

Tagungsband

13. Ilmenauer TK-Manager Workshop

Technische Universität Ilmenau
12. September 2014

Herausgegeben vom
Telekommunikations-Manager (TKM) e.V.

ilmedia

2014

Impressum

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Redaktion

Jochen Seitz

Michael Heubach

Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek

ilmedia

Postfach 10 05 65

98684 Ilmenau

www.tu-ilmenau.de/ilmedia

URN urn:nbn:de:gbv:ilm1-2014200122

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Grußwort	3
<i>von Dr.-Ing. Wolfram Rink</i>	
Telekommunikations-Manager e.V.	4
<i>von Dipl.-Ing. Michael Heubach und Dr.-Ing. Wolfram Rink</i>	
Optische Netze – vom Weitverkehr ins Wohnzimmer	6
<i>von Dr. Christoph Glingener</i>	
Asset Tracking mit drahtlosen Sensornetzen	11
<i>von Marco Wenzel</i>	
Adaptive Frequenzwahl für ein drahtloses Multi-Hop-Sensornetz	18
<i>von Dr.-Ing. Florian Evers</i>	
Entwicklungen in Ethernet-TSN für den Einsatz in hochautomatisierten Fahrzeugen	22
<i>von Daniel Zebralla</i>	
Big Data in der Telekommunikation -Anwendungsfälle	26
<i>von Dr. Roger Knorr</i>	
Vectoring – rechtliche Konsequenzen einer neuen Technologie	28
<i>von Rain Martina Etling-Ernst</i>	
Art of War – „Wie ich lernte meinen Feind zu lieben“	32
<i>von Dipl.-Phys. Christoph Schmidt</i>	
Business-Etikette 2.0 - Keine zweite Chance für den ersten Eindruck	34
<i>von Jan Schaumann</i>	

Aktuelle Forschungsthemen am Fachgebiet „Kommunikationsnetze“

Vorwort	36
<i>von Prof. Jochen Seitz</i>	
Peer-to-Peer-Framework für rechnergestütztes Gruppenlernen.....	38
<i>von Mais Hasan</i>	
Kommunikation und Wegewahl in Assistenzsystemen	44
<i>von Karsten Renbak</i>	
Intelligente Transportsysteme	54
<i>von Markus Hager</i>	
Analyse von Einflussgrößen auf die Kommunikation von Rettungskräften anhand verschiedener Einsatzszenarien.....	60
<i>von Silvia Krug</i>	
Vertical Handover Management with Quality of Service Support.....	69
<i>von Atheer Al-Rubaye</i>	
QoS-enabled Routing in MANETs Based on ACO and SNMP.....	77
<i>von Aymen Al-Ani</i>	
Zuverlässige Gruppenkommunikation in mobilen Ad-hoc-Netzen auf Basis eines verzögerungstoleranten Kommunikationsdienstes.....	88
<i>von Peggy Begerow</i>	
Danksagung	94
Autorenverzeichnis	95

Grußwort

von Dr.-Ing. Wolfram Rink

Dr.-Ing. Wolfram Rink gehörte zu den Gründungsgremien des weiterbildenden Studienganges „Telekommunikations-Manager“ und des „TKM Telekommunikations-Manager e.V.“.

Er ist Absolvent des TKM-Jahrgangs 1997/98, betreute den Studiengang von seinen Anfängen 1993 bis 1999 organisatorisch und war langjährig als Dozent im Studiengang tätig.

Seit 2003 ist Dr. Rink erster Vorstand des „TKM Telekommunikations-Manager e.V.“

Sehr geehrte Gäste, liebe TKMs,

in diesem Jahr treffen wir uns zum 13. Telekommunikations-Manager Workshop in Ilmenau.

Dass dieser im Jahr 2014 mit dem 15jährigen Bestehen des TKM e.V. zusammenfällt, nehmen wir als gutes Omen für die Beständigkeit einer langjährigen vertrauensvollen Zusammenarbeit und Unterstützung, die das Fachgebiet Kommunikationsnetze durch diesen Förderverein erfährt – und darauf können beide Seiten besonders stolz sein.

Eine solide Ausbildung – gepaart mit einer langjährig gewachsenen Vernetzung – gilt als Voraussetzung für eine erfolgreiche Karriere. Das ist seit vielen Jahren das Credo der Absolventen des weiterbildenden Studienganges „Telekommunikations-Manager“ und des Fachgebietes Kommunikationsnetze.

