

Liebe ITG Mitglieder,

2020 – ein Jahr, das uns viel abverlangt hat – ist geschafft. Ich glaube, dass ich für viele spreche, wenn ich sage: „Zum Glück“. Nun gilt es, optimistisch ins neue Jahr zu blicken und sich den Herausforderungen zu stellen.

Die COVID-19-Krise hat uns die Bedeutung und Chancen der Digitalisierung für die Industrie, aber vor allem auch für die Gesellschaft deutlich vor Augen geführt. Guten Breitband- und Mobilfunknetzen kommt hierbei eine zentrale Rolle zu. Die ITG leistet hierzu nicht nur durch ihre Facharbeit, sondern auch durch Unterstützung der Ausbildung

der benötigten Fachkräfte für den Breitbandausbau einen wichtigen Beitrag.

In dieser Ausgabe beschäftigen wir uns aber nicht nur mit „nahe liegenden“ Problemen, sondern werfen auch einen Blick in die Ferne. Die zurzeit hochaktuelle Vernetzung durch Satelliten

und fliegende Plattformen und sogar der Aufbau eines LTE-Netzes auf dem Mond sind weitere Themen.

Viel zu tun also für den neu gewählten Vorstand, der auf Seite 3 vorgestellt wird. Mein besonderer Dank gilt

dem bisherigen Vorstand für die gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit.

Die COVID-19-Krise hat uns die Bedeutung und Chancen der Digitalisierung für die Industrie, aber vor allem auch für die Gesellschaft deutlich vor Augen geführt.



Ich wünsche Ihnen allen ein gutes und gesundes neues Jahr,
Ihr

PROF. DR.-ING. HANS SCHOTTEN
ITG Vorsitzender

INITIATIVE „GREMIENVERBUND BREITBAND“

Breitbandausbau: Fachkräftepotenzial optimal ausschöpfen

Mit der Gründung der Initiative „Gremienverbund Breitband“ wollen rbv, VDE DKE + ITG sowie ZVEH das Schulungsangebot im Bereich Breitband vereinheitlichen und die Qualifizierung dringend benötigter Fachkräfte vorantreiben. Gemeinsam erarbeitete, bundesweit einheitliche Standards sollen für mehr Transparenz im Bildungsbereich sorgen und dem Gigabitausbau in Deutschland neue Impulse geben.

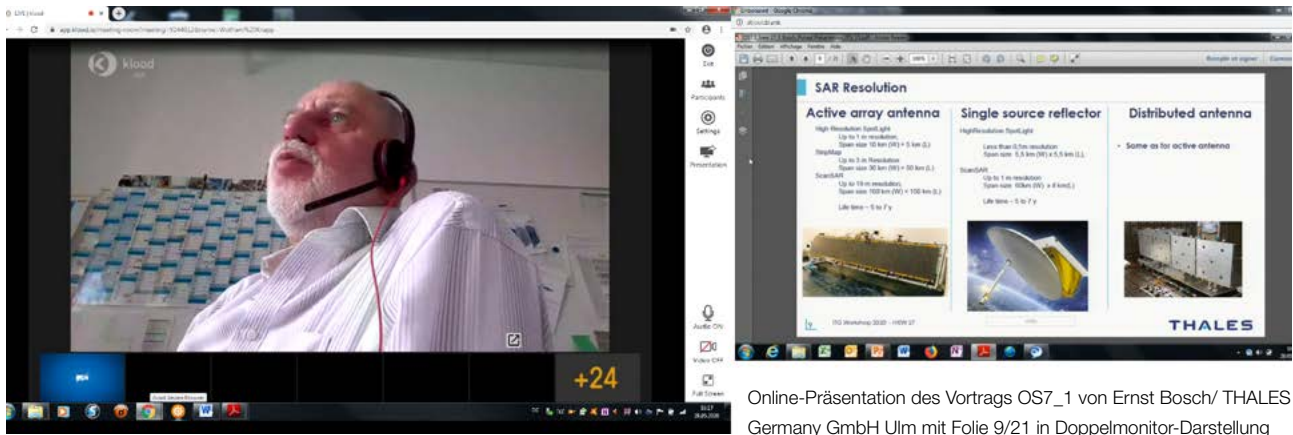
Der Beirat, in dem alle relevanten Interessengruppen vertreten sind, hat seine Arbeit nach der konstituierenden Sitzung, die am 5. November 2020 in Frankfurt am Main stattfand, aufgenommen, um alle Kräfte in Sachen Fachkräfterekrutierung noch besser zu bündeln.

Weitere Informationen dazu finden Sie unter:

// www.vde.com/de/itg

Inhalt

Meldungen	02
Personalia	03
Thema	
Weltraum-Kommunikationsnetze	04
Preise/Termine	12



Online-Präsentation des Vortrags OS7_1 von Ernst Bosch/ THALES Germany GmbH Ulm mit Folie 9/21 in Doppelmonitor-Darstellung

IVEW 2020 & IVESC 2020

Virtuelle Doppel-Konferenz unter Leitung des ITG FA MN6 erfolgreich realisiert

Die gemeinsame Konferenz 7th ITG International Vacuum Electronics Workshop 2020 (IVEW 2020) and 13th International Vacuum Electron Sources Conference 2020 (IVeSC 2020) wurde vom 26. bis 29. Mai 2020 erfolgreich vom ITG Fachausschuss MN6 „Vacuum Electronics and Displays“ und dem „European Steering Committee of IVeSC“ organisiert und durchgeführt, allerdings nicht wie geplant und schon traditionell für IVEW im Physikzentrum Bad Honnef (PBH), sondern als virtuelle Konferenz.

Die Veranstaltung war in mehrfacher Hinsicht ein Novum. Die Neuheiten betrafen:

- erste gemeinsame Konferenz der 7th IVEW und 13th IVeSC, wie vor zwei Jahren während des 6th IVEW geplant;
- erste virtuelle Konferenz-Durchführung, der COVID-19-bedingten Schließung des PBH geschuldet;
- erste kostenlose Konferenz, wegen der kurzfristigen Umstellung auf eine virtuelle Veranstaltung.

Letzteres war möglich, weil Thales AVS France und das Karlsruhe Institute of Technology (KIT) uns als Sponsoren unterstützt haben. Nur wenige Wochen vor der Durchführung gab es noch Überlegungen zur Absage bzw. Verschiebung der Veranstaltung in den Herbst 2020, was aus heutiger Sicht fatal gewesen wäre. Mit dem Angebot des ersten Sponsors konnte die Infrastruktur eines Firmen-Studios in Paris für die virtuelle Veranstaltung genutzt werden. Vielen Dank meinen Chairman-Kollegen Jean-Michel Roquais mit seinem Thales-Team vor Ort für das Studio-Management und Manfred Thumm für die Programmgestaltung und der Pflege unserer Homepage während der hochdynamischen Vor- und Durch-

führungsphase. Die Erfahrungen hinsichtlich der Durchführung einer virtuellen Konferenz werden derzeit auch für unsere Sitzungen des ITG Fachausschusses genutzt.

