum and emission timescales of Saturn lightning. In particular, we compare the distribution of burst durations for Saturn lightning discharges and show that Saturn lightning events are not statistically independent of each other, but occur in groups of events. We will also discuss follow-up observations with the

Low

Frequency

Array.





Mittwoch, 30. September 2015

KHT2015 – Tagungsprogramm (Bürgersaal)



08:40 – 09:40 Uhr: Commission-F: Wave Propagation and Remote Sensing

Sitzungsleiter: Gerd Wanielik, Madhu Chandra

08:40 – 09:00 Uhr: KHT2015-F-01

Yasamin Alkhorshid, Gerd Wanielik,

(Professorship of Communications Engineering, Chemnitz University of Technology, Germany)

Lane Detection for Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)

Abstract- This paper presents a survey on different approaches with regards to signal processing on the monocular camera image for lane marking detection for Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). ADAS frameworks have recently gained a lot of interest in the signal processing community and with the development of various autonomous cars. A robust lane tracking application that is invariant to road conditions and input image conditions is of utmost importance to boost the accuracy of these systems.

Main modules of a robust lane marking detection for ADAS can be described as four steps: input image pre-processing, robust feature extraction, learning model and tracking. The performance of ADAS is greatly dependent on careful selection of each step. In this light, various studies have been done in the literature to correlate different changes in each step with the overall accuracy of the lane marking detection. In this study, we mainly focus on different techniques for input image (camera frames represented as individual images).

An important step in lane marking detection in ADAS is the pre-processing of images obtained in various road conditions, lighting and illumination variations, input quality of camera frames, weather changes such as rain and geometric variations in the scene. The quality of the input images can greatly impact the performance of the ADAS for lane marking detection. This motivates case studies with different images and various quality enhancement techniques to boost the performance of these systems. In this study, we investigate different techniques for enhancing the image quality in the scenes with fast variation of illumination on the road in front of the test vehicle.

We study and implement a fast and robust detection and processing of lane markers on the urban roads. In this module, the common filters and noise reduction methods are employed in order to ease the feature extraction step. Our model is based on the Probabilistic Hough Transform (PHT) which is employed once removing the perspective effect from the captured images or camera frames. Next, we employ Unscented Kalman Filter (UKF) in order to track the lane marker features on the temporal images as a tracking step. The performance of the lane marking detection is then evaluated through a set of experiments. The experimental results are all reported on a novel dataset. The dataset was collected through capturing frames with our test vehicles. We report the results of this initial study for different road scenarios using the aforementioned preprocessing method. In the future, we intend to expand our results to include side by side comparisons of different tracking techniques. We will also investigate the robustness of the proposed model with other large-scale datasets to benchmark our model against the current literature.

09:00 – 09:20 Uhr: KHT2015-F-02

Anton Heister, Rolf Scheiber, Alberto Moreira

(Microwaves and Radar Institute, German Aerospace Center (DLR), Germany)

Sparse signal reconstruction for improved radar ice sounding

ABSTRACT- Prediction of global sea level rise requires understanding of ice-mass balance and dynamics of Greenland's and Antarctica's ice sheets, whose behavior is highly determined by their thickness, basal conditions and topography. This fact explains the demand for high-resolution remote sensing products with large area coverage and temporal update.

Conventional airborne ice sounding radars are successfully used to measure ice-thickness profiles since 1960s. The radars achieve ice thickness resolution by transmitting high bandwidth signals, and along-track resolution by using synthetic aperture radar (SAR) focusing.

There are two main challenges conventional ice sounders face: first, presence of strong across-track surface clutter that masks weak bedrock returns received with the same time delay but from different angular positions; second, high cost of operational use as the bedrock topography map production requires acquisition of a dense flight grid followed by interpolation of 2D ice-thickness profiles on a 3D grid.

To address these issues modern airborne sensors use antennae with multiple phase centers in across-track direction, that allows use of spatial filtering both for surface clutter suppression and swath imaging in across-track direction [1, 2].

Since the last decade various algorithms were used for clutter suppression and clutter direction of arrival estimation; among them are conventional, optimum, minimum variance distortionless response (MVDR), and MUSIC beamformers and maximum likelihood techniques. MVDR and its robust modification are present state-of-the-art algorithms [1].

We offer the use and analyze the performance of sparse signal reconstruction algorithm based on L_1 -norm minimization. The algorithm has shown a good spatial resolution and robustness to noise, moreover it provides radiometrically meaningful results.

We present both simulation and real data results using multi-phase center antenna measurements performed by ESA's POLarimetric Airborne Radar Sounder POLARIS in Antarctica [2,3].

References:

[1] Li, J., et al: High-Altitude Radar Measurements of Ice Thickness over the Antarctic and Greenland Ice Sheets as a Part of Operation Ice Bridge, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 51, no.2, pp.742 -754 , 2013.

[2] Dall, J. et al: ESA's polarimetric airborne radar ice sounder (POLARIS): Design and first results IET Proc. Radar, Sonar & Navigation, vol. 4 (3), 2010.

[3] Scheiber R. et al: Comparison of Digital Beamforming Techniques for Enhanced Ice Sounding Radar Data Processing: Proceedings EUSAR, 2014

09:20 – 09:40 Uhr: KHT2015-F-03

Takashi Ogawa ^{*,*}, Gerd Wanielik^{*},

(DENSO CORPORATION⁺, Japan Technische Universität Chemnitz^{*}, Germany)

TOF-LIDAR signal processing using CFAR detector

In recent years, intelligent vehicle technologies have become active research field and some ADAS applications towards the highly automated driving are starting to be introduced in the market. One of the most important tasks in such applications is to recognize the vehicle surroundings so that several sensors are utilized to derive the information especially about the non-stationary event, where the scanning LIDAR is expected to be one of the sensors to achieve accurate detection. The typical targets are moving objects like the vehicles and pedestrians and additionally in the future the temporarily existent static object like on-road obstacles become to be inside the scope. To detect such the various targets is a challenging task and so in this paper we approach to increase the SNR in LIDAR detection with introducing an algorithmic way.

The CFAR detector is widely used for signal processing in RADAR field to detect low SNR target maintaining constant false alarm rate in clutter environment. The algorithm applies the numerical operator to the input signal and enables to find the local maximum with adaptive thresholding to local background fluctuation. Since it can be flexibly applied and extended to other specific problems, we have studied in this paper the possibility of CFAR detector in time-of-flight LIDAR to detect low SNR target.

The LIDAR receives in its raw signal processing un-thresholded intensities at each range cells respective to each scans. Since the background dynamics of LIDAR signal is generally less fluctuated than RADAR, primitive detector bases on constant thresholding which also in some cases could be semi-adaptive to the background noise statistics at a certain range cells as for the reference. The general CFAR operator consists of a cell under test (CUT) at which the target is declared to be whether present or not, some

guard cells and also several training cells to learn the background intensities. Additionally we supplemented the operator by adding several neighborhood cells adjacent the CUT, where any sort of functionality that could enhance the SNR could be incorporated. By implementing proper function in the neighborhood cells, the meaningful intensities reflected from the target could be accumulated in case of target present, and undesirable intensities could be suppressed in case of target absent, which is similar to conventional incoherent integration. Here particularly the matched filtering process adaptive to intensity signal profile is implemented in the neighborhood cells. And we also studied the thresholding criteria which explicitly considers the effect of operation by neighborhood cells in case the noise statistics of source intensity is known. This modified criteria has been compared to conventional CFAR thresholding.

The developed CFAR detectors have been evaluated on both simulation and experiment against low SNR target with comparison to existing detector. Some forms of CFAR detectors have achieved certain improvement in SNR, which showed in some experimental cases about 30% enhancement. The processing time is also calculated in MATLAB platform and the CFAR detector needs a few percent increase to declare a target present or absent in a single scan.

