



FUTURE INDUSTRIAL COMMUNICATION

JAHRESTAGUNG

BMBF-FORSCHUNGSINITIATIVE 5G

AT IEEE 5G WORLD FORUM

30. SEPTEMBER 2019 | DRESDEN

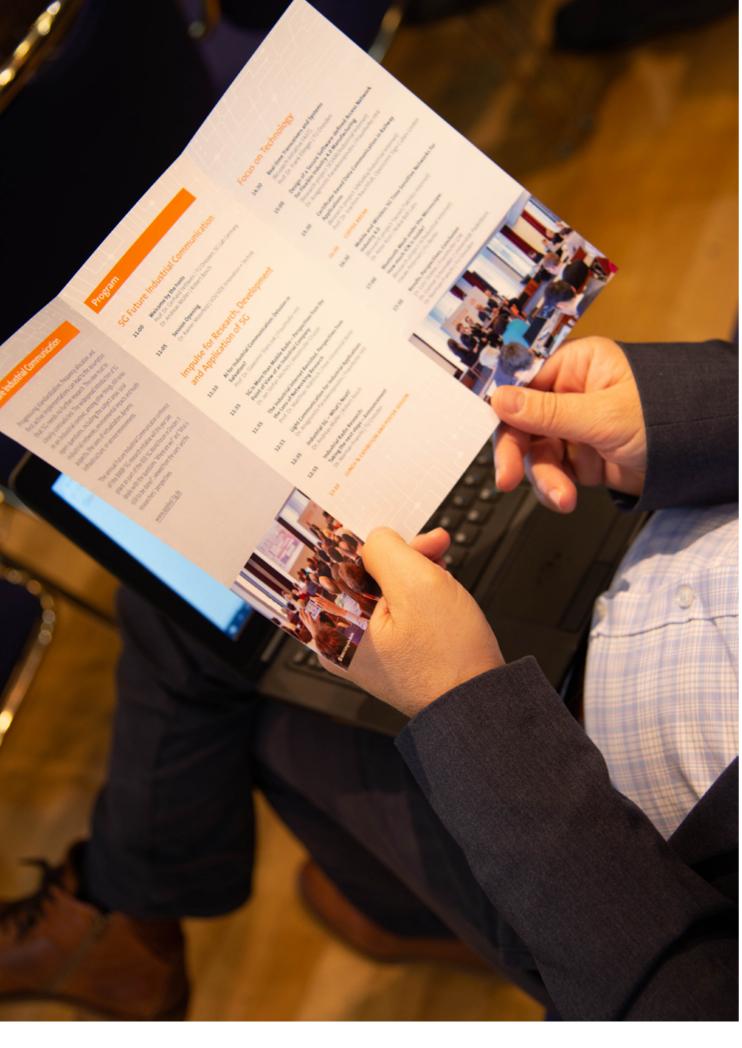








GEFÖRDERT VOM



JAHRESTAGUNG BMBF-FORSCHUNGSINITIATIVEN 5G

Inhalt

V٥	rwort	4
	Begrüßung	5
	Impulse for Research, Development and Application of 5G	7
	Focus on Technology	11
m	pressionen	13
Ansprechpartner		15
m	pressum	16



JAHRESTAGUNG BMBF-FORSCHUNGSINITIATIVEN 5G

Vorwort

Die 5G BMBF Forschungsinitiativen treffen sich zur Jahrestagung in Dresden

Nach fast fünf Jahren gemeinsamer Forschung, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), in drei aufeinander abgestimmten Förderschwerpunkten und vielen gemeinsamen Austauschforen, unter anderem in Paderborn (2017) und Berlin (2018), luden die 5G Forschungsinitiativen des BMBF am 30. September 2019 zu ihrer vorerst letzten Jahrestagung nach Dresden ein. Insbesondere die Forschungsvorhaben aus dem Förderschwerpunkt, "5G: Industrielles Internet" und "5G: Taktiles Internet", präsentierten den Stand ihrer Projekte und Forschungsarbeiten im Kontext der 5G Evolution.