Für die Statistik der virtuellen Veranstaltung: 69 Abstracts wurden eingereicht, davon wurden 42 Vorträge und 20 Poster präsentiert. Die Proceedings of Virtual IVEW & IVeSC 2020 beinhalten insgesamt elf Oral Sessions (OS) und zwei Poster Sessions (PS) mit den fachlichen Schwerpunkten (Konferenzsprache Englisch):

- OS1 History and Perspectives of Vacuum Electronics and Electron Emission (Field + Thermionic Emission);
- OS2 + OS5 Thermionic Cathodes I + II;
- OS3 + OS4 Gyrotrons I + II;
- OS6 + OS11 Field Emission I + II;
- OS7 Traveling Wave Tubes;
- OS8 Vacuum Interrupters, Break-downs;
- OS9 Photocathodes and High-Brightness Cathodes;
- OS10 Electron Optics Design, Electron Transport, Photocathodes, THz Devices;
- PS1 Thermionic Cathodes, Traveling Wave Tubes, and Vircator, Field Emission I;

- PS2 Gyrotrons, Traveling Wave Tubes, Field Emission II.
- Damit waren beide Konferenzen etwa gleichwertig vertreten, auch von den fachlichen Inhalten, die von 50-A-Kathoden bis zu THz-Anwendungen reichen. Alle Informationen zur Veranstaltung, die Abstracts, Vortragsfolien und Poster sind auf der Homepage des ITG FA MN6 zu finden: http://www.ihe.kit.edu/kooperationen_itg.php.

Ich möchte mich bei allen Vortragenden bedanken, ohne deren Mitwirken, Einsatz und Kompetenz diese hochwertige Fachveranstaltung nicht zustande gekommen wäre. Natürlich haben wir die persönlichen Fachdiskussionen vermisst, auch während der geplanten Dampferfahrt auf dem Rhein. Wird aber alles nachgeholt.

Im Namen aller Veranstalter und Konferenzteilnehmer möchte ich dem VDE Konferenz Service unter Leitung von Hatice Altintas danken. Vielen Dank auch dem Team des PBH unter Leitung von Victor Gomer und Dirk Guthy-Rahn, die in bewährter Weise in der Vorbereitung der Präsenz-Veranstaltung beteiligt waren, und dem ITG Management um Volker Schanz für die stetige Unterstützung unserer Arbeit.

Bleibt zu erwähnen, die Durchführung der virtuellen Doppel-Konferenz und die Fertigungsendphase des Fachbuchs von Georg Gaertner, Wolfram Knapp, Richard G. Forbes (Editors) „Modern Developments in Vacuum Electron Sources“ (im Springer Verlag Ende Oktober 2020 erschienen), waren zeitnah. Mehr Informationen und Leseproben der 12 Chapter siehe unter: <https://www.springer.com/gp/book/9783030472900>.

Hier die Vorschau auf die nächsten Veranstaltungen: Der 8th ITG International Vacuum Electronics Workshop 2022 (IVEW 2022) wird wieder im PBH Bad Honnef stattfinden und die 14th International Vacuum Electron Sources Conference 2022 (IVeSC 2022) ist für Mai/Juni in Tsukuba/ Japan geplant, da diese Konferenz zweijährlich alternierend in Europa, Asien und den USA veranstaltet wird. Vielleicht gibt es 2026 wieder eine gemeinsame Veranstaltung in der ge-

wohnten Form mit physischer Anwesenheit aller Teilnehmer. Zunächst freuen wir uns auf unseren nächsten Workshop 2022 als Präsenzveranstaltung. In diesem Sinne wünschen der ITG Fachausschuss MN6 und ich ganz persönlich allen Fachkolleginnen und Fachkollegen viel Erfolg und alles Gute. Bleiben Sie gesund!

DR.-ING. WOLFRAM KNAPP

Konferenz-Chairman
und Sprecher des ITG FA MN6

Neu gewählter Vorstand der ITG

Die als Briefwahl durchgeführte Vorstandswahl hatte eine Beteiligung von 20,08 Prozent. Die Auszählung der Stimmzettel erfolgte am 20. Oktober 2020 in Frankfurt am Main unter Aufsicht von Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Grallert im Auftrag des Wahlausschusses. Weitere Informationen zu den Vorstellungen und Zielen der gewählten Vorstandsmitglieder finden Sie in der Wahlzeitung unter: www.vde.com/itgwahl2020.



VORSITZENDER DER ITG:

**PROF. DR.-ING.
HANS D. SCHOTTEN**
Technische Universität
Kaiserslautern



**STELLVERTRETENDER
VORSITZENDER:**

**DR.-ING.
VOLKER ZIEGLER**
Nokia Bell Labs
München

IN DEN ITG VORSTAND WURDEN GEWÄHLT:

GRUPPE INDUSTRIE:

**DR.-ING.
JÖRG-PETER ELBERS**
ADVA Optical Networking SE

DR.-ING. YVONNE WEITSCH
Rohde & Schwarz International GmbH

DR.-ING. VOLKER ZIEGLER
Nokia Bell Labs

GRUPPE WISSENSCHAFT UND LEHRE:

PROF. DR.-ING. GERHARD BAUCH
Technische Universität Hamburg

**PROF. DR.-ING.
DOROTHEA KOLOSSA**
Ruhr-Universität Bochum (Wiederwahl)

**PROF. DR.-ING.
HANS D. SCHOTTEN**
Technische Universität
Kaiserslautern (Wiederwahl)

GRUPPE BEHÖRDEN, DIENSTE- ANBIETER UND SONSTIGE INSTITUTIONEN:

DR.-ING. STEFAN BRÜGGENWIRTH
Fraunhofer-Institut für Hochfrequenz-
physik und Radartechnik FHR

**DR.-ING. ANDREAS
GLADISCH**
Deutsche Telekom AG, T-Labs Berlin

DR.-ING. DIRK GIGGENBACH
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt (DLR)

WELTRAUM-KOMMUNIKATIONSNETZE

Standards für die Optische Weltraumkommunikation

Neue Entwicklungen in der optischen Freistrahlkommunikation helfen dabei, dass die Datenübertragung in der Raumfahrt effizienter und schneller wird.



Bild: DLR

Laser-Downlink von einem Cubesat, hier beim Link-Handover von einer optischen Bodenstation bei Almeria zur Station in Oberpfaffenhofen bei München

Das Interesse an der optischen Inter-Satellitenkommunikation und Optischen Datenlinks von Satelliten oder Raumsonden zum Boden ist in den letzten Jahren signifikant gestiegen. Der Fokus liegt hier bei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, wie sie typisch sind für Datenübermittlung und bidirektionale Kommunikation, also Erdbeobachtungsmissionen, wie auch die Verbindungen in Satellitennetzen (sog. „Mega-Constellations“) oder deren Anbindung an das terrestrische Internet. Die Vorteile einer Erhöhung der Trägerfrequenz aus dem Funkspektrum bei einigen Millimetern Wellenlänge zum optischen oder infraroten Bereich um 1 μm Wellenlänge liegen in erster Linie in der extremen Bündelung des Sendestrahls. Damit einher gehen Vorteile, wie die Steigerung der Leistungseffizienz, was wiederum die erforderliche Sendeleistung und Masse bzw. das Volumen von Kommunikationsterminals verringert. Sekundäre Effekte sind die größere Abhörsicherheit gerichteter optischer Freistrahlsverbindungen (die Signal-spotgröße am Boden ist bei Distanzen aus dem Low-Earth-Orbit – LEO – nur wenige Meter im Durchmesser)

oder die Anwendbarkeit photonischer Effekte, wie in der gesicherten Quantenschlüsselübertragung. Bei Verbindungen durch die Erdatmosphäre (also Down- oder Up-Links) muss deren störender Einfluss berücksichtigt werden, also Bewölkung, Dämpfung, und Brechungsindexturbulenz [1].