10:20 – 10:40 Uhr: KHT2015-F-05

Sadiq. K. Ahmed^{1,2}, Prof. Dr. Madhukar Chandra¹,

(¹Department of Microwave Engineering and Electromagnetic Theory, Faculty of Electrical Engineering and Information Technology, Technische Universität Chemnitz Germany, ²Engineering College, University of Mustansiriyah, Baghdad/Al-Mustansiriyah,, Iraq)

Study the effects of phase shift on cross-polarization discrimination and isolation for dual-polarization patch antennas using metamaterial line feed

Cross-polar discrimination plays a vital role in polarimetric radar and communication applications. Increasingly, polarimetric radars and information-systems are employing dual polar patch Antennas. In this paper, low cross-polarization and high isolation between two ports of dual linear polarization rectangular microstrip patch antenna are studied. The proposed design has a very simple antenna structure with rectangular microstrip patch antenna is fed by two hybrid orthogonal feeds to construct dual linear polarization at frequency 5.5 GHz. The first feed is a metamaterial line printed on the first substrate material on the same surface as the rectangular microstrip antenna. In addition to its function as a feed line, metamaterial line also works as phase shifter. And the other feed is an aperture coupled microstrip line which is printed on the bottom of the second substrate layer.

The main objective of this work is to generate different values of phase shifts (0° - 180°) using CRLH-TL metamaterial in order to investigate the cross-polarization discrimination and isolation between the two ports of the antenna system. It is found that at phase shift of 35° has the best cross-polarization discrimination (30 dB) and highest isolation (-42 dB). This method results in significant improvement in cross polarization discrimination in comparison to the design at phase shift of 35° with the design at phase shift of 0° , the simulations reveal an improvements of 5 dB in E-plane and 6 dB in H-plane. Also, to be reported are the effect of phase shift on other characteristics such as gain and band- width. The simulations are evaluated using the commercial full-wave simulator, ansoft High Frequency Structure Simulator HFSS.

10:40– 11:00 Uhr: KHT2015-F-06

Michael Schuster*, Michael Hofmann*, Johannes Reuter*, Gerd Wanielik**,

(*HTWG Konstanz, Institut für Systemdynamik, Germany, **Technische Universität Chemnitz, Professur für Nachrichtentechnik, Germany)

Analyse der Radarrückstreucharacteristik von Wasserfahrzeugen zur Schätzung der Objektausdehnung mittels Random Matrices

Aufgrund der besseren Auflösungsfähigkeit moderner Radarsensoren, ist das Ziel neuer Ansätze zur Objektverfolgung neben den üblichen Größen Position und Geschwindigkeit auch die Ausdehnung eines Objektes zu schätzen. Die grundlegende Annahme hierfür ist, dass bei jeder Abtastung mehr als eine Detektionen pro Objekt empfängt.

Geht man weiter davon aus, dass das Objekt unter Beobachtung eine näherungsweise elliptische Form hat und die Lage der Detektionen zufällig gleichverteilt über das gesamte Objekt sind, bietet das Random Matrix Framework ein schlankes Verfahren zur parallelen Schätzung von kinematischem Zustand und Ausdehnung. In der Praxis ist aber die Streuung der Detektionen zusätzlich noch abhängig von der Genauigkeit bzw. Auflösung des verwendeten Sensors.

In diesem Vortrag werden daher die charakteristischen Rückstreuungseigenschaften von Wasserfahrzeugen mit einem hochauflösendem Radarsensor bei geringen Entfernungen untersucht. Zur Datenakquise wurde ein 77 GHz-Sensor eingesetzt und mehrere Schiffstypen aus verschiedenen Entfernungen und Blickwinkel beleuchtet. Die Daten wurden hinsichtlich der statistischen Verteilung der Lage und Kardinalität untersucht um daraus verbesserte Sensormodelle für Simulation und Filterung abzuleiten.

Für die Sensormodelle werden verschiedene Filteraktualisierungsverfahren untersucht und hinsichtlich der Genauigkeit der erzielten Größenschätzung verglichen. Hierbei wird insbesondere noch einmal auf die Problematik der Transformation von polaren in kartesische Koordinaten eingegangen. Dies geschieht im Hinblick auf die bei vielen Radarsensoren zusätzlich verfügbaren Messungen der Dopplergeschwindigkeit.

Neben der winkelabhängigen Streuung, wird insbesondere durch die Drehbewegung eines ausgedehnten Objektes eine zusätzliche Streuung des Dopplerspektrums induziert. In dem Vortrag wird geprüft, inwieweit sich diese Informationen ebenfalls zur Verbesserung der Schätzung der Ausdehnung herangezogen werden können. Auch hier werden simulierte Daten und auf realen Messdaten beruhende Ergebnisse gegenüber gestellt.

11:00 – 11:20 Uhr: KHT2015-F-07

Daniel Goerke, Jens Oberrath, Anthimos Georgiadis

Institut für Produkt- und Prozessinnovation,
Leuphana Universität Lüneburg,
Deutschland

Simulation und Optimierung einer Ink-Jet druckbaren Vivaldi-Antenne für ein UWB-Impulsradar

Seit Februar 2002 darf die Ultra-Breitband (UWB)-Technologie im Frequenzbereich 3.1 bis 10.6 GHz unter bestimmten Voraussetzungen in den USA lizenzfrei eingesetzt werden und neben Kommunikationsanwendungen gewinnen auch Impulsradaranwendungen an Bedeutung. Einsatzgebiete für UWB-Impulsradar liegen in der medizinischen Patientenüberwachung, der Eisschichtdickenmessung, sowie der Lokalisierung von Personen und Gegenständen im Boden, hinter Wänden, im Fahrzeuginnenraum und in der unmittelbaren Fahrzeugumgebung. UWB-Impulsradar-antennen dürfen das pulsformige Signal nicht verzerren, müssen eine gute Richtwirkung erzielen und im gesamten UWB-Frequenzbereich das Signal mit geringen Rückstreuerverlusten abstrahlen. Diese Bedingungen erfüllen Vivaldi-Antennen dank eines konstanten Phasenzentrums und einer theoretisch unbegrenzten Bandbreite sehr gut. Darüber hinaus sind sie einfach und kostengünstig als doppelseitige Platine oder mittels Ink-Jet Druck auch auf dünnen Folien oder Gläsern herstellbar.

In dieser Präsentation wird der Entwurf und die Optimierung einer Vivaldi-Antenne mit exponentieller Verjüngung vorgestellt, die auf einem dünnen Substrat im Ink-Jet Druck hergestellt werden kann. Für Design, Simulation und Optimierung kommt die Software ANSYS HFSS 15.0 zum Einsatz. Da sehr viele Parameter die Optimierung der Antenne beeinflussen, wird das Antennenmodell zunächst durch Zerlegung in zwei Teilprobleme vereinfacht: Die exponentiell verjüngte Schlitzleitung (engl.: slot line) zur Abstrahlung des Signals und den kapazitiven Übergang von der Mikrostreifenleitung (engl.: microstrip line) auf die Schlitzleitung. In beiden Modellen werden der Driven Modal Solver zur Berechnung der verallgemeinerten S-Parameter verwendet und Wave Ports mit festgelegter Integrationslinie definiert. Die Fernfeldbedingung zur Abstrahlung in den freien Raum wird durch eine Radiation-Randbedingung im Abstand von $\lambda/4$ zur Antenne erreicht. Beide Modelle sind durch den Parameter der Schlitzleitungsbreite mit einander verkoppelt.

Das Design der Schlitzleitung wird so optimiert, dass die Antenne eine hohe Abstrahlung bzw. geringe Reflexion im gesamten Frequenzband aufweist, ohne dass die Schlitzleitung schmaler als $10 \mu\text{m}$ wird, da hier die Grenze des Ink-Jet Druckverfahrens liegt. Anschließend wird die symmetrische Mikrostreifenleitung mit quasi transversal elektromagnetischer Mode so definiert, dass eine



Anschlussimpedanz von 50Ω gegeben ist. Der Übergang in die asymmetrische Schlitzleitung mit quasi transversal elektrischer Mode erfolgt breitbandig durch kapazitive Kopplung mittels kreissektorförmigen Abschlüssen. Die Breite der Mikrostreifenleitung wird linear verjüngt, um die Kopplung zu optimieren. Anschließend werden die Ergebnisse der beiden Teilmodelle analysiert und diskutiert, sodass schließlich die Parameter für das Gesamtantennenmodell gewählt werden, um die Performanz der Vivaldi-Antenne insgesamt anhand der simulierten S-Parameter sowie des Antennengewinns zu beurteilen. Abschließend dient eine weitere Parametervariation im Gesamtantennenmodell der Validierung der zuvor optimierten Parameter.