Am Vormittag wurde aus der Sicht relevanter Stakeholder der 5G Entwicklung beleuchtet, was bisher geschafft wurde und was es für den 5G Erfolg in Forschung, Entwicklung und Anwendung noch zu erreichen gilt.

Wichtige parallele Entwicklungs- und Forschungsfelder wurden in den Kontext der 5G Evolution gesetzt. Eine besondere Rolle nahm unter anderem das Forschungsthema Künstliche Intelligenz in der industriellen Kommunikation ein. Neu, wichtig und allgegenwärtig waren Diskussionen über den gesellschaftlich skeptischen und emotionalen Blick auf die aktuelle 5G Entwicklung. 5G als Technologie zeigt seine Breitenwirkung. Zugleich offenbarte der Entwicklungsstand Handlungsbedarf und verdeutlichte, dass die Aufklärung rund um das Themenfeld 5Gn fortgeführt werden müsse.

Es wurde viel erreicht und international präsentiert

Am Nachmittag lag der Fokus auf dem Stand der technologischen Entwicklung. Partner aus verschiedenen 5G Projekten präsentierten ihre aktuellen Ergebnisse aus den Projekten und diskutierten diese mit nahezu allen Akteuren der Förderschwerpunkte und Gästen aus den Begleitveranstaltungen. Das zentrale Thema, sichere Netzwerke für die Industrie 4.0, stach wie jedes Jahr hervor. Sicherheit und Zuverlässigkeit boten schon 2013 die thematische Identifikation der Förderschwerpunkte.

Mit dem in 2013 gestarteten Aufruf zur 5G Forschungsinitiative "Industrielle Kommunikation der Zukunft", gefolgt von "5G: Industrielles Internet" und "5G: Taktiles Internet" des gBMBF, ist Deutschland international Vorreiter. Zur Initiative gehören 19 Verbundprojekte, 25 Großunternehmen, 33 kleinere und mittlere Unternehmen, 15 Universitäten und 9 universitäre Forschungseinrichtungen. Das gemeinsame Ziel: Deutschland zum Leitmarkt für 5G zu entwickeln.

Um dem über die Begleitforschung nachzukommen, war die diesjährige 5G Jahrestagung an gleich zwei hochkarätige internationale 5G Events angedockt: das dreitägige IEEE 5G World Forum und den IEEE 5G Summit Dresden am 1. Oktober. Nationale und internationale Referenten präsentierten den gegenwärtigen Stand der Forschung zu 5G und Anwendungsszenarien aus ihren respektiven Arbeitsgebieten. Ihnen viel Spaß bei dem Rückblick zur Gesamtveranstaltung und gesammelten Eindrücken in diesem Tagungsband.

JAHRESTAGUNG DER BMBF-FORSCHUNGSINITIATIVEN 5G

Begrüßung

Die Forschungsinitiativen der BMBF Förderschwerpunkte zu 5G wurden 2019 in Dresden von Prof. Dr.-Ing. Gerhard Fettweis und Dr. Andreas Müller herzlich willkommen geheißen. Prof. Dr.-Ing. Fettweis (TU Dresden), der bereits 2018 als Referent die regen Diskussionen der Vorjahresveranstaltung in Berlin erleben durfte, kam so der dort ausgesprochenen Einladung nach Dresden nach. Die von ihm angeregte Idee der thematischen und zeitlichen Konzentration wurde auch von Dr. Andreas Müller (Bosch), Vorsitzender des Vorstands der "5G Alliance for Connected Industries and Automation" (5G-ACIA), begrüßt.

Beide waren gespannt auf die aktuellen Inhalte, neuen Ergebnisse und regen Diskussionen auf der Großveranstaltung im Internationalen Congress Center Dresden.