Derzeit befindet sich das europäische System EDRS (European Data Relais System) im operationellen Betrieb. Hierbei werden von Erderkundungssatelliten kontinuierlich Daten über optische Verbindungen zu Releissatelliten im geostationären Orbit (GEO) gesendet, um sie von dort per Ka-Band zum Boden zu übertragen. Dieses Vorgehen ist verzögerungsfrei und bietet mehr Datendurchsatz als der bei LEO-Missionen übliche Datendownlink an dedizierten RF-Bodenstationen, der nur stattfindet, wenn der Satellit in die Nähe dieser Bodenstationen kommt.

Weitere Szenarien werden derzeit getestet, wie der direkte optische Downlink von einem Cubesat (PIXL-Mission mit OSIRIS4Cube als Sender, Start Ende 2020) oder OSIRISv3, welches ab 2022 auf der Internationalen Raumstation eingesetzt werden

soll. Um die globale Nutzung verschiedener Bodenstationen sicherzustellen, werden die Übertragungsverfahren standardisiert. Dies geschieht derzeit im internationalen Zusammenschluss CCSDS verschiedener Raumfahrtagenturen (Consultative Committee for Space Data Systems). Dabei wird jeweils ein sogenanntes Blue Book für die Netzwerkschicht Physical Layer und für die darüberliegenden Synchronization and Coding Layer erstellt. Es wird für das Szenario der Deep-Space Communication das Verfahren für High Photon Efficiency (HPE), und für erdnahe LEO-Downlinks das Optical On/Off-Keying Verfahren (O3K) definiert. Dabei werden Wellenlängenbereiche wie auch Datenraten, Modulationsformate oder Codierungsverfahren festgelegt [2].

HPE erfordert aufwendige technische Verfahren sowohl beim Empfang (große Empfangsteleskope mit mehreren Metern Durchmesser und hochempfindliche Single-Photon Counting Superconducting Nanowire Detectors) als auch beim gesendeten Datenformat (wie die Pulse-Position Modulation und hocheffiziente Fehlersicherungsverfahren). Damit gelingt es, trotz des extrem anspruchsvollen Link Budgets (viele Millionen Kilometer Distanz) eine hohe Datenübertragungsrate sicherzustellen (zum Beispiel bis zu mehreren 100 Mbit/s aus Marsdistanz).

O3K dagegen profitiert von relativ geringen Distanzen von nur wenigen Tausend Kilometern aus dem LEO zum Boden, es kann daher mit Standardtechnologien wie Avalanche-Photo-Detektoren und relativ kleinen Teleskopen unter einem Meter Durchmesser Übertragungsraten von mehreren Gbit/s erzielen. Für die Fehlersicherung kommen Algorithmen der Vorwärts-Fehlerkorrektur, wie Reed-

Solomon Codes oder spezialisierte Low-Density-Parity-Check-(LDPC-) Verfahren, zum Einsatz. Empfangsleistungsschwankungen aufgrund der Brechungsindexturbulenz werden mit langen Interleavern kompensiert [3]. Zukünftig können zudem Verfahren der Adaptiven Optik eingesetzt werden, um eine Kopplung des Empfangslichts in eine Kommunikationsglasfaser zu ermöglichen.

Eine Besonderheit bei optischen Downlinks zum Erdboden besteht im asymmetrischen Link Budget: Der geringe Sendeantennengewinn von kleinen Senderteleskopen im All (wenige Zentimeter) kann durch größere Empfängerteleskope am Boden wettgemacht werden. Außerdem bewirkt die Nähe der atmosphärischen Brechungsindexturbulenz zum Boden

verschiedene Störungsqualitäten beim Down- und Up-Link. Bei einem optischen Inter-Satellite-Link bzw. beim Space-Relais-Szenario besteht diese Möglichkeit dagegen nicht. Der hierzu vorgesehene Standard „High Data Rate Links (HDR)“ wird Anwendungen finden im GEO-Relais über moderate Entfernungen (40 000 bis 70 000 Kilometer) oder bis zur Mondstanz. Hierzu wurden Empfehlungen zum EDRS-Verfahren (BPSK bei 1 064 nm Wellenlänge), wie auch zu einem weiteren Verfahren um 1 550 nm Wellenlänge definiert. Kommunikationspartner sind dabei GEOs, LEOs, Flugzeuge und lunare Satelliten und Stationen.

Diese erfreulichen Entwicklungen in der optischen Freistrahlkommunikation helfen dabei, dass die Daten-

übertragung in der Raumfahrt effizienter und schneller wird.

Referenzen

- [1] Giggenbach, D. et al.: Optical on-off keying data links for low Earth orbit downlink applications. Satellite Communications in the 5G Era, IET Telecommunications Series, 79. ISBN 978-1-78561-427-9
- [2] Edwards, B. et al.: An Update on the CCSDS Optical Communications Working Group". Proceedings of ICSOS-2019, IEEE Xplore Digital Library. IEEE International Conference on Space Optical Systems and Applications, 14. – 16. Oktober 2019, Portland/USA
- [3] CCSDS Blue Book: Optical Communications Physical Layer Recommended Standard. CCSDS 141.0-B

DR.-ING. DIRK GIGGENBACH

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

WELTRAUM-KOMMUNIKATIONSNETZE

AI for orbital-terrestrial networks – key enabler for true global wireless connectivity

There is a vision and a trend towards future 3-dimensional (3-D) orbital-terrestrial communication networks consisting of two integrated communication layers – the terrestrial and the orbital communication layer. This motivates the application of artificial intelligence (AI) and the associated approaches of machine learning (ML) in 3-D orbital-terrestrial networks.

Vision: orbital-terrestrial communication network

Connectivity is one of the most powerful trends of our time and a fundamental prerequisite for the digital transformation of our economy and society. The need for connectivity is particularly evident in the case of the Internet of Things (IoT) or, more broadly, the Internet of Everything and Everywhere (IoEE). Applications such as intelligent mobility, digital logistics (e.g. shipping), digital industry or digital agriculture as well as telemedicine applications are just a few examples that illustrate the need for reliable and ubiquitous connectivity – true global connectivity.

Since it is infeasible to cover each corner of the globe solely with terrestrial communication, several R&D activities have already started to integrate orbital communication components into future terrestrial communication systems. For example, the 3GPP standardization has already identified the integration of satellites as non-terrestrial networks (NTN) as evolution of 5G [1, 2] which can be a step towards 6G networks. At the same time, there is the transition ongoing in the space segment from Traditional Space to NewSpace, and, thus towards smaller and cost-efficient satellite platforms that are operated as mega constellations of small satellites in the Low Earth Orbit (LEO), e.g. [3, 4, 5].