13:00 – 15:20 Uhr: Ionospheric Radio and Propagation, Open Session GHJ

Sitzungsleiter: M. Förster

13:00 – 13:20 Uhr: KHT2015-G-01

Ralph Latteck, Irina Strelnikova

(Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock, Kühlungsborn, Germany)

Polar mesosphere winter echoes observed over Andøya

Polar mesosphere winter echoes (PMWE) are coherent VHF radar echoes which primarily occur during the winter months in the mid mesosphere from ~55–85 km altitude at both northern and southern latitudes. Continuous observations of PMWE have been conducted at the Norwegian island Andøya (69.30°N, 16.04°E) since autumn 2004 using the ALWIN VHF radar (until 2008) and the Middle Atmosphere Alomar Radar System MAARSY (since 2011). Using the more sensitive MAARSY compared to the ALWIN radar, results in a) more detections characterized by smaller volume reflectivity values down to $4 \cdot 10^{-18} \text{ m}^{-1}$ and b) greater altitudinal coverage, 55–85 km, compared to previous observations. The results obtained with MAARSY show that the PMWE season starts clearly at the beginning of September with a mean seasonal occurrence frequency of about 16%, but a strong seasonal variability with maxima up to 80% in the seasonal variation of the individual years. The end of the winter season is hard to determine since mesospheric echoes have also been observed below altitudes of 80 km during nonwinter months, particularly around end of May, i.e. the beginning of the polar mesospheric summer echo season, indicating that the physical mechanisms for creating the lower mesospheric echoes is present during the first few weeks of summer as well. We present a summary of PMWE characteristics and occurrence based on 10 years of observations at Andøya but more focused on the data obtained with MAARSY during the last 4 years.

13:20 – 13:40 Uhr: KHT2015-G-02

Toralf Renkwitz, Irina Strelnikova

(Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock, Kühlungsborn, Germany)

Natural variability of the polar mesosphere observed with medium frequency radars and their implications to the analysis

The Leibniz-Institute of Atmospheric Physics operates various medium frequency (MF) radars for more than one solar cycle. These radars are used to perform observations of the mesosphere at polar and mid-latitude regions. The benefit of using MF-radars is the ability to continuously observe echoes from this atmospheric region due to the presence of sufficient electron density and its fluctuations for the given radar frequency.

Though, the actual altitude coverage depends on the current state of the atmosphere controlled by the dynamics and high natural variability of the mesosphere like e.g. electron precipitating events. At times, the latter is exceptionally frequent in the polar latitudes, which will be discussed here. We will present examples of such mesospheric perturbation events, their influence to the measurements and first analysis results.

Furthermore we will present the tentative statistical annual analysis of these events and their likely relationship to other radar phenomena.

13:40 – 14:00 Uhr: KHT2015-G-03

Christoph Jacobi¹, Nadja Samtleben¹, and Gunter Stober²

(1 - Universität Leipzig, Institut für Meteorologie, Stephanstr. 3, 04103 Leipzig, Germany;

2 - Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock, Kühlungsborn, Germany)

Meteor radar observations of mesopause region long-period temperature oscillations

Meteor radar observations of mesosphere/lower thermosphere (MLT) daily temperatures have been performed at Collm, Germany since 2004. The data have been analyzed with respect to long-period



oscillations at time scales of 2 to 20 days. Shorter periods of up to 6 days are more frequently observed in summer, while longer period oscillations have larger amplitudes in winter. Therefore, the oscillations may be considered as the signature of planetary waves. The oscillations show considerable year-to-year variability. In particular, amplitudes of the quasi 5-day oscillation have increased during the last decade. The results are compared with analyses from radar wind measurements.

14:20 – 14:40 Uhr: KHT2015-G-04Gunter Stober¹, Sven Wilhelm¹, Jorge Chau¹, Christoph Jacobi² and Ralph Latteck¹

(1 - Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik an der Universität Rostock, Kühlungsborn, Germany;

2 - Universität Leipzig, Institut für Meteorologie, Stephanstr. 3, 04103 Leipzig, Germany)

Preliminary results of a multi-station multi-frequency meteor radar network to study the horizontal wind variability in the mesosphere/lower thermosphere

During the last months the existing MMARIA (Multi-Station Multi-Frequency agile radar for investigation of the atmosphere) was extended by upgrading the Collm meteor radar (51.3°N, 13°E). The present MMARIA concept consists of two monostatic meteor radars located at Collm and Juliusruh (54.6°N, 13.45°E) and three passive stations. We are going to proceed to install a dual frequency station in Kühlungsborn (54.1°N, 11.75°E) and one receive only system in Juliusruh. Here we present our preliminary results based on the recent installations. To this end we performed a Keogram analysis in order to identify gravity waves with horizontal wavelengths between 150-300 km. Further we outline different approaches to derive the horizontal wind variability using a combination of all available stations. The higher number of meteor detections by combining all stations permits an increased temporal resolution. Further, the forward scatter geometry leads to an enhanced altitude coverage due to the increased Bragg wavelength.

14:40 – 15:00 Uhr: KHT2015-G-05Christoph Jacobi¹, Norbert Jakowski², Gerhard Schmidtke³, Thomas N. Woods⁴

(1 - Universität Leipzig, Institut für Meteorologie, Stephanstr. 3, 04103 Leipzig, Germany;

2 - German Aerospace Center, Neustrelitz, Germany; 3 – Fraunhofer IPM, Freiburg, Germany;

4 - Laboratory for Atmospheric and Space Research, University of Colorado Boulder, USA)

Delayed response of the global total electron content to solar EUV variations

The ionospheric response to solar EUV variability during 2011 - 2014 is shown by a simple proxy based on SDO/EVE solar EUV spectra. The daily proxies are compared with global mean total electron content (TEC) derived from GNSS TEC maps and they describe about 75% of the intra-seasonal TEC variability. At time scales of the solar rotation and longer, there is a time lag between EUV and TEC variability of about one day, indicating dynamical processes in the thermosphere/ionosphere system that leads to delayed atomic oxygen variation in the ionospheric F2 layer. If this time lag is taken into account, the EUV proxy will explain more than 80% of the global TEC variability.

15:00 – 15:20 Uhr: KHT2015-G-06Matthias Förster¹, Boris Prokhorov¹, Elvira Astafyeva², and Irina Zakharenkova²¹ - GFZ German Research Centre for Geosciences, Helmholtz Centre Potsdam, Germany;² - Institut de Physique du Globe de Paris, Paris Sorbonne Cité, Univ. Paris Diderot, UMR CNRS 7154, 35-39 Rue Hélène Brion, Paris 75013, France)**Global numerical modelling of St. Patrick's Day storm event 2015**

With a sudden storm commencement (SSC) at 04:45 UT on St. Patrick's day this year (March 17, 2015) started the most severe geomagnetic storm in solar cycle 24 up to now. It occurred without any significant precursor X- or M-type solar flares and appeared as a two-stage geomagnetic storm with a minimum SYM-H value of -233 nT. In the response to the storm commencement in the first activation, a short-term positive effect in the ionospheric vertical electron content (VTEC) occurred at low- and mid-latitudes on the dayside. The second phase commencing around 12:30 UT lasted longer and caused significant and complex storm-time changes around the globe with hemispherical different ionospheric storm reactions in different longitudinal ranges. At mid-latitudes, positive storm signatures were observed in the Northern



Hemisphere (NH) of the European sector, whereas a large positive storm occurred in the Southern Hemisphere (SH) of the American sector. The negative storm phase was found to be strongest in the Asian sector, in particular in the NH, but developed globally on March 18 at the beginning of the recovery phase. These observations pose a challenge for the global numerical modelling of thermosphere-ionosphere storm processes as the storm, which occurred around spring equinox, obviously signify the existence of other impact factors than seasonal dependence for hemispheric asymmetries to occur. First numerical simulation trials using the Upper Atmosphere Model (UAM) are presented to explain these peculiar ionospheric storm processes.