Auch die Begleitforschung der BMBF Förderschwerpunkte, das Vorhaben IP45G unter der Leitung von Dr. Gunnar Schomaker (SICP – Software Innovation Campus Paderborn), konnte so ein wichtiges Teilziel erfüllen. Die aktiven Vorhaben der BMBF 5G Förderschwerpunkte konnten ihre erarbeitete Expertise mit einem internationalen Fachpublikum diskutieren. Die Vernetzung mit einer internationalen Community und Austauschplatt-



Dr. Rainer Moorfeld, VDI/VDE Innovation + Technik



Prof. Dr. Gerhard Fettweis, TU Dresden, 5G Lab Germany; Dr. Andreas Müller, Robert Bosch

form zur technologischen Evolution des neuen Kommunikations- und Mobilfunkstandards 5G wurde erreicht. Die Forschungsinitiativen tagten zuvor in 2017 im Heinz Nixdorf MuseumsForum in Paderborn und in 2018 im Hotel Sofitel in Berlin. Circa 200 Teilnehmer aus den Vorhaben und dem technologischen Umfeld konnten sich jährlich in Vorträgen den Stand der Forschung präsentieren lassen und in den Ausstellungen die Demonstratoren der Projekte und Unternehmen erleben.

Mit einem Vortrag begrüßte der Projektträger, vertreten durch Dr. Rainer Moorfeld (VDI/VDE Innovation + Technik GmbH), die Teilnehmer. Er gab auf der Abschlussveranstaltung noch einmal Einblicke in die langfristig angelegten Förderschwerpunkte mit Ausrichtung auf die "Hightech-Strategie – Innovationen für Deutschland".

Die chronologische Einordnung stellte noch einmal die inkrementelle Zielsetzung der drei Förderschwerpunkte dar. Der erste Förderschwerpunkt, die "Zuverlässige drahtlose Kommunikation in der Industrie", hatte das klare Ziel der latenzarmen, hochzuverlässigen Punktzu-Punkt-Kommunikation. Im Schwerpunkt "5G: Industrielles Internet" lag die Herausforderung in der Vernetzung an und zwischen Industriestandorten. Mit innovativen Technologien für industrielle Kommunikationsnetze sollten zeitkritische Anwendungen bei einer großen Anzahl von Sensoren und Aktoren erforscht

werden. Im Fokus dieser Initiative standen Themen wie z.B. intelligentes Netzmanagement und selbstorganisierende Netze, die Kombination und Integration heterogener Kommunikationslösungen sowie Einführungsund Migrationsstrategien für selbstorganisierende und selbstoptimierende industrielle Kommunikationsnetze.

Den Abschluss bildete der Förderschwerpunkt "5G: Taktiles Internet" mit dem Ziel einer taktilen und hochzuverlässigen Kommunikation. Taktiles Internet unterstützt die Anforderungen neuer Anwendergruppen (Industrie 4.0, Automotive, Landwirtschaft, etc.) durch taktile Kommunikation in Weitverkehrsnetzen und (drahtlose) Zugangs- und Netzwerktechnologien für die Maschine-zu-Maschine-Kommunikation.

Ein Leitziel für alle Initiativen war dabei die einfache Integration bestehender und zukünftiger (drahtloser) Zugangstechnologien in das 5G Netz, um neue, schnelle und verteilte Sicherheitsfunktionen zu realisieren.

JAHRESTAGUNG DER BMBF-FORSCHUNGSINITIATIVEN 5G

5G ist mehr als nur Mobilfunk

11:10 Uhr Al for Industrial Communication:
Delusion or Salvation?
Prof. Dr. Slawomir Stanczak,
Fraunhofer HHI

11:35 Uhr 5G Is More than Mobile Radio –
Perspectives from the Point of View
of an Industrial Company
Dr. Jan Stefan Michels,
Weidmüller Gruppe

11:55 Uhr The Industrial Internet Revisited.
Perspectives from the Lens of
Networking Research

Prof. Dr. Matthias Wählisch, FU Berlin

12:15 Uhr Light Communication for Industrial Applications

Dr. Anagnostis Paraskevopoulos,

Fraunhofer HHI

12:35 Uhr Industrial 5G – Whats Next?