These LEO constellations are to be supplemented by drones, High-Altitude Platforms (HAPS) and Geostationary Earth Orbit (GEO) satellites. All these activities exemplify the vision and trend towards future 3-dimensional (3-D) orbital-terrestrial communication networks consisting of two integrated communication layers – the terrestrial and the orbital communication layer, see Fig. 1. Expanding the purely terrestrial networks towards 3-D orbital-terrestrial networks comes with the challenge of managing the complexity of the overall network to deliver End-to-End (E2E) broadband or E2E IoT services as required. This motivates the application of artificial intelligence (AI) and the associated



Bild: Adobe Stock /yingyapumi

Fig. 1: Vision – 3-dimensional orbital-terrestrial communication network

approaches of machine learning (ML) in 3-D orbital-terrestrial networks.

Application of AI in communication networks

Recently, the application of AI in terrestrial communication networks has raised tremendous interest in wireless communications R&D. For example, refer to the program “Künstliche Intelligenz in Kommunikationssystemen” of the Federal Ministry of Education and Research [6]. This article extends the technological perspective of the application of AI towards 3-D orbital-terrestrial networks. By naming some central challenges for the design of future 3-D network architectures and listing the advantages of AI, especially for baseband technologies, the development of AI-based technologies for orbital-terrestrial communication systems shall be motivated.

Challenges of applying AI in orbital-terrestrial networks

As mentioned, one of the main reasons for motivating the application of AI in orbital-terrestrial networks is the enormous complexity of the overall system and the associated numerous and often partly contradictory challenges of the design and implementation of technologies. Examples of such challenges are complexity (e.g. large number of dynamic parameters, numerous network functions), diverse service classes (e.g. energy efficiency, data throughput, Quality of Services (QoS), reliability, data security), and space challenges (e.g. miniaturization, low cost satellites, low computational effort/memo-

ry requirements, long term functionality under adverse space conditions, resilience of HW/SW platforms).

Following traditional design approaches, the very high overall complexity of an orbital-terrestrial network necessitates the use of simplified models (model deficit) as well as the implementation of suboptimal algorithms (algorithms deficit) to keep even the processing complexity of specific functional components manageable. AI and ML, respectively, has the potential to efficiently address these numerous challenges and complexity issues. AI/ML procedures allow the data-driven learning (adaptation) of an extremely complex (and increasingly unmanageable) overall system with regard to the trade-off between processing complexity and system performance. Moreover, often problem causing dirt effects like hardware tolerances or nonlinearities are inherently taken into account in the training data used.

Technological benefits of applying AI in orbital-terrestrial networks

Further properties and benefits to be expected when using AI/ML in orbital-terrestrial networks are:

- **On-ground/In-Space learning:** For the implementation of the functionalities of a satellite network with computing power on Earth (data centre) and in space (e.g. satellites) it is obvious to speak of on-ground and in-space learning. Data centres on ground provide high computing power to process large data volumes. This enables to perform highly complex but accurate learning of

the basic setting of parameters or functions on the ground and the transmission of the learned parameter settings to the space segment. Furthermore, expert knowledge such as gravity models might be exploited in on-ground learning. When learning in space, the basic settings of parameters is adjusted only. For this tracking, a rather small amount of data is processed with little computing power. In the case of swarms, this tracking is distributed but cooperative on the individual satellites (fractional spacecraft). In addition, it is performed autonomously using e.g. currently measured training data and thus leads to self-adaptive satellite communication technologies and self-organizing formations. For the trade-off analysis between learning on the ground and in space, the communication signaling overhead to transmit the necessary training data and the model parameters between ground and space must also be considered.

- **Determinism of motion – low computational learning complexity on ground, but high performance:** A further characteristic is a determinism present in the motion profile of the LEO satellites, because these satellites repeatedly move on optimally (in the sense of the required provision of communication services) learned trajectories. This determinism allows the generation of high quality but low volume training data sets. Above all, the parameter space of the learning procedures can be limited in its dimension resulting in low complex learning and less training data is required to achieve high performance, e.g. for baseband technologies as well as resource management technologies.
- **Generalizability – low power, less complex adaptation in space:** In contrast to conventional model-based optimization, the goal of machine learning is not only to minimize a cost function but also to generalize the ML algorithm to handle unobserved data (avoidance of over- or underfitting). Thus, well generalized on-ground learning (e.g. by appropriately chosen the number of learned parameters

or using less complex model functions) results in a quite robust basic parameter setting on ground, and finally to minor parameter adjustments in space only. Thus, the AI approach that splits learning in generalized on-ground and minor adjusting inspace learning leads to satellite components of less complexity and with less energy consumption.

- **Partial integration of ML-based components in satellites – gradually boost of performance:** Due to the given splitting of the communication payload (e.g. the baseband processing) of a satellite into its individual functional blocks or components, it is to be expected that traditionally designed components can be easily replaced by their ML counterparts, taking into account the signal structures to be maintained at input and output. This allows to gradually boost satellite communication performance.
- **Universal computing units – cost reduction:** The current development of communication satellites is working on procedures and algorithms that are designed to fulfil a specific data processing task of data communication. The signal processing chains, which are thus strongly tailored to the application, are usually implemented on space grade components like FPGAs or system on chips (SoCs), but the reusability of building blocks (IP cores) is severely limited. The application of AI in communication systems resolves this „drawback“, because the adaptation to the task to be calculated is not done by a specific algorithm but by adapted training data. In other words, AI outsources the adaptation from the chip. This enables the design of universally applicable but still high performance IP cores, i.e. the same IP core can be used for different data processing tasks in a communication satellite. Therefore, the use of ML data processing components leads to significantly less expensive, but still high performance satellites. The application of AI is therefore not only a desired but even a necessary step for the realization of mega constellations of small LEO satellites.

- **DNNs parallelism – space-saving:** Deep Neuronal Networks (DNNs) are currently raising high R&D interest. That is not only due to the property of universality as explained above. In addition, the general structure of a DNN has an inherent parallelism that allows a space-saving implementation of the learning in highly parallel architectures. This especially favours DNNs for the use in small satellites.
- **ML-based COTS components for satellites – cost-effective ML-based satellites:** Meanwhile, a large number of Graphic Processing Units (GPUs) support the efficient execution of deep learning procedures, as they are particularly suitable due to the extremely high parallelism and the support of basic operations (especially multiply-accumulate operations), which are necessary in deep learning. Besides GPUs, there are a number of special-purpose integrated circuits for NNs, such as Google’s Tensor Processing Units. In addition, there are recently more and more approaches for architectures and design tools for high-performance DNN processing on FPGAs. One example is FINN from Xilinx. Thus, the space industry in Europe could also participate in the momentum of this commercial off-the-shelf (COTS) development in order to be able to offer cost-effective ML-supported communication satellites, e.g. 5G/6G satellites in the future market of LEO constellations.

Economical conclusions and actions required

In order to put the vision of a 3-D network architecture into practice, a necessary step is to demonstrate the expected benefits of applying AI in orbital-terrestrial communication systems through close and collaborative research and development between science and industry in both sectors – satellite communications and mobile communications. These collaborations will bring together the German/European-based industrial companies of both sectors. The merger of the related and previously separate markets will lead to a significantly expanded

customer base of the participating industry; this merger will be supported by a broader product portfolio due to the numerous components of a 3-D orbital-terrestrial network. In addition, an early integration of the companies into the value chain of AI-supported orbital-terrestrial networks will increase the market opportunities of their telecommunication products and thus provide the companies with a long-term competitive advantage and a leading position in the future global connectivity market.