Mittwoch, 30. September 2015

KHT2015 – Tagungsprogramm (Brauerei Keller)





08:40 – 11:20 Uhr: B Fields and Waves

Sitzungsleiter: Rolf Schuhmann

08:40 – 09:00 Uhr: KHT2015-B-01

O. Floch, A. Sommer, R. Dyczij-Edlinger,
(Universität des Saarlandes, Germany)

Ein Ordnungsreduktionsverfahren zur materialparameterabhängigen Charakterisierung resonanter elektromagnetischer Strukturen

Die Modalanalyse ist eine wichtige Methode zur Beschreibung resonanter elektromagnetischer Strukturen. Sie findet Anwendung im Bereich von Mikrowellenfiltern, Resonatoren, photonischen Kristallen bis hin zu Teilchenbeschleunigern.

Zur Approximation des zugehörigen Eigenwertproblems (EWP) eignet sich insbesondere die Finite-Elemente (FE) Methode, welche sich durch ein großes Maß an Flexibilität zur Handhabung komplexer Geometrien und inhomogenen Materialeigenschaften auszeichnet. Die zu charakterisierenden Strukturen weisen meist zusätzliche Freiheitsgrade auf, wie Materialparameter, welche im Entwicklungsprozess zur Designoptimierung herangezogen werden können. Hierfür muss das parameterabhängige numerische Modell zum einen eine vorgegebene Genauigkeit und zum anderen eine schnelle Auswertbarkeit garantieren, was den Einsatz moderner Methoden der Ordnungsreduktion motiviert.

Das in diesem Beitrag vorgestellte projektionsbasierte Ordnungsreduktionsverfahren gehört zur Klasse der Mehrpunktverfahren und erfordert zur Konstruktion der Projektionsbasis die Lösung eines hochdimensionalen verallgemeinerten FE-Eigenwertproblems (EWP) an diskreten Punkten des Parametergebiets, welche im Rahmen einer Greedy-Strategie ermittelt werden. Zur Lösung des EWPs wird in dieser Arbeit ein Jacobi-Davidson Verfahren vorgestellt, welches in Kombination mit einem Gebietszerlegungsverfahren die effiziente Berechnung einer gegebenen Anzahl physikalischer Moden erlaubt.

09:00 – 09:20 Uhr: KHT2015-B-02

A. Sommer, O. Floch, R. Dyczij-Edlinger,
(Universität des Saarlandes, Germany)

Effiziente numerische Optimierung der Richtcharakteristik von Antennengruppen mittels Ordnungsreduktion

Antennengruppen kommen in vielen Anwendungsbereichen, wie der Kommunikations- und Radartechnik, zum Einsatz. Sie bieten die Möglichkeit, die Richtcharakteristik über die Phasen und Amplituden der Speisung der einzelnen Strahler elektronisch zu steuern.

Werden numerische Optimierungsverfahren zur Bestimmung der gesuchten Steuerungsparameter (Phasen und Amplituden) herangezogen, so muss die Richtcharakteristik der Antennengruppe für eine Vielzahl von Konfigurationen ermittelt werden. Da eine analytische Berechnung der Richtcharakteristik aufgrund der meist komplexen Geometrie von Antennen sowie der elektromagnetischen Wechselwirkung zwischen den Antennenelementen nur selten möglich ist, werden numerische Diskretisierungsverfahren, wie die Methode der finiten Elemente (FE), verwendet. Da die resultierenden Modelle von hoher Dimension sind, führt ihre Auswertung in Optimierungsverfahren zu sehr hohem Rechenaufwand.

Um den numerischen Aufwand zu reduzieren, wird im vorliegenden Beitrag ein effizientes Feldsimulationsverfahren vorgestellt. Hierzu wird aus dem FE-Modell unter Zuhilfenahme projektionsbasierter Modellordnungsreduktion sowie der Empirischen Interpolationsmethode ein reduziertes Modell konstruiert und zur numerischen Optimierung der Steuerungsparameter für eine gewünschte Richtcharakteristik eingesetzt.



09:20 – 09:40 Uhr: KHT2015-B-03

Yun Ouédraogo, Erion Gjonaj, Herbert de Gersem, Thomas Weiland,
(Technische Universität Darmstadt, Germany)

Coupled Simulations of Electrically Driven Fluid Flow

In droplet electrohydrodynamics problems, the fluid flow under the influence of strong electric fields modifies droplet geometry, affecting in turn the field distribution. In presence of dielectric solids, the geometry at the contact line between the droplets, the surrounding fluids and the dielectrics may lead to field enhancement, increasing the risks of electrical discharges. The forces induced by the polarization of the droplet and the presence of charges can furthermore lead to topology changes of the phase boundaries, as is the case in droplet break-up. We study these conditions for two cases: first, droplets oscillating on the surface of power line insulators, and second, the induced break-up of a droplet in an electrically controlled droplet generator.

Both the electric and hydrodynamic problems are solved using the Volume of Fluid (VOF) method. This approach, originally designed for multiphase fluid dynamics problems, does not rely on explicit interface reconstruction, so that topology changes do not require special care. The simulations are performed using OpenFOAM, an open source Computational Fluid Dynamics package. In order to account for the presence of solids, the computational domain is split into two communicating and partially overlapping sub domains. On the first domain, the incompressible Navier-Stokes equations are solved for the mixture of fluids using the VOF approach, where the volume fraction of the fluids in each cell defines the local material properties. On the second domain, which includes both the fluids and solids, the electroquasistatic problem is solved using the local electric properties calculated from the volume fractions. The two equations are coupled through the forces resulting from the polarization of the fluids and the presence of charges, as well as the geometrical changes.

10:00 – 10:20 Uhr: KHT2015-B-04

Herbert De Gersem, Sebastian Schöps,
(Technische Universität Darmstadt, Germany)

Finite-Element Techniques for Foil-Winding Modelling

In comparison to standard wire windings, foil windings have beneficial thermal properties and are easier to construct. Hence, they get increasing application in inductors and transformers. At elevated frequencies, however, the currents get redistributed towards the foil tips, causing hot spots and decreasing performance. Simulating these effects requires the individual foil-winding turns to be resolved by the finite-element mesh, which leads to unnecessary large models. In the talk, a so-called foil-conductor model is developed. The winding is represented by a bulk material with homogenised material properties. The voltage drop along the turns is discretised by dedicated finite-element shape functions. The condition that each turn carries the same current is applied in a weak sense. The 2D and 3D examples show substantial gain of computational efficiency with respect to a standard finite-element approach.

10:20 – 10:40 Uhr: KHT2015-B-05

Jacopo Corno^{1,2}, Andreas Pels¹, Carlo De Falco², Sebastian Schöps¹,
(¹Technische Universität Darmstadt, Germany, ²Politecnico di Milano, Italy)
On the Use of Isogeometric Analysis in Electrical Engineering

Isogeometric analysis (IGA) is a comparatively new variant of finite elements using (Non-Uniform Rational) B-Splines for the geometry mapping and as basis functions. It was introduced by Hughes et al. in 2009 while an H(curl) conforming B-spline basis was recently introduced by Buffa et al. in 2010. The main advantages of IGA is bridging the gap between CAD and CAE, i.e., it allows the domain geometry to be described exactly even at the coarsest level of mesh refinement. Furthermore, the usage of a spline framework allows to increase the global smoothness of the solution to an arbitrary degree, this is in contrast to the finite elements where the solution is typically only globally continuous.

This contribution will discuss the advantages of IGA using two examples: the problem of (de)tuning the 9 cell TESLA Cavity and in the geometry optimization of a Stern-Gerlach magnet. In the first case the mechanical deformation of a superconductive cavity is simulated due to the electromagnetic pressure. A highly accurate solution of the coupled electromagnetic-mechanic problem is obtained by IGA. The formulation exploits the isoparametric concept, i.e., the mechanical deformation is computed using basis functions from the same space that is used for the geometry mapping of the electromagnetic eigenvalue problem. In the case of the Stern-Gerlach magnet the optimization is carried out using a magnetostatic model formulated in terms of the magnetic vector potential where the quantity of interest is the average magnetic field gradient, i.e., the second derivative of the unknown. It is shown how the solution benefits from the B-spline basis that allows a smooth evaluation even across elements.