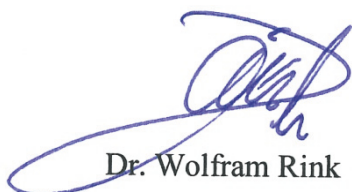
Wir freuen uns ganz besonders über die Teilnahme der ehemaligen Absolventen als Besucher und Referenten am Workshop.

In diesem Jahr kombinieren wir wieder unser Telekommunikations-Manager Workshop mit einem Alumni-Treffen des Fachgebiets Kommunikationsnetze.

Es ist eine besondere Freude, dass sich auch dieser – auf Anregung des „TKM Telekommunikations-Manager e.V.“ entstandene Event – ebenfalls zu einer „Tradition“ entwickelt.

Ich wünsche Ihnen und uns einen erfolgreichen Workshop, ein gelungenes Alumni-Treffen und viel Erfolg für die Zukunft.

Ihr



Dr. Wolfram Rink

1. Vorstand „TKM Telekommunikations-Manager e.V.“

Telekommunikations-Manager e.V.

von Dipl.-Ing. Michael Heubach und Dr.-Ing. Wolfram Rink

Michael Heubach wechselte 1998 an das Fachgebiet Kommunikationsnetze und war für die Erstellung von E-Learning-Materialien für den berufsbegleitenden, weiterbildenden Studiengang Telekommunikations-Manager zuständig, für dessen organisatorischen Ablauf er sich seit 1999 verantwortlich zeigt und den er 2001 erfolgreich absolvierte. Er ist seit Gründung des „TKM Telekommunikations-Manager e.V.“ als dessen Schatzmeister und Ansprechpartner vor Ort tätig.

Motivation

Der TKM Telekommunikations-Manager e.V. unterstützt seit nunmehr fünfzehn Jahren sowohl den Weiterbildungsstudiengang gleichen Namens als auch das Fachgebiet Kommunikationsnetze - welches den Studiengang 10 Jahre lang erfolgreich durchführte – und soll hier näher vorgestellt werden.

Ziele und Inhalte

Der TKM Telekommunikations-Manager e. V. ist ein Verein zur Förderung des Fachgebiets Kommunikationsnetze der Technischen Universität Ilmenau und des früheren berufsbegleitenden Weiterbildungsstudiengangs "Telekommunikations-Manager". Dabei handelt es sich um eine personelle, ideelle und finanzielle Unterstützung. Der Verein in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Kommunikationsnetze stellt eine Anlaufstelle für Alumni und TKMs gleichermaßen dar.

Die Aufgaben im Einzelnen:

- Networking (Herstellen entsprechender Kontakte) mit Gleichgesinnten und Experten
- Unterstützung bei der Jobsuche und Karriere
- Bereitstellen von Informationen aus TK/IT-Industrie, -Wirtschaft und -Management aus erster Hand
- Wissenstransfer zwischen Industrie/Wirtschaft und Wissenschaft/Forschung (in beide Richtungen)
- kostenlose Teilnahme am zweijährlichen TKM-Workshop, incl. Tagungsband
- jederzeit fachliche Unterstützung/Beratung von Vereinsmitgliedern durch das Fachgebiet
- für Mitglieder, die in ihrer Firma studentische Arbeiten betreuen, übernimmt das Fachgebiet bei thematischer Eignung vorbehaltlos die Hochschulbetreuung

- Förderung (von Mitgliedern) bei Weiterbildung, Promotion etc.
- Bereitstellung einer Informations- und Kommunikationsplattform Die Absolventen unserer Studiengänge sind hervorragend ausgebildete IT-Fachleute mit dem entscheidenden Wissensvorsprung in Technik und Management. Sie arbeiten in verschiedensten Spitzenpositionen der europäischen Telekommunikations- und IT-Wirtschaft und unterhalten ein Netzwerk zum regelmäßigen Informationsaustausch
- Erklärtes Ziel ist die ALUMNI-Förderung sowie der Aufbau und die Unterhaltung eines aktiven Absolventennetzwerkes

Der TKM e.V. verfolgt keine gewerblichen Interessen, sondern ausnahmslos gemeinnützige Zwecke. Der Verein steht in keinem Zusammenhang mit ggf. ähnlich lautenden Firmen.