References

- [1] 3GPP Technical Report TR 38.821: Solutions for NR to support Non-Terrestrial Networks (NTN)
- [2] Wang, P.; Zhang, J.; Zhang, X.; Yan, Z.; Evans, B. G.; Wang, W.: Convergence of Satellite and Terrestrial Networks: A Comprehensive Survey. in *IEEE Access* 8 (2020), pp. 5550–5588, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2963223
- [3] Foust, J.: SpaceX’s space-Internet woes: Despite technical glitches, the company plans to launch the first of nearly 12,000 satellites in 2019. In: *IEEE Spectrum* 56 (2019) no. 1, pp. 50–51, doi: 10.1109/MSPEC.2019.8594798
- [4] Del Portillo, I.; Cameron, B. G.; Crawley, E. F.: A technical comparison of three low earth orbit satellite constellation systems to provide global broadband. *Acta Astronautica* 159 (2019), pp. 123–135
- [5] Arifn, M. A.; Khamsah, N. M. N.: A Case Study in User Capacity Planning for Low Earth Orbit Communication Satellite. 2018 IEEE International Conference on Aerospace Electronics and Remote Sensing Technology (ICARES), Bali, 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/ICARES.2018.8547056.
- [6] <https://www.bmbf.de/foerderung/en/bekanntmachung-2022.html>

PROF. DR.-ING. ARMIN DEKORSY

Head of Dept. of Communications Technologies, University of Bremen

DR. ULF KULAU

Head of Pre-Development, DSI Aerospace Technologie GmbH

DR.-ING. PHILIPP WERTZ

Product Manager Communication Systems, Tesat-Spacecom GmbH & Co. KG

DR.-ING. THORSTEN WILD

Head of Next Generation Wireless, Bell Labs Stuttgart, Nokia Solutions and Networks GmbH & Co. KG

WELTRAUM-KOMMUNIKATIONSNETZE

Overview of High-Altitude Platform Stations (HAPS)

High-Altitude Platform Stations (HAPS) are used to supplement and not replace terrestrial networks and extend coverage to remote areas. Technology advances have enabled HAPS to stay afloat in the stratosphere for several months as base station platforms with the communication payload powered by solar energy. HAPS can provide i) connectivity for remote areas not served by terrestrial networks, ii) global coverage for IoT devices, and iii) services for public safety and transportation industries. At a typical altitude of 20 km, HAPS systems can cover a large service area with a higher throughput and a lower latency compared to satellite links. In this short paper, we present an overview of a 5G New Radio (NR) based HAPS communication system comprised of both service and feeder links that can serve a large coverage area. We also show the achievable capacity and coverage of the HAPS system at sub-6 GHz carrier frequency.

Introduction

Non-terrestrial Networks (NTN) comprise of Satellites (GEOs, MEOs, LEOs), HAPS and Unmanned Aerial Vehicle (UAVs). In this paper we focus on HAPS, a concept that has been explored since the 1990s [1, 2], using airplanes and balloons as platforms for base stations at altitudes ranging between 18 km to 24 km. HAPS has the potential of providing high data rates for a large coverage area with significantly lower latency than satellite links. It also has the economic advantage of lower development and deployment costs for the same coverage over satellite and terrestrial networks. In the stratosphere, the HAPS vehicle is able to harvest the abundant

solar power and continuously operate for months without turbulence [3]. Commercial applications of HAPS have begun to roll out targeting initially the areas under-served by terrestrial networks [4, 5], but may later expand to broader regions to provide other services, such as mobile broadband, Internet of Things (IoT) connectivity, terrestrial network backhauling, public safety, disaster relief, and communication for maritime and transportation industries. With the arrival of 5G mobile communication, HAPS and satellites are being considered as alternative platforms for 5G New Radio (NR) base stations or repeaters using regenerative and transparent (a.k.a. bent-pipe) architectures respectively [6, 7]. The 3GPP standardization organization has completed

the study phase of supporting NTN in 5G NR wireless standard, and the initial specification is targeted for Release 17. The possibility of HAPS using millimeter wave (mmWave) spectrum to provide service link connectivity to NR User Equipment (UE) is also being investigated [8], but the lower frequency bands are likely to be used for mobile data services in near-term deployments. In this paper, we provide a brief overview of HAPS use cases, architecture and performance.

HAPS Overview and Architecture

HAPS will support various use cases utilizing different carrier frequencies and bandwidth (e.g., LTE, cmWave NR, and mmWave NR), such as wide-coverage backhaul for non-terrestrial group mobility at ~ 10 Gbps data rate, high-speed wireless backhaul for industrial networks with around 1 Gbps data rate, and MBB/IoT for wide-area coverage (e.g., rural area connectivity or disaster relief) at tens of Mbps data rate [9].

Fig. 1 shows the typical scenario where the HAPS is flying at an average altitude of 20 km with a speed of 80–120 km/h in a repetitive flight pattern (known as station keeping) of a 6 km diameter circle to provide consistent coverage on the ground. Data services are provided to UEs via the HAPS service link over the 4G LTE or 5G NR air interface at sub 6 GHz carrier frequency. The HAPS is also