10:40 – 11:00 Uhr: KHT2015-B-06

S. B. Adrian^{1,2}, F. P. Andriulli², T. F. Eibert¹,

(¹Technische Universität München, Germany, ²Institut Mines-Télécom / Télécom Bretagne, France)

Laplace-Matrizen-basierte Vorkonditionierung der Elektrischen Feldintegralgleichung

Die elektrische Feldintegralgleichung, die zur Lösung von Streu- und Abstrahlungsproblem verwendet wird, ist schlecht konditioniert, wenn sie im Rahmen des Galerkin-Verfahrens mit einer Riesz-Basis diskretisiert wird: Wenn die Anzahl der Unbekannten durch eine Verfeinerung des Gitters erhöht oder wenn die Frequenz verringert wird, wächst die Konditionszahl der Systemmatrix.

In der Vergangenheit wurden verschiedene Strategien zur Vorkonditionierung der Systemmatrix vorgestellt. Zu den effektivsten Techniken gehören Vorkonditionierer, die die Calderón-Identität verwenden [1]–[4]. Hierbei wird die Selbstregularisierungseigenschaft des elektrischen Feldintegralgleichungsoperators ausgenutzt. Dazu ist allerdings eine zweite Diskretisierung des elektrischen Feldintegralgleichungsoperators mit dualen Basisfunktionen notwendig, zum Beispiel mit den Buffa-Christiansen Funktionen [2], die mit Hilfe des baryzentrisch verfeinerten Gitters definiert werden. Durch die Verwendung des baryzentrisch verfeinerten Gitters erhöht sich allerdings die Anzahl der Unbekannten um etwa den Faktor sechs, was sich in einer Erhöhung der Rechenzeit und des Speicherverbrauchs um mindestens den gleichen Faktor auswirkt.

Zusätzlich ist das resultierende System nicht hermitesch, unabhängig davon, ob ein Calderón-Vorkonditionierer verwendet wird oder nicht. Dadurch können Techniken, die speziell zur Lösung von hermiteschen System entwickelt wurden, nicht verwendet werden, Techniken, die wünschenswerte Eigenschaften haben, wie etwa eine garantierte Konvergenz.

In diesem Beitrag wird ein Calderón-ähnlicher Vorkonditionierer vorgestellt, der keine zweite Diskretisierung des elektrischen Feldintegralgleichungsoperators mit dualen Basisfunktionen benötigt. Stattdessen werden Laplace-Matrizen zur Vorkonditionierung verwendet. Die dadurch entstehende Systemmatrix ist hermitesch, wodurch die Verwendung des konjugierten Gradientenverfahrens ermöglicht wird. Ebenso werden Applikationen im Bereich der direkten Löser vorgestellt.

[1] S. H. Christiansen und J.-C. Nédélec, „A Preconditioner for the Electric Field Integral Equation Based on Calderon Formulas“, *SIAM Journal on Numerical Analysis*, Bd. 40, Nr. 3, S. 1100–1135, Jan. 2002.

[2] A. Buffa und S. H. Christiansen, „A Dual Finite Element Complex on the Barycentric Refinement“, *Mathematics of Computation*, Bd. 76, Nr. 260, S. 1743–1770, Okt. 2007.

[3] F. P. Andriulli, K. Cools, H. Bagci, F. Olyslager, A. Buffa, S. Christiansen, und E. Michielssen, „A Multiplicative Calderon Preconditioner for the Electric Field Integral Equation“, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Bd. 56, Nr. 8, S. 2398–2412, Aug. 2008.

[4] F. P. Andriulli, K. Cools, I. Bogaert, und E. Michielssen, „On a Well-Conditioned Electric Field Integral Operator for Multiply Connected Geometries“, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Bd. 61, Nr. 4, S. 2077–2087, Apr. 2013.

11:00 – 11:20 Uhr: KHT2015-B-07J. Dutiné¹, M. Clemens¹, C. Richter¹, S. Schöps², G. Wimmer³,(¹Bergische Universität Wuppertal, Germany, ²Technische Universität Darmstadt, Germany, ³Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt, Germany)**Explicit time integration of eddy current problems with a weakly gauged Schur complement vector potential formulation**

For the numerical calculation of nonlinear magnetodynamic eddy current problems as they occur e.g. in simulations of electrical machines or magnetic actuators, a discretization of the magneto-quasistatic vector potential field formulation yields a differential-algebraic system of equations of differentiation index 1. It is infinitely stiff, which is due to the algebraic component in the air region. Because of this infinite stiffness, time integration is only possible by utilization of implicit time integration methods, such as the implicit Euler or Singly-Diagonally Implicit Runge-Kutta (SDIRK) schemes.

However, it is possible to use explicit time integration schemes, if the differential algebraic equation system is transformed into a system of ordinary differential equations. In order to achieve this, the degrees of freedom are first sorted into two vectors depending on whether they belong to elements in conductive or non-conductive material, and then applying the Schur-complement, as already described in [1] and [2]. The resulting system of ordinary differential equations is not only significantly less stiff, but also has fewer unknowns, i.e., only those associated with the conductive material. In the Schur complement formulation a (pseudo-)inverse is required related to the (singular) curl-curl operator of free space. So far, the curl-curl-matrix has been regularized by a grad-div-gauge [1], [2]. In this paper a new approach is presented, where the regularization is avoided computing a pseudo-inverse of the curl-curl-matrix by the use of the conjugate-gradient method.

Numerical results for real world examples from the TEAM benchmark suite underline the feasibility and promise high efficiency gains. Furthermore, it is shown that the calculation of the pseudo-inverse matrix is robust against the choice of the starting vector in the conjugate gradient method and that this procedure is a suitable alternative to a grad-div-regularization.

(This work was supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) under grant no. CL143/11-1)

[1] M. Clemens, S. Schöps, H. De Gersem, A. Bartel, „Decomposition and regularization of nonlinear anisotropic curl-curl DAEs“, COMPEL, vol. 30, no.6, 2011, pp. 1701-1714

[2] S. Schöps, A. Bartel, M. Clemens, “Higher Order Half-Explicit Time Integration of Eddy Current Problems Using Domain Substructuring”, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 48, no. 2, 2012, pp. 623-626



13:00 – 15:00 Uhr: B Fields and Waves

Sitzungsleiter: [Ralph Rasshofer](#)

13:00 – 13:20 Uhr: KHT2015-B-08

Timo Hanke^{1,2}, Nils Hirsenkorn², Bernhard Dehlink¹, Andreas Rauch¹, Ralph Rasshofer¹, Erwin Biebl²,
(¹BMW AG, Germany, ²Technische Universität München, Germany)

Statistische Evaluierung der Umfeld erfassungssensorik im Fahrzeug

Zukünftige Fahrzeuge werden einen stetig wachsenden Anteil der Fahraufgabe selbstständig übernehmen können. Während aktuelle Fahrerassistenzsysteme im Wesentlichen unterstützend wirken, bedingt das teil- und hochautomatisierte Fahren einen Positionswechsel. Das Fahrzeug entlastet dabei den Fahrer und übernimmt zeitweise größtenteils (teilautomatisiert) oder vollständig (hochautomatisiert) die Fahraufgabe.

Damit einhergehend stellen sich neue Herausforderungen für die Fahrzeugsysteme. Einen wesentlichen Beitrag muss insbesondere die Sensorik zur Fahrzeugumfelderfassung, bestehend unter anderem aus Radar-, Lidar- und Kamerasystemen, leisten. Eine umfassende Erkennung und Klassifizierung von statischer Umgebung und relevanten dynamischen Verkehrsteilnehmern muss zu jeder Zeit sichergestellt werden, da vom Fahrzeug teils sicherheitskritische Entscheidungen getroffen werden müssen.

Der dadurch enorm gestiegene Bedarf an Komponenten- und Systemtests während Entwicklung und Absicherung lässt sich allein mit traditionellen Methoden, welche auf einer großen Anzahl von Testkilometern im Versuchsfahrzeug beruhen, nicht mehr ausreichend bedienen. Die Verlagerung von Teilumfängen in eine virtuelle Umgebung bietet die Möglichkeit eine große Anzahl an Strecken und Szenarien in der Simulation abzufahren und kann so Abhilfe schaffen.