Geschichte

Der Verein wurde im November 1999 von Studierenden des berufsbegleitenden Weiterbildungsstudienganges "Telekommunikations-Manager" zur Unterstützung des selbigen gegründet. Der Verein sollte aus Studierenden, Absolventen und Dozenten des Weiterbildungsstudienganges und Mitarbeitern des den Studiengang ausrichtenden Fachgebietes Kommunikationsnetze bestehen. Dies ist bis heute der Fall. Durch die letzte Satzungsänderung beschränkt sich die Förderung des Vereines nicht mehr nur auf den Studiengang, sondern bezieht das Fachgebiet Kommunikationsnetze im Hinblick einer Alumni- Förderung mit ein. So wurden hierfür in den letzten Jahren durchschnittlich 1.000-1.500 € pro Jahr ausgegeben, seit 2003 insgesamt mehr als 10.000 €.

Gegenwart

Die Mitglieder des TKM-Fördervereines am Fachgebiet Kommunikationsnetze der TU Ilmenau erhalten regelmäßig Informationen über aktuelle Forschung und Entwicklungen an unserem Fachgebiet (Newsletter, Jahresbericht) sowie Einladungen zu Veranstaltungen, wie z.B. das Absolvententreffen. Gleichzeitig fördern unsere Mitglieder die Tradition, das wissenschaftliche und kulturelle Leben am Fachgebiet sowie die Bindung der Absolventen an ihre Alma Mater!

Optische Netze – vom Weitverkehr ins Wohnzimmer

von Dr. Christoph Glingener

Christoph Glingener erlangte 1993 das Diplom und 1998 den Dr.-Titel im Fachgebiet Elektrotechnik an der Universität Dortmund. Nach umfangreichen Erfahrungen in der optischen Nachrichtentechnik bei Marconi (heute Ericsson) und Siemens (heute Coriant) kam er 2006 zu ADVA Optical Networking und verantwortet dort als Chief Technology Officer Produktmanagement, Forschung- & Entwicklung sowie die Produktionseinführung. ADVA Optical Networking ist ein führender, globaler Anbieter von optischer Kommunikationstechnik mit mehr als 1400 Mitarbeitern und ca. 310 Millionen Euro Umsatz (2013).

Übersicht

Der rasante Wandel zu einer digitalen Gesellschaft mit unbegrenzten Kommunikationsmöglichkeiten zwischen humanen und maschinellen Endnutzern resultiert in einem explodierenden Bandbreitenbedarf in allen Bereichen der Kommunikationsnetze. Glasfaserbasierte, optische Übertragungstechnik stellt die Basis der benötigten Infrastruktur dar und dieser Beitrag gibt einen Überblick hinsichtlich der entsprechenden Anforderungen, Trends und Technologien.

Trends und Anforderungen

Die schnelle Entwicklung des Internet, der Anwendungen wie sozialer Netze und video-on-demand einhergehend mit der Evolution der Endgeräte wie z.B. Smartphones führt zu Bandbreitenanforderungen, die heute in der Regel nicht erfüllt werden. Unabhängig von der Übertragungstechnik in der letzten Meile (Mobilfunk, Festnetz über Kupfer, Kabel oder Faser), die letztendlich den wesentlichen Engpass darstellt, muss zwingend größere Bandbreite immer näher zum Endnutzer zur Verfügung gestellt werden.

Zukünftige Mobilfunknetze (4G und 5G) können nicht mehr wie die vergangenen Generationen über Richtfunk- oder Kupfer-Lösungen angebunden werden, sondern aufgrund der erhöhten Bandbreite müssen Glasfaser zu den Basisstationen oder gar zu verteilten Antennen geführt werden. Große Betreiber wie z.B. AT&T streben eine komplette optische Anbindung der Basisstationen an. Resultierende Anforderungen an die optischen Übertragungssysteme zur Anbindung von Basisstationen (FTTT – Fiber to the tower) und verteilten Antennen sind neben Skalierbarkeit (multiple Gbit/s pro Basisstation/Antenne) und Kosteneffizienz auch Sicherstellung und Überwachung von Latenz, Kapazität, Qualität und Synchronisierung. Hinsichtlich der Festnetzanbindung sind wir in Deutschland leider weit hinter den