Dr. Andreas Müller, Robert Bosch

12:55 Uhr Industrial Radio Research:
Talking the next steps –

Announcement
Dr. Norman Franchi, TU Dresden

Die Forschung und Entwicklung beschäftigt sich aktuell intensiv mit der Umsetzung dessen, was die 5G Standardisierung konzipiert. Es geht um vielfältige neue Technologien sowie die konkrete Hardware- und Softwareentwicklung im wirtschaftlichen Kontext. Doch 5G Forschung beinhaltet auch die Klärung von Zielkonflikten. Gesellschafts- und umweltbezogene Bedarfsanalysen gehören ebenso dazu wie neue Geschäftskonzepte der Verticals oder potenzielle Regulierungsmaßnahmen. 5G beschreibt als eine interdisziplinäre und anwendungsgetriebene Technologieentwicklung auch neue Methoden, wie Forschung und Entwicklung effektiv und hoch dynamisch agieren kann.

Mit einer interessanten Aussage begann Prof. Stanczak seinen Beitrag: "5G ist hauptsächlich eine Revolution in den Geschäftsmodellen. Wenn man über 5G hinausgeht und Netzwerkfunktionen und Künstliche Intelligenz virtualisiert, wird dies die eigentliche Revolution in den Mobilfunknetzen bringen". In der Marktpraxis bedeutet das eine Abkehr von proprietären Produktlösungen hin zu OpenSource Software, die auf einer generischen, frei programmierbaren Hardware läuft. Hierdurch, so Stanczak, kann eine viel höhere Granularität und Flexibilität der Netze realisiert werden. Maschinelles Lernen hat als eine neue Technologie zwar heute noch etliche Schwächen, bietet aber das Potential für eine effektive Ressourcenplanung auf allen Ebenen des Mobilfunks und eine robuste Vorhersage des Datenverkehrs. Eine wichtige Erkenntnis ist schon heute, die richtige Balance zwischen Aufwand und Nutzen zu finden, um zeitnah und hinreichend genaue Vorhersagen zu bekommen. Man muss beispielsweise domänenspezifisch und aus dem Umfeld lernen und das Erlernte bei der Parametrisierung von Konfidenzintervallen berücksichtigen. Als Testbed für die Erprobung dieser neuen Konzepte eigenen sich Campus











Oben: Prof. Dr. Slawomir Stanczak, Fraunhofer HHI; Unten: Prof. Dr. Matthias Wählisch, FU Berlin

Netze, die bei industriellen Kunden stark nachgefragt werden.

Dass 5G mehr als nur Mobilfunk ist und Campus Lösungen eine Vorreiterrolle spielen, betonte auch Dr. Michels von der Weidmüller Gruppe im zweiten Vortrag des Tages. Als Industrieanwender aus dem Bereich der Automatisierungstechnik sieht sich die Weidmüller Gruppe vor der Herausforderung, die Verfügbarkeit ihrer Prozesse und wirtschaftliche Produktivität fortlaufenden zu stei-

gern. Gleichzeitig sieht man in 5G das unternehmerische Potential, ganz neue Dienste und Formen der Wertschöpfung zu generieren. Mit dem Projekt FlexiPro werden wichtige Kompetenzen bezüglich der Nutzung von 5G für eine effektive und performante drahtlose Vernetzung aufgebaut. Dr. Michels betonte die Wichtigkeit der Kooperation sowohl mit der externen Forschung als auch mit fachspezifischen Industrieverbünden wie der 5G Alliance for Connected Industries and Automation. Durch diese breit gefächerte Zusammenarbeit und gepaart mit









Dr. Norman Franchi, TU Dresden

dem einzigartigen Domänenwissen des eigenen Unternehmens wird die Herausforderung einer profitablen Industrie 4.0 gestaltbar.