Um aussagekräftige Daten aus der Simulation zu bekommen, ist eine hohe Realitätstreue erforderlich. Dies betrifft insbesondere die Fahrzeugsensorik als Schnittstelle zwischen realer Welt (Umgebung) und der Logik der Fahrzeugsoftware. In der virtuellen Welt wird diese Schnittstelle durch Sensormodelle abgebildet, welche die Sensoreigenschaften möglichst realitätsgetreu reproduzieren.

Damit die Sensormodelle den Anspruch der Realitätstreue erfüllen können, müssen die Eigenschaften der Fahrzeugsensorik im Detail bekannt sein. Zur Bestimmung dieser Eigenschaften werden Messfahrten durchgeführt, bei denen die Ausgabe der Fahrzeugsensorik (Messung von Position, Geschwindigkeit und Größe des Ziels) einer hochgenauen Referenzsensorik zur Ermittlung der Ground-Truth gegenübersteht. Auf Basis dieser Daten wird eine umfassende statistische Beschreibung für die Umfeld erfassung abgeleitet, welche den Ansatzpunkt für eine stochastische Modellierung der Sensorik bildet.

Bestandteil dieser Analyse ist eine Rekonstruktion der zugrunde liegenden Verteilungsdichtefunktion der Messabweichungen sowie deren stochastischer Momente. Es werden die Möglichkeiten untersucht die Verteilungsdichtefunktion durch bekannte Wahrscheinlichkeitsverteilungen mit klar definierten Parametern zu approximieren, mit dem Ziel ein einfaches parametrisches Modell ableiten zu können. Weiterhin wird durch Untersuchung der Autokorrelationsfunktion der Einfluss von Tracking und Filterung bestimmt, um diese dynamischen Effekte bei der Modellbildung berücksichtigen zu können.

Die Ergebnisse dieser statistischen Untersuchung werden genutzt, um Parameter bzw. Eingangsgrößen für entsprechende parametrische Sensormodelle zu bestimmen. Mit Hilfe dieser Modelle kann das Verhalten der Fahrzeugsensorik in der virtuellen Welt statistisch äquivalent reproduziert ermöglicht werden. Ebenso können auf Basis dieser Methodik Eignung und Leistungsumfang der Sensorik bewertet werden.



13:20 – 13:40 Uhr: KHT2015-B-09Nils Hirsenkorn¹, Timo Hanke^{1,2}, Andreas Rauch², Bernhard Dehlink², Ralph Rasshofer², Erwin Biebl¹,
(¹Technische Universität München, Germany, ²BMW AG, Germany)**Sensormodelle für die Virtualisierung der Umfelderkennung von Fahrerassistenzfunktionen**

Mit der zunehmenden Automatisierung im Fahrzeug nehmen die Anforderungen an die Entwicklung und Absicherung von Fahrerassistenzfunktionen stetig zu. Für die Absicherung bisheriger Assistenzfunktionen werden die Systeme im Realversuch über hunderttausende Kilometer getestet. Mit einem höheren Automatisierungsgrad nimmt die benötigte Strecke stark zu. Um der Komplexität von teil- oder vollautomatisierten Fahrfunktionen gerecht zu werden, soll ein Teil der Strecken in einer virtuellen Umgebung gefahren werden.

Diese Virtualisierung hat einige Vorteile: Einerseits kann die Umgebung vollständig kontrollierbar und reproduzierbar gesteuert werden. Zudem kann die Softwareentwicklung der Assistenzfunktionen von der Sensor-Hardwareentwicklung teilweise entkoppelt werden. Die Entkopplung erlaubt unterschiedliche und beschleunigte Entwicklungszyklen.

Eine besondere Herausforderung stellt die realitätsgetreue Abbildung der Eingangsgrößen für die Assistenzfunktionen dar. Eine zentrale Einflussgröße ist hierbei die Fahrzeugumfelderfassung. Diese stützt sich auf eine Vielzahl an Sensoren. Im Fokus dieser Arbeit steht die virtuelle Nachbildung von kommerziell verfügbaren Radar- und Lidar-Sensoren.

In diesem Beitrag werden mehrere Modellierungsansätze präsentiert. Einerseits handelt es sich um Modelle deren Verhalten anhand einzelner Parametern veränderbar ist. Zu dieser Klasse gehört beispielsweise stochastisches Rauschen oder die Beschränkung auf eine bestimmte maximale Sichtweite. Auf der anderen Seite werden datenbasierte Modelle vorgestellt, die aus einer Vielzahl an Messdaten das Sensorverhalten extrahieren. Hierzu werden Verfahren aus der nichtparametrischen Statistik (wie Kerndichteschätzung) angewandt. Diese sind in der Lage eine Vielzahl an Effekten ohne händische Modellierung abzubilden. Die Daten werden aus Messfahrten bezogen, bei denen die Messungen der zu untersuchenden Sensorik mit hochgenauer Referenzsensorik verglichen werden.

Abschließend werden die Modellierungsansätze gegenübergestellt und ihre Eignung für verschiedene Anwendungsgebiete aufgezeigt. Zudem werden die vorgestellten Modelle anhand Ihrer Realitätstreue bewertet: Mittels eines aus dem Chi-Square-goodness-of-fit-Tests motivierten Gütemaßes wird die Abweichung der statistischen Eigenschaften der Modelle im Vergleich zu Realdaten quantifiziert.

13:40 – 14:00 Uhr: KHT2015-B-10E.Özis¹, A.V.Osipov¹, T.F.Eibert²,(¹Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Germany, ²Technische Universität München, Germany)**Enhancing Microwave Radomes with Metamaterials**

Radomes are covers for protecting antennas against heavy weather conditions. Attenuation and various distortions caused by every real radome can decrease radar range, lead to directional errors or increase the radar clutter. Discontinuities of the radome and reflections in the interior of the radome can be strong reasons for distorting the antenna pattern [1-3]. Metamaterials bring more flexibility than conventional materials in radome design, leading to such features as improved transmission over a broader range of antenna scan angles, reconfigurable pass and reject frequency bands, polarization transformations, one-way transmission and switching ability.

Metamaterials are periodic structures with a unit cell size smaller than the wavelength. Their effective permittivity and permeability may have properties which are not encountered in natural materials [4-6]. Electrically small inclusions are embedded in a substrate and their dimensions, shapes, orientation, as well as the size of the unit cell can be changed to reshape the electromagnetic response of the metamaterial structure [5-7]. Ultra-thin metamaterials with planar inclusions, called meta-surfaces or meta-sheets [8-11], are particularly promising for radome applications. This paper describes several applications of metamaterials for improving antenna radiation patterns, shaping the bandwidth and making the radome tunable.

1. Skolnik M. I., Introduction to RADAR System, McGraw-Hill, New York, NY, USA, 1962.
2. Lo Y.T. and Lee S.W., Antenna Handbook: Special Topics, Volume IV, Chapman & Hall, NY, 1993.
3. Cady W.M., Karelitz M.B. and Turner L.A., Radar Scanners and Radomes, Massachusetts Institute of Technology Radiation Laboratory Series, Vol.26, McGraw-Hill, 1948.
4. Lovat G., Burghignoli P., Capolino F., Jackson D.F. and Wilton D.R., "Analysis of Directive Radiation from a Line Source in a Metamaterial Slab with Low Permittivity", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol.54, No.3, 2006.
5. Engheta, N. and Ziolkowski R. W., Metamaterials: Physics and Engineering Explorations, Wiley-IEEE Press, 2006.
6. Capolino, F. (ed), Metamaterials Handbook : Theory and Phenomena of Metamaterials, Taylor & Francis, 2009.
7. Gorkunov M.V., Shadrivov I.V., Kivshar Y.S., "Enhanced Parametric Processes in Binary Metamaterials", Applied Physics Letters, Vol.88, No.071912, 2006.
8. Holloway C. L., Kuester E.F., Gordon J.A., O'Hara J., Booth J. and Smith D.R., "An Overview of the Theory and Applications of Metasurfaces: The Two-Dimensional Equivalents of Metamaterials ", Antennas and Propagation Magazine IEEE, Vol.54, No.2, pp.10-35, 2012.
9. Ding K., Xiao S. Y., and Zhou L., "New Frontiers in Metamaterials Research: Novel Electronic Materials and Inhomogeneous Metasurfaces", Frontiers Phys., Vol.8, pp. 386–393, 2013.
10. Sun S., He Q., Xiao S., Xu Q., Li X., and Zhou L., "Gradient-index Meta-surfaces as a Bridge Linking Propagating Waves and Surface Waves", Natural Materials, Vol.11, pp. 426–431, 2012.
11. Li X., Xiao S., Cai B., He Q., Cui T. J., and Zhou L., "Flat Metasurfaces to Focus Electromagnetic Waves in Reflection Geometry", Optics Letters, Vol. 37, No.23, pp. 4940–4942, 2012.