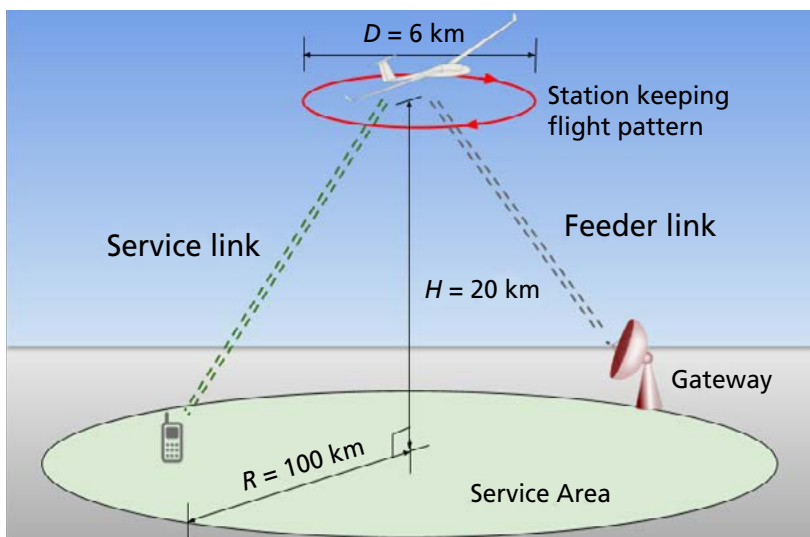


Fig. 1: Typical operating scenario of airplane based HAPS

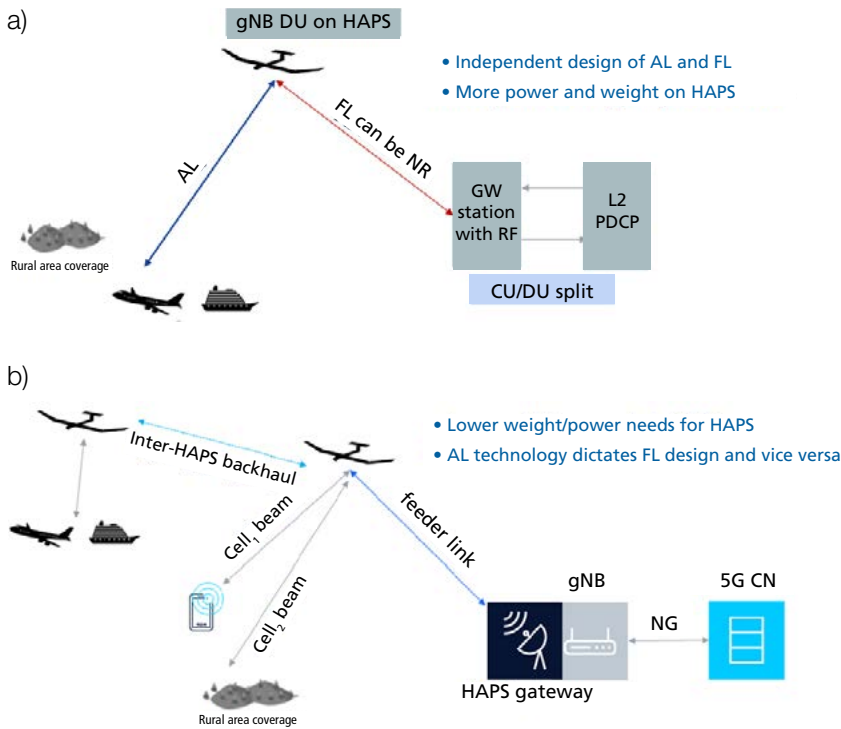


Fig. 2: Two architectures for HAPS; a) Regenerative architecture: HAPS as a base station, b) Bent-pipe architecture: HAPS as a repeater

connected to one or more ground gateway stations by the feeder link as the backhaul for the aggregated traffic of the service link.

Two different architectures for HAPS, namely, regenerative and bent pipe, are envisioned and are illustrated in Fig. 2. In the full regenerative architecture, HAPS carries the entire baseband unit (BBU) including user scheduling and packet encoding and decoding, while in the bent pipe case the HAPS acts as a repeater with the gNB in the ground. The selection of preferred architecture depends on power consumption, weight, and size limitation of the HAPS platform, while taking into consideration the achievable capacity and coverage. It is also desirable to reuse terrestrial network hardware components, e.g., baseband units (BBU), transceiver units (TXRU), and antenna modules, in the payload design.

HAPS Performance

In order for the HAPS to achieve the largest possible terrestrial coverage, the antenna array needs to provide sufficient gain for a wide range of angles. A hexagonal array structure comprised of six side panels and an underneath panel facing downward is illustrated in Fig. 3. The panel at the bottom has the boresight pointing straight down, illuminating a region right under the HAPS. The other six side panels face outward with an inclination angle to cover areas further away from the center over the entire azimuth domain. This design effec-

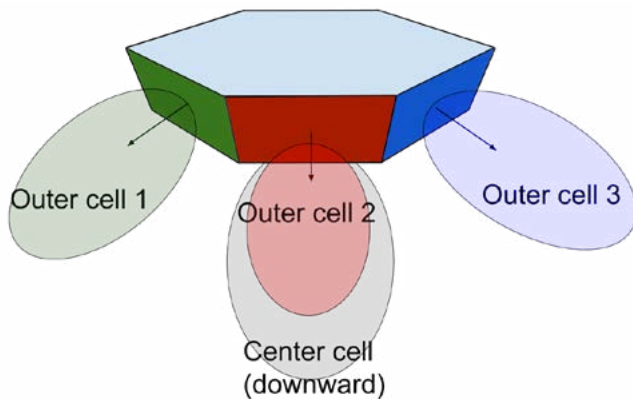


Fig. 3: Hexagon antenna array for HAPS

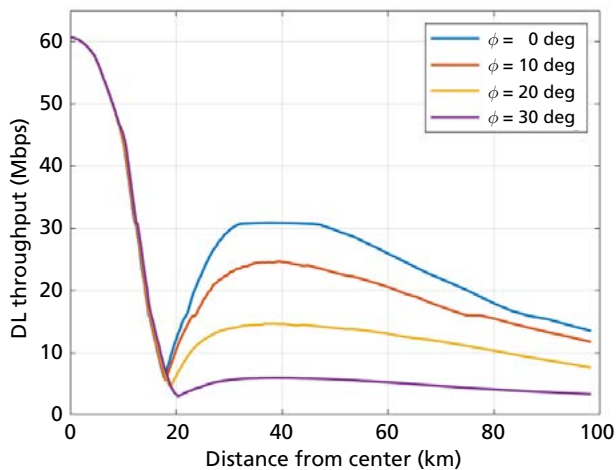


Fig. 4: DL throughput at 2.1 GHz with 20 MHz bandwidth

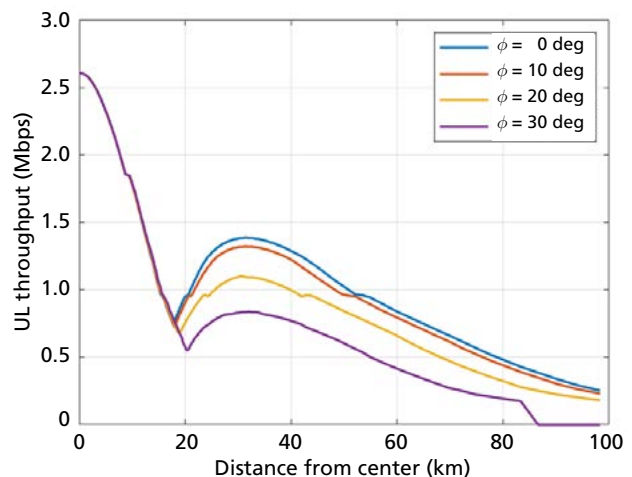


Fig. 5: UL throughput at 1.8 GHz with 1 MHz bandwidth

	Spectral efficiency	
	Mean SE	Cell edge SE
Downlink	1.40 bit/s/Hz/cell	0.32 bit/s/Hz/cell
Uplink	0,61 bit/s/Hz/cell	0,08 bit/s/Hz/cell

Table 1: Spectral efficiency of HAPS system bandwidth

tively sectorizes the large service area to seven cells – one center cell surrounded by six outer cells. Fig. 4 shows the downlink throughput at 2.1 GHz carrier frequency with a 20 MHz bandwidth as a function of distance from the center of the service area based on link budget. The low throughput point at around 19 km marks the border between the center cell and an outer cell. Beyond this point in the outer cell coverage, the throughput largely depends on the azimuth angle. The highest throughput for a given distance appears along the boresight direction $\theta = 0$. Similarly, Fig. 5 shows the uplink throughput at 1.8 GHz frequency with 1 MHz channel bandwidth assuming interference power is 3 dB below the noise power. A small outage area at the far end of cell edge can be observed.