Welche technischen Anforderungen an eine moderne, internetgestützte industrielle Kommunikation gestellt werden, beschreibt Prof. Wählisch von der FU Berlin eingangs in seinem Beitrag. Eine Kernanforderung ist Skalierbarkeit, da ein massiver Einsatz von Sensoren und mobilen Geräten in mit unterschiedlichsten Einsatzprofilen in Zukunft zu meistern sein wird. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass die Entwicklung und das Testen von eingebetteten Betriebssystemen für IoT-Systeme bei einer derartig großen Anzahl an Endgeräteoptionen sehr anspruchsvoll sind. Das von der TU Berlin mit entwickelte Betriebssystem RIOT, welches eine Information Centric Network (ICN) unterstützt und eine namensbasierte Identifikation beinhaltet, bietet hier verschiedene Vorteile. Grundsätzlich werden bei ICN weniger wertvolle Netzwerkressourcen als Overhead benötigt und damit Bandbreite für Inhalte und Latenz frei. Prof. Wählisch plädiert bezüglich der technologischen Entwicklung prinzipiell für effektivere Netzwerklösungen, die das (inter)agieren im Internet verbessern. Es muss halt nicht immer IP sein!

Um einen wirklich alternativen Technologieansatz ging es auch in dem Vortrag von Dr. Paraskevopoulos vom Fraunhofer HHI. Er stellte Testergebnisse des Projektes SESAM vor, das die LiFi-Technologie erprobt. LiFi ist eine drahtlose optische Kommunikationstechnologie. Diese ist äußerst manipulationssicher und erzielte bei Tests in einer Produktionszelle von BMW gute Datenraten und Zuverlässigkeitswerte. Um diese Technologie für den industriellen Markt noch interessanter zu machen, wird nach Skalierungslösungen für eine größere Flächenabdeckungen, beispielsweise eine komplette Fertigungshalle, geforscht. Ein Ansatz besteht im untereinander Vernetzen der einzelnen Knoten ähnlich einem kollaborierenden C-RAN. Des Weiteren wird eine direkte bzw. durchgängige Glasfaseranbindung der Knoten untersucht, um damit die Möglichkeit zu schaffen, die digitale Signalverarbeitung weiter entfernt in einer zentralen Datenverarbeitungseinheit zu platzieren.

Dr. Müller von der Robert Bosch GmbH widmete sich bei seinen Ausführungen der praxisbezogenen Einführung von 5G und den anstehenden Aufgaben aus unternehmerischer Sicht. Er benennt diesbezüglich mehrere Themenkomplexe. Die erste Aufgabe sieht er in der Validierung der jetzt auf den Markt kommenden 5G Lösungen. Hierfür werden Knowhow und geeignete Testbeds benötigt. Die zweite Aufgabe besteht in der Optimierung von Leistungsmerkmalen entsprechend konkreter Einsatzanforderungen der Verticals.

Des Weiteren interessiert industrielle Kunden auch noch die Wirtschaftlichkeit der 5G Optionen. Man benötigt ein vollständiges Ökosystem für die industrielle 5G Anwendung. Schlussendlich ist eine langfristige Perspektive gefordert, für deren Mitgestaltung zum Beispiel man sich beispielsweise in der Standardisierung engagieren muss.

JAHRESTAGUNG DER BMBF-FORSCHUNGSINITIATIVEN 5G

5G in erster Umsetzung – die Herausforderung liegt im Detail

.4:30 Uhr Real-time Tranceivers and Systems (FAST)

Prof. Dr. Frank Ellinger, TU Dresden

15:00 Uhr Design of a Secure Software-defined Access Network

(SESAM / Industrial Internet)
Dr. Anagnostis Paraskevopoulos,
Fraunhofer HHI

Hauffilofei

15:30 Uhr Certificate-based Data

Communication in Railway (SiNSeWa / Industrial Internet) Prof. Dr. Joachim Rauchfuß,

OpemLimit Sign Cubes GmbH

16:30 Uhr Mobile and Wireless 5G Time
Sensitive Networks for Industry 4.0

(Tacnet / Taktiles Internet)
Dr. Peter Rost / Nokia Bell Labs

17:00 Uhr Bluetooth Mesh under the

Microscope: How much ICN is inside?