14:00 – 14:20 Uhr: KHT2015-B-11

Gerhard Greving,
(NAVCOM Consult, Germany)

Störungen von Navigationssystemen durch Streufelder von Streuobjekten - Aspekte für numerische Berechnungen und Messungen

Heutige klassische Navigationssysteme, z.B. das VOR-, NDB und TACAN/DME-System, basieren auf der Abstrahlung in bestimmter Form inhaltskodierter elektromagnetischer Wellen. Objekte im direkten primären Strahlungsfeld dieser Systeme führen zu einer parasitären Streustrahlung, die sich mit der primären Abstrahlung überlagert und die ursprünglich abgestrahlte Information verändert. Werden durch die Effekte dieser Überlagerung die internationalen Spezifikationen der ICAO verletzt, stellt dies eine Störung des jeweiligen Systems dar.

Die Nutzung dieser Systeme ist in der Regel durch stark unterschiedlich schnell fliegende Objekte gegeben, z.B. durch Hubschrauber, Propellerflugzeuge und Jets.

Die ICAO hat aus grundsätzlichen Überlegungen heraus die Eigenschaften dieser Systeme als „Signal im Raum“ („signal in space“) definiert und hat die zusätzlichen Effekte durch die Messungen selbst oder durch die Messgeräte ausgeklammert. Je nach System können durch die Art der Messung verfälschende Effekte entstehen, die in den numerischen Berechnungen oder den Messungen betrachtet werden können.

Ein wichtiger Aspekt ist die Bewegung des Flugzeugs und die Dislokation der Systemantenne und der streuenden Objekte, woraus sich die Interferenzfelder ergeben mit entsprechenden Amplituden- und Phasenvariationen im Raum. Diese Interferenzfelder sind zunächst grundsätzlich stationär, wenn sich die Randbedingungen nicht ändern. Im Falle von Windkraftanlagen und drehender Rotoren ändern sich die Randbedingungen sehr langsam gegenüber der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen. Dopplerfrequenzbetrachtungen für die Interferenzfelder stellen hierbei keine zusätzliche physikalische Eigenschaft dar, sondern sind nur eine andere Betrachtungsweise der Interferenzfelder bei sich bewegenden Messpunkten.

Fliegt ein Flugzeug mitsamt des eingebauten Empfängers mit einer bestimmten Geschwindigkeit, einer bestimmten Richtung, einer bestimmten Empfangsantenne, einer bestimmten Samplingrate und bestimmten Filtereigenschaften durch diese Interferenzfelder, so können sich zusätzliche Effekte ergeben, die streng nach der ICAO-Definition nicht im „Signal im Raum“ enthalten sind und durch die



Details der Messung als „unerwünschte Messeffekte“ abhängig von den Messparameter zu interpretieren und ggf. zu identifizieren sind. Es ist unmittelbar ersichtlich, dass diese zusätzlichen Effekte von einer Vielzahl von Mess-Parametern abhängen.

Die numerischen Berechnungen des jeweiligen Systemparameters auf einer Kurve im Raum werden durch eine Folge von Feld- und Systemberechnungen in Raumpunkten durchgeführt. Die Bewegung und Geschwindigkeit des Flugzeugs selbst und die hieraus resultierenden zusätzlichen Effekte werden hierbei vernachlässigt. Diese werden im Sinne der ICAO von den begrenzten Messtoleranzen erfasst.

Es werden systematische numerische Berechnungsergebnisse und Vergleiche mit Messungen zur Verdeutlichung der beschriebenen Zusammenhänge insbesondere für das VOR-System gezeigt.

14:20 – 14:40 Uhr: KHT2015-B-12

Yvonne Späck-Leigsnering, Erion Gjonaj, Herbert de Gerssem, Thomas Weiland, Moritz Gießel, Volker Hinrichsen,

(Technische Universität Darmstadt, Germany)

Gekoppelte Simulation des elektro-thermisch stabilen Dauerbetriebszustandes eines 550-kV-Freiluftableiters

Überspannungsableiter schützen elektrische Anlagen vor Blitz- und Schaltüberspannungen. Sie durchlaufen im Entwicklungsprozess umfassende Tests und müssen höchsten Sicherheitsansprüchen genügen. Hierbei rückt die Analyse durch numerische Feldsimulation verstärkt in das Blickfeld der Ingenieure. Das spannungsbegrenzende Verhalten von Ableitern wird durch die nichtlineare, feld- und temperaturabhängige Leitfähigkeit und Permittivität des Materials Zinkoxid (ZnO) verursacht. Daher gilt es insbesondere, die Verschiebung des Arbeitspunktes in der Strom-Spannung-Kennlinie des Materials bei Erwärmung des Ableiters zu berücksichtigen. Dies erfordert ein detailliertes thermisches Modell des Porzellanengehäuseableiters unter Berücksichtigung von Wärmeleitung, natürlicher Konvektion und Wärmestrahlung. Hierzu führen wir eine äquivalente Leitfähigkeit für den Wärmeübergang im Ableiterluftspalt, d.h. im Ringspalt zwischen der ZnO Säule und dem Porzellanengehäuse, ein. Daneben wird ein gekoppelter, elektro-quasistatisch-thermischer 2D-Finite-Elemente-Methode Simulationsansatz vorgestellt. Da die Zeitkonstanten des elektrischen und thermischen Teilproblems um mehrere Größenordnungen auseinanderliegen und das Ableiterverhalten über mehrere Stunden betrachtet werden soll, wird ein Multiratenverfahren zur Berechnung des gekoppelten Problems vorgeschlagen. Transiente Simulationen werden für einen 550-kV-Ableiter unter Dauerspannung, der an der TU Darmstadt experimentell untersucht wird, analysiert. Eine effiziente Berechnung des stationären Zustandes wird durch das Multiratenverfahren ermöglicht. Die Ergebnisse zeigen, dass die experimentell ermittelten Materialcharakteristiken des ZnO ebenso wie das auf den Prüfling angepasste thermische Modell einen erheblichen Einfluss auf den stationären Zustand haben. Die Verwendung gemessener Materialcharakteristiken wird demzufolge als sehr wichtig eingestuft. Der Vergleich von gemessener und simulierter stationärer Temperaturverteilung im Ableiter zeigt eine sehr gute Übereinstimmung. Die vorgestellten Ergebnisse bilden die Grundlage für weiterführende Untersuchungen zur thermischen Stabilität von Überspannungsableitern.