HAPS system performance is evaluated through system wise Monte Carlo simulations for the entire coverage area. The system performance is characterized by two metrics: i) mean system SE which indicates the average system capacity and ii) cell edge SE which is defined as the 5th percentile user SE and characterizes the data rate of the edge users.

Table 1 shows the downlink and uplink spectral efficiency of the seven cell HAPS system at a carrier frequency of around 2 GHz [9]. Due to the limited UE power (23 dBm) and low UE antenna gain (0 dBi), uplink has a lower spectral efficiency.

Conclusion

HAPS is a promising technology for next generation of mobile communication, capable of providing a large coverage from the stratosphere over a long period of time. HAPS are used to supplement and not replace terrestrial networks and extend coverage to remote areas, public safety applications, IoT services in mines and agriculture to name a few. Regenerative and bent-pipe architectures provide multiple design options to suit the platform weight and power limitation, desired coverage and capacity, and feeder link spectrum availability. We have presented a feasible system design that can cover an area of 100 km radius and demonstrated that a good capacity can be achieved with a DL/UL 1.4/0.61 bits/s/Hz/cell spectral efficiency for seven cells at carrier frequency 2 GHz.

Acknowledgements

The authors would like to thank Werner Mohr and Peter Merz for their help in preparing the paper.

References

- [1] d'Oliveira, F. A.; d. Melo, F. C. L.; Devezas, T. C.: High-altitude platforms—present situation and technology trends. *Journal of Aerospace Technology and Management* 8 (2016) no. 3, pp. 249–26
- [2] Karapantazis, S.; Pavlidou, F.: Broadband communications via high-altitude platforms: a survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 7 (2005) no. 1, pp. 2–31
- [3] <https://www.itu.int/en/mediacentre/backgrounders/Pages/High-altitude-platform-systems.aspx>
- [4] Loon homepage: <https://loon.com>
- [5] HAPS MOBILE: <https://www.hapsmobile.com/en>
- [6] 3GPP TR 38.811: Study on New Radio (NR) to support non terrestrial networks. V15.2.0, Sep. 2019
- [7] 3GPP TR 38.821: Solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN). V16.0.0, Dec. 2019
- [8] Dutta, S.; Hsieh, F.; Vook, F. W.: HAPS based communication using mmwave bands. In 2019 IEEE International Conference on Communications (ICC), Shanghai, China, May 2019
- [9] Hsieh, F. et al.: UAV-based Multi-cell HAPS Communications: System Design and Performance Evaluation. In 2020 Global Communications Conference (GLOBECOM), Dec. 2020, pp. 1–6

DR. AMITAVA GHOSH

DR. FRANK HSIEH

Nokia Bell Labs

WELTRAUM-KOMMUNIKATIONSNETZE

Der Mond wird mobil

Ein LTE-Netz für den Erdtrabanten: Die NASA hat Nokia ausgewählt [1], um das erste Zellular-Netzwerk auf dem Mond aufzubauen.

Die eingesetzte und auf Robustheit optimierte LTE/4G-Technologie von Nokia wird auf der Mondoberfläche eingesetzt, um eine höchst zuverlässige Kommunikation bei hohen Datenraten

zu ermöglichen. So kann das Landemodul mit einer taktischen stationären Mobilfunkeinheit verwendet werden, um Mondfahrzeuge zu steuern und HD-Videoübertragungen zu er-

möglichen und diese mit dem Funk zur Erde zu verbinden, von dem auch das grundsätzlich autonome LTE-Netzwerk betrieben, überwacht und instandgehalten werden kann. Das

Netz ist eine Komponente des Artemis-Programms der NASA und wird im Verbund mit Partnern implementiert. Der kontinuierliche Betrieb des Netzwerks auf dem Mond dient auch der Vorbereitung und Voraussetzung für eine Mars-Expedition, geplant gegen Ende des Jahrzehnts.

Das Mondnetzwerk

Das Nokia-Mondnetzwerk besteht aus einer LTE-Basisstation mit integriertem „Evolved Packet Core“ (EPC), LTE-Endgeräten und Modems, RF-Antennen sowie einer hochzuverlässigen „Operations & Maintenance“-Software zum Betrieb und zur Pflege des Netzwerks. Die Wahl fiel auf LTE/4G, weil dies derzeit die performanteste, robusteste und zuverlässigste Technologie im Mobilfunk darstellt, zu der es gleichzeitig das größte Ökosystem an Endgeräten gibt. Für zukünftige Anwendungen mit noch höherem Leistungsbedarf in den Dimensionen Bandbreite und Echtzeitverhalten bereitet Nokia bereits den Einsatz von 5G für Weltraumanwendungen vor.

Wichtige Anwendungsfälle auf dem Mond finden sich im Bereich der Robotik zur Steuerung von Geräten zum Abbau und zur Untersuchung von Gestein und anderen Ressourcen. Der zukünftige Weitertransport von lebenswichtigen Ressourcen, wie Sauerstoff und Energie, angeliefert durch Raumtransportsysteme [2], wird durch im LTE-Netz gesteuerte Mondfahrzeuge erledigt. Im Wesentlichen sind das Anwendungen, wie man sie bereits seit Jahren im Industrie-4.0-Kontext kennt und auf der Erde nutzt.

Die Anforderungen

Ein LTE-Netzwerk im All muss vor allem drei Dinge beherrschen:

- die „missionskritische“ Konnektivität gewährleisten,
- die flächendeckende Abdeckung mit Breitband unterbrechungsfrei ermöglichen, insbesondere für mobile Anwendungen, wie die Mondroboter, und
- zuverlässige und geringe Latenzraten von unter 10 ms gewährleisten, um Steuerungseinheiten auch in großer Anzahl zu schalten.

Die Bedingungen auf der Mondoberfläche stellen weitere extreme Anforderungen. So muss effizient Wärme abgeleitet werden und die Elektronik muss der kosmischen Strahlung standhalten, das System muss sparsam im Energieverbrauch sein und das Gesamtgewicht des Systems spielt eine Rolle, denn der teuerste Teil der Mission ist immer der Transport der Payload von der Erde ins All.



FlexiZone-Multiband-Outdoor-Basisstation

Die Technologieentwicklung

Durch den Einsatz kommerzieller LTE/4G-Technik kann man aus einem großen Fundus von Erfahrungen schöpfen. Auch wenn die speziellen Anforderungen für orbitale Mobilfunkanwendungen hoch sind, sind die Anwendungsfälle doch ähnlich zu aus dem Industrieumfeld bekannten Nutzungszenarien. Dort fahren anstelle der Mondfahrzeuge AGVs und AMRs („Automated guided vehicles“, „Autonomous mobile robots“) und statt der HD-Videoübertragung nutzt man eine mobile industrielle optische Inspektion zur Qualitätsüberwachung oder zur Kontrolle und Steuerung von Produktionsprozessen, wie zum Beispiel Videoanalyse in Echtzeit mit „Machine Learning“. Auch missionskritische Sprachanwendungen, wie ein robuster 4G/5G-Betriebsfunk unter schwierigen Bedingungen (Beton/Stahl), werden bereits heute mit 3GPP-4G/5G-Netzwerken gemeistert.