Hauke Petersen, FU Berlin

17:30 Uhr Results, Perspectices, Conclusion

Dr. Lutz Stobbe, Fraunhofer IZM Dr. Gunnar Schomaker, Uni Paderborn Dr. Norman Franchi, TU Dresden Die Herausforderungen bei der Implementierung von 5G sind vielfältig. Sie betreffen sowohl technische Aspekte hinsichtlich der Hard- und Software als auch organisatorische Aspekte wie die Netzplanung und Verfügbarkeit von Antennenstandorten und unterstützenden Infrastrukturen.

Bei der kommerziellen und industriellen Implementierung von 5G Netzen handelt es sich um eine organisatorische und technische Aufgabe. Die Umsetzung der durch die Standardisierung angedachten Anwendungsszenarien für eine massive Netzverdichtung zum Zwecke einer breitbandigen, ultraschnellen und zuverlässigen Kommunikation ist in der Realität sehr komplex und mit einer Vielzahl an Hürden verbunden. Viele Aspekte bezüglich der realen Netzplanung, Verfügbarkeit von Standorten und den operativen Eigenschaften neuen Equipments sind noch unklar. Unternehmen gehen hierbei finanzielle Risiken ein und müssen schwerwiegende Planungsentscheide treffen. Für eine breite Akzeptanz von 5G in der industriellen Anwendung sind Guidelines notwendig, welche den interdisziplinären Erfordernissen der Thematik methodisch und mit Fakten klar Rechnung tragen. Die angewandte Forschung ist gefordert, die Verantwortlichen in den Unternehmen und auch in den betroffenen Behörden mit praxisnahen Workflows, digitalen Planungswerkzeugen und anderen Tools zu unterstützen.



Prof. Dr. Frank Ellinger, TU Berlin;