14:40 – 15:00 Uhr: KHT2015-B-13

Gerhard Hamberger¹, Stefan Trummer², Uwe Siart¹, T. F. Eibert¹,

(¹Technische Universität München, Germany, ²Astyx GmbH)

Untersuchung eines Antennenelementes zur Verwendung in einem planaren, zweifach linear polarisiertem Antennenarray

In der mobilen Kommunikation werden immer größere Datenpakete gesendet und empfangen. Bei einer Steigerung der Datenmenge ist eine Erhöhung und Vergrößerung des Nutzfrequenzbandes oft unumgänglich. Mögliche Nutzbänder befinden sich in den mm-Wellen Spektren zwischen 30 GHz und 300 GHz. Besonders für WLAN und 5G Anwendungen ist die Erschließung des 60 GHz Bandes sehr interessant [1,2]. Aufgrund der steigenden Signalfrequenzen und der damit einhergehenden schwierigeren Übertragungseigenschaften durch Freiraum-, Atmosphären- und Regendämpfung, geringere Beugung an Hindernissen und starkem Phasenrauschen, ist eine hohe Antennendichte zur



vollständigen Netzabdeckung zu erwarten. Voll integrierbare, planare Antennenstrukturen werden in Zukunft die primäre Wahl sein, um die Sendeanordnungen möglichst gut verbergen zu können. Um die Sendeleistung möglichst effizient zu nutzen, bieten sich vor allem Fan-Beam Antennen an, die in Azimut eine breite und in Elevation eine schmale Richtcharakteristik aufweisen. Um diese Fernfeldcharakteristik zu erreichen, bietet sich ein eindimensionales Antennenarray in Vertikalrichtung an. Diese Anordnung findet auch bei derzeitig eingesetzten Basisstationsantennen Verwendung [3]. Zusätzlich sollen zwei unabhängige Polarisierungen unterstützt werden. Besonderes Augenmerk wird auf die Leistungsaufnahme des Einzelements gelegt, da über diese innerhalb einer Arrayanordnung die Amplitudenverteilung zur Nebenkeulenunterdrückung realisiert wird.

Die betrachtete Antenne basiert auf einem Rogers 4350B Hochfrequenzsubstrat mit einer Substrathöhe von 0,254 mm und einer Dielektrizitätszahl von 3,66 und wird im ISM Band bei 24 GHz untersucht. Die Simulationen wurden in CST Microwave Studio [4] durchgeführt. Das Mikrostreifenelement ist quadratisch ausgeführt, um die gleiche Resonanzfrequenz für beide Polarisierungen zu erhalten. Dies führt außerdem zu einer symmetrischen Antennengeometrie, wodurch sich bei der Analyse der Einheitszelle zusätzliche Vereinfachungen ergeben. Der Bezugswellenwiderstand wird zu 50 Ω gewählt. Die Speiseleitungen, von welchen die Zuleitungen zu den Antennenelementen innerhalb des Arrays abzweigen, werden mit 50 Ω Wellenimpedanz ausgeführt, um eine zusätzliche Impedanztransformation zu vermeiden. Die Mikrostreifenleitungen zu den Patchelementen können beliebige Wellenwiderstände aufweisen, um die Eingangsimpedanzen der Einheitszellen variabel zu gestalten. Dieser Freiheitsgrad führt zu einer Veränderung der jeweiligen Eingangsreflexionsfaktoren, wodurch eine Gewichtung der Einzelemente und daraus resultierend eine Formung der Amplitudenverteilung im Array möglich ist. Die Impedanztransformation an den Patchelementen führt zu einer Veränderung der Phasenlage der Eingangsreflexionsfaktoren, wodurch eine Änderung der Länge der Speiseleitung notwendig ist, da diese die Phasenlage an den nachfolgenden Abzweigungspunkten innerhalb des Arrays bestimmen. Um eine konstruktive Überlagerung in Richtung des Substrat-Normalenvektors zu erreichen, werden die Phasendifferenzen zwischen den Patchelementen innerhalb des Arrays minimiert. Aufgrund der festen Mikrostreifen-Speiseleitung wird die Phasenlage der Einzelemente im Array nicht nachgestellt, wodurch die Einstellung der Phasenlage nur für einen Frequenzpunkt möglich ist. Innerhalb eines Frequenzbandes kommt es so zu Verschiebungen der Hauptstrahlrichtung in Elevation, wobei die gewünschten Phasenbeziehungen für die Mittenfrequenz eingestellt werden müssen. Die Halbwertsbreite in Elevationsrichtung ist durch die Anzahl der Einzelemente bestimmt und kann variiert werden.

Nach der Synthese von mehreren geeigneten Einheitszellen zu einer Antennenspalte kann diese wiederum als Grundelement für strahlschwenkende Anwendungen dienen. Dazu wird die Antennenspalte mehrfach nebeneinander angeordnet und durch geeignete Phasendifferenzen zwischen den Einzelspalten kann der Strahl in Azimut geschwenkt werden. Dies führt zu einer weiteren Vielfalt an Einsatzmöglichkeiten für das Antennenarray und damit einhergehend der Einheitszelle.

[1] Daniels, Robert C., and Robert W. Heath Jr. "60 GHz wireless communications: Emerging requirements and design recommendations". Vehicular Technology Magazine, IEEE 2.3 (2007): 41-50.

[2] Andrews, Jeffrey G., et al. "What will 5G be?". Selected Areas in Communications, IEEE Journal on 32.6 (2014): 1065-1082.

[3] Scholz, Peter, Kathrein-Werke KG "Mobilfunk-Antennentechnik". [Online]. Available: <https://www.kathrein.de/fileadmin/media/content/08-Mobilfunkantennensysteme/mobilfunk-antennentechnik.pdf>.

[4] CST Computer Simulation Technology, Microwave Studio 2014. Darmstadt, Germany. [Online]. Available: <http://www.cst.com>.



15:20 – 16:00 Uhr: B Fields and Waves

Sitzungsleiter: [Ralph Rasshofer](#)

15:20 – 15:40 Uhr: KHT2015-B-14

Markus Lehner, Michael Eberhardt, Alois Ascher, Erwin Biebl,
(Technische Universität München, Germany)

Adaptive impedance tuning of ceramic chip antennas for wildlife applications

In wildlife applications like fawn saving and rescuing active UHF transponder are attached in close proximity to tissue of an animal. Here, an impedance detuning occurs which reduces radiated power and therefore, the communication distance. Simulations and measurements have shown a significant resonance frequency shift. In addition, the radiation pattern is influenced strongly by reflection and absorption of the electromagnetic energy in the dielectric volume. The Canadian Standard phantom model was used to emulate the animal body. The impedance values vary a lot when the environmental conditions change, for instance the animal lying on the ground or in wet grass. A predefined area in the smith chart including all possible values has to be covered for adapting impedance. Different impedance matching network topologies have been simulated to enable best matching for the investigated scenarios. An adaptive impedance tuning approach could be realized with digital tunable capacitors in Pi configuration. Potential scenarios have been tested with a muscle-like phantom model and a monopole ceramic chip antenna. The functionality has been validated with an incremental algorithm for the digital tunable capacitors.

15:40 – 16:00 Uhr: KHT2015-B-15

Thomas Wächter¹, Uwe Siart¹, Thomas Eibert¹, Stefan Bonerz²,
(¹Technische Universität München, Germany, ²Ott-Jakob Spanntechnik GmbH, Germany)

Extended Kalman Doppler Tracking and Model Determination for Multi-Sensor Short-Range Radar

Kalman filtering techniques are very powerful for radar target tracking. Based on target state estimation and prediction, the spatial position as well as the velocity is rendered into a continuing trajectory. Thereby real targets are separated from sporadically recurrent false alarms. This improves clutter suppression and also yields threat detection and prediction, for instance in collision warning applications. Appropriate modelling of kinematics as well as noise statistics is required for optimal tracking results on the basis of inevitable uncertainties within the measured data.

In this contribution, we put forward a tracking solution for collision avoidance in industrial machine tools based on short-range millimeter-wave radar Doppler observations. At the core of the tracking algorithm, there is an Extended Kalman Filter that provides dynamic estimation and localization in real-time. The underlying radar platform consists of several homodyne continuous wave (CW) radar modules. Based on IQ down-conversion, they provide nothing else but Doppler-based information about radial velocities of the detected targets. Position estimation from radial velocities is a nonlinear problem that needs to be linearized before Kalman techniques can be applied. The accuracy of tracking and state estimation depends highly on the degree of nonlinearity, the initialization and the model basis of the filter algorithm.

The important issue of consistency is addressed and an initialization procedure for nonlinear Doppler shift measurements based on sequential polynomial data fitting is suggested. Target states with utmost probability in the installation space of machine tools are discussed. Models for both measurement and process noise are developed. They consider properties of the used radar modules as well as a-priori known properties of the machine tool, such as constraints and limitations for velocity and acceleration. Effects of deviations from Gaussian statistics are investigated and compared within different three-dimensional simulation scenarios.

Tracking results from various three-dimensional courses of movement at short distances just in front of a multi-sensor radar platform are presented and simulated data is contrasted with data from real measurements.