Anforderungen als auch Möglichkeiten zurück. Laut [1] waren in 2012 66.2% aller Haushalte mit 30 Mbit/s angebunden. Schaut man jedoch auf die real erreichbaren Bandbreiten so ist diese Aussage bei weitem zu positiv. Die Digitale Agenda beinhaltet das Ziel in 2018 100% der Haushalte mit 50 Mbit/s anzubinden [1]. Als Ziel sehr löblich, aber mit allen derzeit bekannten Maßnahmen wohl unerreichbar. Abb. 1 zeigt die Entwicklung der Bandbreiten-Nachfrage als auch mögliche Technologien um diese zu befriedigen. Eine Anbindung eines jeden Haushalts mit 1 Gbit/s, symmetrisch (getrieben durch Cloud Networking) und zu jeder Zeit erreichbar, muss das Ziel sein und wird beispielsweise in den USA durch Google Fiber getrieben und realisiert.

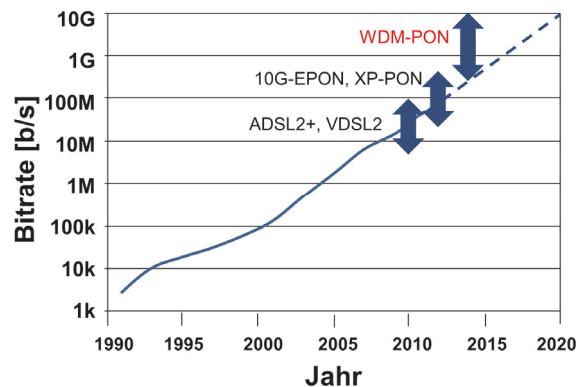


Abbildung 1: Entwicklung der Zugangsnetzdatenrate seit 1990 und Prognose bis 2020 (basierend auf [2])

Die wesentliche Hürde ist sicherlich der Ausbau der Faserinfrastruktur gekoppelt mit niedrigen Preisen und unklarer zukünftiger Regulierung. Hinsichtlich der Übertragungstechnik sind nur optische Lösungen bis in jeden Haushalt (FTTH – Fiber to the home) in der Lage, den Bandbreitenanforderungen kosteneffizient genüge zu leisten. Wenn dies zukünftig erreicht ist, stellt die Verteilung der hohen Bandbreite innerhalb von Gebäuden eine weitere Herausforderung dar.

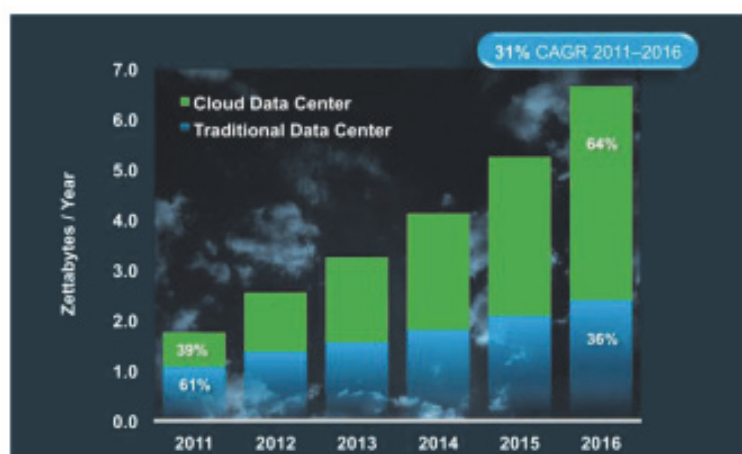


Abbildung 2: Entwicklung der globalen Rechenzentrums-Kapazität [3]

Die Auswirkungen der Bandbreitenentwicklung auf Metro- und Kernnetze sind ebenfalls gravierend. Es ist ein Trend zur Konsolidierung von Standorten hin zu wenigen, großen

Standorten, welche klassische Telekommunikationsanwendungen mit Rechenzentren zur massiven Datenspeicherung vereinen. Letzteres ist im Wesentlichen getrieben durch Cloud Anwendungen und Content-Anbieter wie Apple, Amazon, Microsoft oder Google. Cisco prophezeit ein Wachstum der globalen Rechenzentrums-Kapazität auf über 6 Zettabyte in 2016 (Abb. 2). Auch in den Metro- und Kernnetzen gilt es die Faserinfrastruktur so effizient wie möglich zu nutzen und spezielle Lösungen zu entwickeln, die möglichst kostengünstig hohe Daten (multi-Tb/s) über eine Glasfaser transportieren und verschalten können.