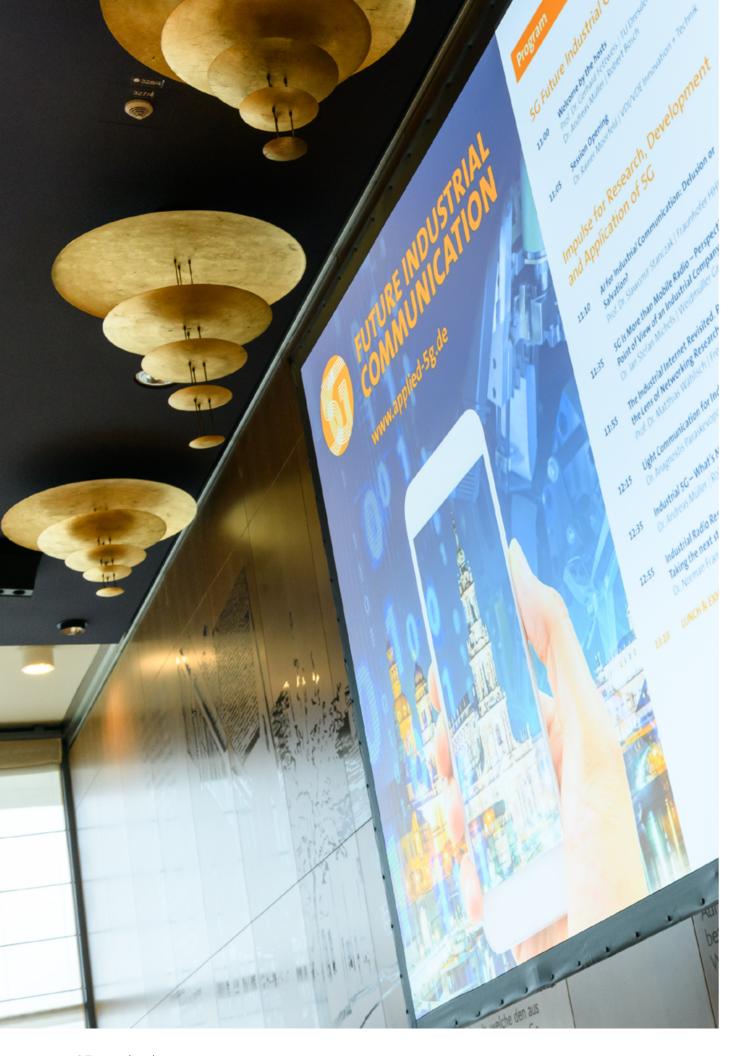


Dr. Peter Rost, Nokia Bell Labs

Die Realisierung einer hochzuverlässigen Echtzeitkommunikation ist ein Kernthema der 5G Entwicklung. Prof. Dr. Ellinger von der TU Dresden stellte in seinem Vortrag das Projekt FAST (Fast Actuators, Sensors and Transceivers) vor, das bereits in 2013 als Bestandteil der BMBF Initiative "Zwanzig20 – Partnerschaft für Innovation" gestartet ist. Er präsentierte Beispiele aus dem Bereich der Entwicklung hoch performanter integrierter Schaltungen. Gleichzeitig ging er auf die vielfältigen technologischen Herausforderungen im Kontext der Hardware-Miniaturisierung für hochfrequente Funktechnik ein. Denn mit zunehmend feineren Strukturen steigen die design- und materialseitigen Anforderungen. Elektromigration sowie thermische und elektromagnetische Effekte sind zu berücksichtigen, da es sonst schnell zu Zuverlässigkeitsproblemen kommen kann.

Ein zweiter Beitrag, der eine latenzarme mobile Kommunikation für Industrie 4.0 Anwendungen zum Gegenstand hatte, kam aus dem Projekt TACNET 4.0 und wurde von Dr. Rost von den Nokia Bell Labs präsentiert. Die 5G Standardisierung (3GPP) adressiert bereits Funktionen und Fähigkeiten für die Integration in deterministische kabelgebundene Technologien wie IEEE 802.1 Time-Sensitive Networking (Ethernet TSN). Vor diesem Hintergrund ging Dr. Rost zunächst auf den Stand der Standardisierung ein und charakterisierte die TSN/3GPP Integration als eine domänenübergreifende Herausforderung. Im Anschluss wurden Messergebnisse diskutiert, welche die Leistungsmerkmale von IEEE 802.1D MAC Bridge im Vergleich zu 5GS Bridge zeigten.











Hauke Petersen, FU Berlin

Abhör- und manipulationssichere Kommunikation sind ein weiterer Themenkomplex der 5G Entwicklung. Ein unkonventionelles Technologiekonzept ist in diesem Zusammenhang die Optische Drahtlose Kommunikation, eine Technologie, die auch als LiFi bekannt ist. Dr. Paraskevopoulos vom Fraunhofer HHI beleuchtete in seinem Vortrag die sicherheitsspezifischen Vorteile der LiFi Technologie. Gerade im Umfeld der industriellen Kommunikation bietet LiFi eine kostengünstige und hoch performante Alternative zur Funktechnik. "LiFi ist genauso zuverlässig und störungssicher wie ein Kabel", so die Aussage des Forschungsteams. Das SESAM Projekt hat in Tests demonstriert, dass die erzielten Leistungsparameter bezüglich Datenrate und Flächenabdeckung für eine industrielle Anwendung in hohem Maße ausreichend sind. Ein Schwerpunkt des Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines MIMO-Konzeptes, um eine hohe Linkstabilität bei volatilen Sichtachsen (LOS) zu realisieren.

Die sichere Kommunikation war auch Gegenstand des Beitrages von Prof. Rauchfuß, der als Projektleiter bei der OpenLimit SignCubes GmbH tätig ist. Er stellte Ergebnisse aus dem Projekt SiNSeWa vor und ging detaillierter auf die Erstellung eines Schutzprofils auf Grundlage einer Risikoanalyse sowie die Konzeption und Realisierung eines Security Gateways ein. Das Security Gateway, welches für den Einsatz bei der Deutschen Bahn konzipiert ist, wurde im Projekt auf Basis einer gehärteten Open-VPN Lösung mit ARM Trust Zone sowohl softwareals auch hardwareseitig demonstriert. Beim Fraunhofer FOKUS wurde für Messungen der Funktionalität, wie beispielsweise Zellwechsel, ein experimentelles Textfeld aufgebaut.