Unter dem „Nokia Saving Lives“-Programm [3] wurden erste robuste taktische Netzwerke entwickelt, die heute Organisationen mit Sicherheitsaufgaben zur Verfügung stehen. Auch Anwendungen im Bergbau, auf Ölplattformen und Baustellen, in Werkshallen und im Schiffs- und Flugzeugbau haben vergleichbare Anforderungen [4]. Aus dem dafür entwickelten Produktportfolio wurden die Komponenten für das LTE-Netz auf dem Mond ausgewählt.

Die „FlexiZone Multiband Outdoor“-Basisstation wurde speziell gehärtet. Es wurden Keramikfilter und Tantalkondensatoren eingesetzt, High Reliability-Steckverbindungen sowie Abschirmungen und weitere Komponenten für den Betrieb im Vakuum, mit Vibration und unter besonderer thermischer Belastung verwendet. Auch der Core des Netzes und die Endgeräte wurden auf Basis dieser HW-Designprinzipien entwickelt.

Ausblick

Die praktischen Erfahrungen aus der Mission zum Mond werden es langfristig erlauben, kommerzielle Produkte und Dienste für extreme Bedingungen zu optimieren und für Anwendungen mit höchsten Zuverlässigkeitsanforderungen einzusetzen. Erfahrungen mit neuen „weltraumtauglichen“ Industrie-Applikationen jenseits der Konnektivität und einhergehend mit dem Betrieb von Software als „Microservices“ in Cloud und Edge werden insbesondere den industriellen Anwendern in den nächsten Jahrzehnten zugutekommen.

Referenzen

- [1] <https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2020/10/19/nokia-selected-by-nasa-to-build-first-ever-cellular-network-on-the-moon>
- [2] <https://www.space.com/nasa-tipping-point-contracts-moon-exploration>
- [3] <https://www.nokia.com/networks/use-cases/nokia-saving-lives>
- [4] <https://www.dac.nokia.com>

FABIAN S. SCHLAGE

Head of Ecosystem Engagement, Nokia Enterprise

ITG Preise 2021

Aufruf für den Dissertationspreis der ITG 2021

Seit 1994 verleiht die Informationstechnische Gesellschaft im VDE (ITG) jährlich bis zu drei Dissertationspreise. Mit diesem Preis werden besonders herausragende Dissertationen junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Ingenieurinnen und Ingenieure auf dem Gebiet der Informationstechnik gewürdigt. Die Bewerberinnen und Bewerber müssen der ITG spätestens zum Zeitpunkt der Einreichung angehören. Jeder Preis ist mit einer Geldprämie von 2000 Euro sowie einer Urkunde verbunden.

Der Vorstand der ITG bittet deshalb alle infrage kommenden ITG Mitglieder, die 2020 ihre Dissertation angefertigt haben und nicht älter als 32 Jahre sind, ihre Arbeit bis spätestens **3. Februar 2021** einzureichen.

Aufruf für den Preis der ITG 2021

Seit dem Jahr 1956 wird der Preis der ITG für besonders hervorragende Publikationen auf dem Gebiet der Informationstechnik an Wissenschaftler und Ingenieure verliehen. Bewerberinnen und Bewerber müssen der ITG spätestens zum Zeitpunkt der Einreichung angehören. Jeder Preis ist mit einer Geldprämie von 3000 Euro sowie einer Urkunde verbunden.

Hauptkriterien für die Beurteilung der Arbeiten sind:



- Originalität,
 - theoretische und/oder praktische Behandlung des Themas,
 - Darstellung und Form sowie
 - Bedeutung der Arbeit
- Auch Übersichtsautsätze als überzeugend gelungene zusammenfassende Darstellung eines größeren Fachgebiets sind preiswürdig, ohne dass solche Arbeiten unbedingt neue wissenschaftliche Erkenntnisse vermitteln müssen. Bitte reichen Sie daher entsprechende Arbeiten ein.
- Originaltexte von Doktorarbeiten und Habilitationsschriften kommen für den ITG Preis nicht in Betracht. Dissertationen könnten jedoch für den ITG Förderpreis infrage kommen.
- Alle Autoren einer eingereichten Veröffentlichung gelten als Bewerber um den ITG Preis, sofern sie ITG Mitglieder

sind. Der ITG Preis kann jeder Person nur einmal verliehen werden. Der Vorstand der Informationstechnischen Gesellschaft im VDE (ITG) bittet um die Einreichung der Unterlagen zur Bewerbung bis zum **15. Februar 2021**.

Aufruf für den Johann-Philipp-Reis-Preis 2021

Das 125-jährige Jubiläum der erstmaligen Präsentation seiner genialen Idee haben die Stadt Friedrichsdorf, die Barbarossa-Stadt Gelnhausen, die Deutsche Telekom und der VDE Verband zum Anlass genommen, einen mit 10000 Euro dotierten Preis für eine herausragende, innovative Veröffentlichung auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik zu vergeben. Der 1987 erstmalig verliehene Preis wird seither alle zwei Jahre vergeben. Auch 2021 soll der Preis wieder an Ingenieure und Ingenieurinnen oder Naturwissenschaftler und Naturwissenschaftlerinnen (Altersgrenze 40 Jahre) verliehen werden, die mit ihrer Arbeit eine bedeutende nachrichtentechnische Neuerung, die auch Auswirkungen auf die Volkswirtschaft hat, in Gang gesetzt haben bzw. eine solche Entwicklung erwarten lassen.

Der ITG Vorstand bittet, Vorschläge für den Johann-Philipp-Reis-Preis 2021 bis zum **13. April 2021** einzureichen.

Weitere Informationen und Einzelheiten zu den verschiedenen Preisen der ITG finden Sie unter
// www.vde.com/itgpreise

Grafik: Fotolia_Jlgarts

Veranstaltungen

Hinweis: Weitere Veranstaltungen finden Sie auf den Seiten 46 und 47 des VDE dialog.

21.–23.02.2021, Erfurt
TuZ 2021 – 33. GI/GMM/ITG Workshop Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen
ITG, GI, GMM
// www.tuz-workshop.de

02.–03.03.2021, Berlin
15. ITG Fachkonferenz Breitbandversorgung in Deutschland
ITG FA KT 2 und ITG FG „Access- and Home-Networks“
// www.vde.com/breitbandversorgung2021

18.–19.03.2021, München
MBMV 2021 – 24. Workshop Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen
ITG, GI, GMM
// www.vde.com/mbmv_2021

29.03.–01.04.2021, Leipzig
EUSAR 2020 European Conference on Synthetic Aperture Radar
ITG, Airbus, DLR, Fraunhofer FHR, Hensoldt
// www.eusar.de

22.–23.04.2021, Dresden
2. Fachtagung Internet of Things/ Industrie 4.0
FKTG, ITG
// www.vde.com.de/itg/veranstaltungen

Impressum

ITG news

Herausgeber: Informationstechnische Gesellschaft im VDE, Frankfurt am Main

Redaktion: Dr. Volker Schanz,
Franziska Bienek

Telefon: 069/6308-360/-312

E-Mail: itg@vde.com

Internet: www.vde.com/itg

Konzept und Realisation: HEALTH-CARE-COM GmbH, ein Unternehmen der VDE VERLAG GmbH, Projektleitung: Anne Wolf

Druck: Heenemann GmbH & Co. KG, Berlin