Ein weiterer schnell wachsender Anwendungsbereich für optische Übertragungstechnik liegt in den privaten Netzen. Hier werden eigenständig Lösungen aufgebaut, die nicht über klassische Telekommunikationsanbieter angemietet sind. Beispiele hierfür sind Rechenzentrumskopplung für Finanzinstitute/Banken oder auch Krankenhäuser. Ferner Betriebsnetze für Versorger und Medienbetriebe. Je nach Segment ergeben sich hier unterschiedliche Anforderungen für die Systeme. Hervorzuheben sind die Sicherheitsanforderungen (Verschlüsselungstechnik erforderlich), aber auch Latenzzeiten.

Es ergibt sich somit ein weites, schnell wachsendes und sich änderndes Anwendungsfeld für optische Übertragungstechnik mit einer Vielzahl von Anforderungen. Allen gemein ist Kosteneffizienz, einfache automatisierte Installation und Betrieb bis hin zu Aspekten wie Energieeffizienz.

Lösungen und Technologien

Optische Zugangssysteme, die sowohl Mobilfunkanbindung, als auch kommerzielle Kunden und Privatkunden über Glasfaser anbinden können nutzen Wellenlängenmultiplex und günstige abstimmbare Laser [3]. Die technologischen Herausforderungen liegen zum einen in der kostengünstigen Realisierung von der Kundenseite, die abstimmbare sein muss, um gleiche Module bei unterschiedlichen Kunden einzusetzen. Zum anderen muss auf der Netzseite kostengünstig aggregiert werden, welches nur durch photonische Integration möglich ist. Abb. 3 zeigt Komponenten, wie sie von ADVA Optical Networking verwendet werden.

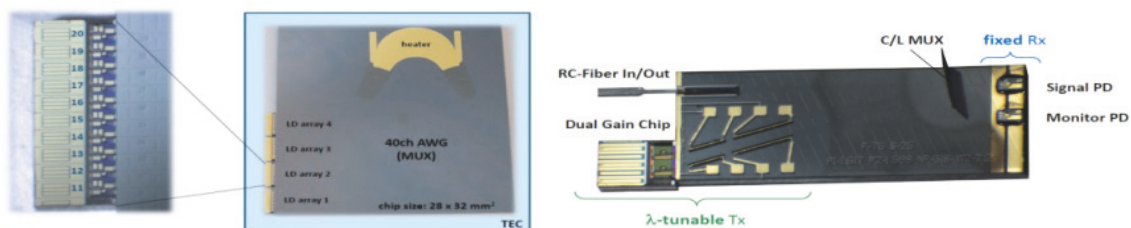


Abbildung 3: Multi-Kanal OLT (links) und Tunable Laser (rechts) als Basis für ein kosteneffizientes Zugangssystem (Quelle : Fraunhofer HHI)

Zusätzlich muss das System hinsichtlich Infrastruktur und Betriebsparameter überwacht werden. Zusammenfassend sind Realisierungen möglich, die 40 und mehr Nutzer mit 1-10 Gbit/s pro Endpunkt über minimale Faserinfrastruktur bis zu 100 km entfernt anbinden können.

Bei Metro- und Kernnetz-Lösungen ist das Ziel Lösungen zu erarbeiten, die Bandbreite, Reichweite und Kosten optimieren. Neben optischen Filtern, Schaltern und Verstärkern wird die reine Übertragungstechnik im Wesentlichen durch photonische Integration, die

Entwicklung der CMOS Technologie (DSPs) und daraus resultierenden Möglichkeiten hochintegrierte mehrkanalige Systeme mit mehrstufigen Modulationsformaten zu entwickeln (siehe Abb.. ADVA Optical Networking setzt hierbei auf unterschiedliche Realisierungen. Zum einem Systeme kürzerer Reichweite mit direkter Detektion, die auf Intensitätsmodulation oder mehrstufiger Modulation basieren (PAM4, DMT) und zum anderen kohärente Systeme mit maximaler Reichweiten (3000+ km) und ebenfalls mehrstufiger Modulation größerer Reichweite.