Im finalen Vortrag stellte Hauke Petersen von der FU Berlin noch eine sehr interessante Alternative für die Vernetzung im industriellen Umfeld vor. Im Rahmen des i3 Projektes verglich er die Leistungsmerkmale von Bluetooth Mesh. BT Mesh ist eine neue Funktechnologie, welche die Prinzipien eines Information Centric Networks (ICN) beinhaltet. Bei einem direkten Vergleich einzelner Parameter zeigen sich aber doch Unterschiede. Gegenüber ICN benötigt BT Mesh den kompletten vertikalen Stack, einschließlich einer Segmentierung im Transport Layer. Die Adressierung stellt eine Analogie dar, aber das Caching fehlt. Potentielle Überflutung und Replikation beeinträchtigen die Netzwerkleistung in BT-Mesh. Im Fazit des Vergleichs wird festgestellt, dass sich Synergien durch die Kombination der Prinzipien von BT-Mesh und ICN ergeben.



































ANSPRECHPARTNER

5Gang

Ericsson GmbH Henning Buhr Ericsson-Allee 1 52134 Herzogenrath 5gang@ip45g.de

FIND

DFKI GmbH
Prof. Dr. Hans Dieter Schotten
Trippstadter Straße 122
67663 Kaiserslautern
schotten@eit.uni-kl.de

FlexSi-Pro

Fraunhofer IOSB
Dr. Christian Haas
Fraunhoferstraße 1
76131 Karlsruhe
christian.haas@iosb.fraunhofer.de

!3

Freie Universität Berlin Prof. Dr. Matthias Wählisch Takustraße 9 14195 Berlin i3@ip45g.de

SEKOM

Diebold Nixdorf Dr. Dinh Khoi Le Heinz-Nixdorf-Ring 1 33106 Paderborn sekom@ip45g.de

SESAM

Fraunhofer HHI
Dr. Volker Jungnickel
Einsteinufer 37
10587 Berlin
volker.jungnickel@hhi.fraunhofer.de

SINSEWA

OPENLIMIT SignCubes GmbH Dr. Stephan Lachmann Saarbrücker Straße 38 a 10405 Berlin sinsewa@ip45g.de

IP45G

Paderborn University, SICP Dr. Gunnar Schomaker Zukunftsmeile 1 33102 Paderborn schomaker@sicp.de

5G NetMobil

Robert Bosch GmbH Dr. Frank Hofmann Robert-Bosch-Straße 200 31139 Hildesheim Frank.Hofmann2@de.bosch.com

AMMCOA

Infineon Technologies AG Christian Meyne Am Campeon 1-12 85579 Neubiberg Christian.Meyne@infineon.com

TACNET 4.0

DFKI GmbH Prof. Dr. Hans D. Schotten Trippstadter Straße 122 67663 Kaiserslautern schotten@eit.uni-kl.de

IMPRESSUM

Herausgeber

Dr. Gunnar Schomaker
SICP – Software Innovation Campus Paderborn
Universität Paderborn
Zukunftsmeile 1, 33102 Paderborn
+49 (0)5251 5465 228
info@ip45g.de
www.ip45g.de

Gestaltung

mcc Agentur für Kommunikation GmbH Bülowstraße 66, 10783 Berlin +49 30 61 28 86 11 info@mcc-events.de www.mcc-events.de

Verfasser

Michael Kemkes, InnoZent OWL e. V. Thomas Mager, Fraunhofer IEM Dr. Simon Oberthür, Uni Paderborn / SICP Dr. Gunnar Schomaker, Uni Paderborn / SICP Dr. Lutz Stobbe, Fraunhofer IZM

Bildnachweis

BLEND3 / Frank Grätz

Stand Oktober 2019