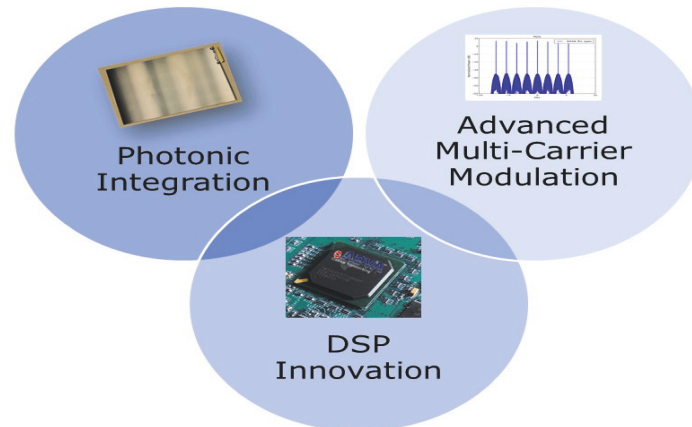


Abbildung 4: Basistechnologien der Übertragungstechnik

Eine der größten Herausforderungen ist es die Lösungen in allen Netzbereichen effizient zu managen. Hierzu werden in der Zukunft nebst den traditionellen Ansätzen auch neue Technologien, wie z.B. Software-Defined-Networking (SDN) oder Network-Function-Virtualization (NFV) verwendet werden. SDN erlaubt die Abstrahierung und Virtualisierung des Netzes und vereinfacht das gemeinsame Management von unterschiedlichen Netzsichten in komplexen Netzen. NFV meint die Virtualisierung der Applikation und ermöglicht eine flexible Zuweisung unterschiedlichster Anwendungen auf Endnutzer.

Die Kombination aller erwähnten Technologien ist die Basis moderner und zukünftiger optischer Kommunikationsnetze.

Zusammenfassung

Optische Übertragungstechnik ist die Basis heutiger und zukünftiger Kommunikationsnetze. Explodierende Anforderungen an Bandbreite auf der einen Seite und eine rasante Entwicklung der technologischen Möglichkeiten auf der anderen Seite führen zu einer Ausbreitung glasfaserbasierter Lösungen bis in unsere Wohnzimmer.

Literatur

- [1] <https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/country-information-%E2%80%93-germany>
- [2] *Next Generation Broadband in Europe: The Need for Speed*, Heavy Reading Report, vol. 3, no. 5, March 2005.
- [3] Cisco Global Cloud Index, 2012.

- [4] K.Grobe, M. Eiselt, S. Pachnicke, J.-P.Elbers: *Access Networks based on Tunable Lasers*, Journal of Lightwave Technology, vol. 32, no. 16, 2014.

Asset Tracking mit drahtlosen Sensornetzen

von Marco Wenzel

Marco Wenzel schloss 2007 als Diplomingenieur sein Studium der Ingenieurinformatik an der TU Ilmenau ab. Anschließend arbeitete er dort als wissenschaftliche Hilfskraft im Fachgebiet Kommunikationsnetze im Bereich des kontextsensitiven Routings in Ad-hoc-Netzen. Im Jahr 2008 wechselte er zur Firma T-Systems nach Ulm und beschäftigte sich dort als Systemingenieur vorwiegend mit der Entwicklung von mobilen Kommunikationssystemen in öffentlichen Verkehrsmitteln. Seit Ende 2010 ist Herr Wenzel als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in der Abteilung Kommunikationsnetze in Nürnberg tätig. Dort ist er für den Bereich der Forschung und Entwicklung von Applikationskomponenten und Lokalisierungstechnologien in drahtlosen Sensornetzen zuständig.

Überblick

Drahtlose Sensornetze spielen besonders im Hinblick auf die Entwicklung des „Internets der Dinge“ in den letzten Jahren eine immer größere Rolle. Ein Ziel hierbei ist es, physische Gegenstände intelligent zu machen, kommunizieren zu lassen und somit virtuell zu repräsentieren. Mit der vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS entwickelten s-net[®] Technologie ist es möglich, unter dem Einsatz drahtloser Sensorknoten intelligente Objekte zu erschaffen und diese miteinander zu vernetzen. Neben der Erfassung von Sensordaten ist die Möglichkeit zur Positionsbestimmung der Knoten ein wesentliches Merkmal in vielen Anwendungsszenarien. Die aktuelle s-net[®]-Hardware-Referenzplattform S6TAG ermöglicht es, dank des integrierten Mikrocontrollers Daten auf den mobilen, batteriebetriebenen Sensorknoten zu verarbeiten und persistent zu speichern. Zusammen mit der implementierten Lokalisierungslösung ist es somit beispielsweise möglich, ein standortbezogenes Verhalten der intelligenten Objekte zu realisieren. Der s-net[®]-Protokollstapel erlaubt im Sensornetz die Selbstorganisation der Knoten sowie einen Multi-Hop-Datentransport. Durch einen optimierten TDMA-Medienzugriff (Time Division Multiple Access) und Funkmodule im ISM-Band (Industrial, Scientific and Medical Band) bei 868 MHz können diese Netze mit langer Lebensdauer und hoher Robustheit gegenüber Störeinflüssen betrieben werden.

Der vorliegende Artikel zeigt, wie die Positionsbestimmung intelligenter Objekte mit der s-net[®]-Technologie realisiert wurde. Hierbei liegt der Schwerpunkt besonders auf der Anwendung im Umfeld der Güterverfolgung, dem so genannten Asset Tracking.

Motivation

Bei der Optimierung logistischer Prozesse kommt immer wieder der Wunsch auf, hochwertige Behälter und auch Güter besser beobachten, inventarisieren und verfolgen zu können. Ein wesentliches Ziel hierbei ist es, dass die Positionen der Gegenstände, insbesondere auf Umschlagplätzen und Werksgeländen, jederzeit bekannt ist. Bekannte Lokalisierungstechnologien wie beispielsweise GPS (Global Positioning System) scheitern dabei an der Anforderung, dass eine Lokalisierung auch innerhalb von Gebäuden oder Behältern zuverlässig funktionieren soll. Die Kosten für eine Installation würden beim Einsatz von den dafür notwendigen hochtechnologischen Hardwarekomponenten außerdem nicht mehr in den wirtschaftlich vertretbaren Rahmen passen, da nicht selten mehrere hundert bis tausend Objekte ausgestattet werden müssen. Darüber hinaus sind energetische Gesichtspunkte in solchen Anwendungsfällen von Belang, da die mobilen Geräte oft Monate oder Jahre autark und ohne Wartung betrieben werden sollen.

Mit der s-net[®]-Technologie des Fraunhofer IIS ist es möglich, die genannten Schwächen vieler klassischer Lokalisierungslösungen zu eliminieren und zusätzliche Vorteile für die Anwendung im Bereich des Asset Tracking zu gewinnen. Mit folgenden Eigenschaften wird der Nutzen des Sensornetzes in der Praxis verdeutlicht:

- **Einfache Installation:** Die batteriebetriebenen und miniaturisierten Sensorknoten können sowohl an den zu verfolgenden Gegenständen als auch in der relevanten Umgebung als Infrastruktur sehr einfach und schnell angebracht werden. Weder permanente Spannungsversorgung noch eine Kommunikationsinfrastruktur, wie beispielsweise Ethernet, sind notwendig, da die Knoten autark sind und via Funk kommunizieren.
- **Funkbasierte Ortung:** Auf Basis des vorhandenen Funknetzes von fest installierten Knoten sowie mit Hilfe von Feldstärkemessungen bestimmen die Sensorknoten ihre eigene Position. Zusätzliche Sensorik oder Infrastruktur ist nicht notwendig. Aufgrund des genutzten Frequenzbandes können auch Hindernisse durchdrungen werden und machen eine direkte Sichtverbindung (LOS – Line Of Sight) zu Nachbarknoten nicht zwingend erforderlich.
- **Autarke Berechnung:** Die zu lokalisierenden Knoten berechnen ihre eigene Position selbst. Anhand dieser Fähigkeit ist es möglich, ortsbezogene Dienste oder ein entsprechendes Verhalten innerhalb des Netzes zu realisieren. Außerdem können zusätzlich zu den Positionsdaten jederzeit Sensorwerte ermittelt und aggregiert übertragen werden.
- **Lange Laufzeit:** Mit der extrem energiesparenden Hardware, sowie dem hochoptimierten Kommunikationsprotokoll können s-net[®]-Knoten, je nach Konfiguration, mehrere Jahre mit nur einer Batterie betrieben werden. Der Aufwand für die Wartung des Netzes wird somit deutlich verringert.
- **Zuverlässige Datenübertragung:** Durch die Möglichkeit der Multi-Hop-Übertragung und einer Punkt-zu-Punkt-Sicherung werden Daten auch über räumliche Distanzen von bis zu mehreren hundert Metern zuverlässig übertragen. Trotz der aus Stromspargründen relativen hohen Latenz bei der Kommunikation werden die Daten entsprechend den Anforderungen im logistischen Bereich hinreichend schnell übertragen.

Funktionsweise

Wie bereits angedeutet, bestimmen mobile Knoten im Sensornetz ihre Position anhand gemessener RSSI-Werte (Received Signal Strength Indicator), welche sie von empfangenen Nachrichten aus der Funkkommunikation ermitteln. Hierzu ist es notwendig eine entsprechende Infrastruktur als Positionsreferenz bereit zu stellen. In s-net[®] wird dies durch die sogenannten Ankerknoten, welche unter anderem auch für die Routingfunktionalität im Netz zuständig sind, realisiert. Diese Knoten müssen in geeigneten Abständen fest in der relevanten Umgebung angebracht werden und umspannen somit eine polygonförmige Fläche, in der sich die mobilen Geräte lokalisieren können. Folgende Abbildung verdeutlicht das Prinzip:

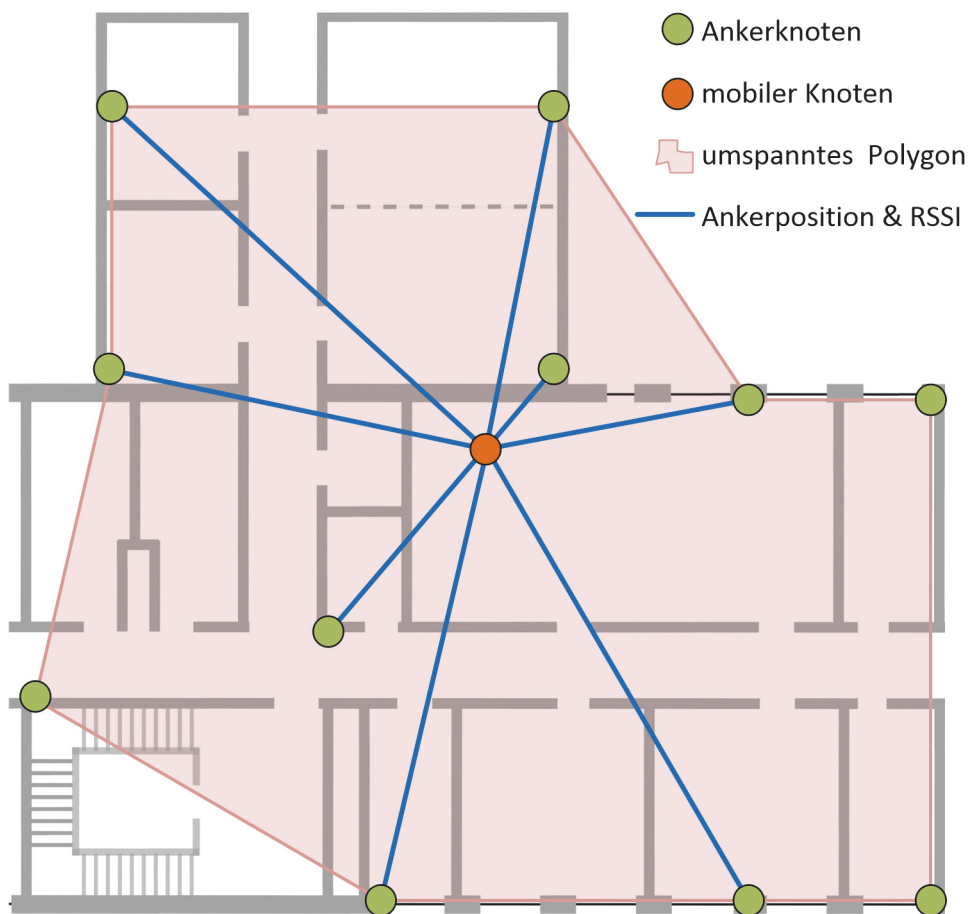


Abbildung 1: Grundprinzip der s-net[®]-Lokalisierung

Die grün gefärbten Ankerknoten werden mit ihrer eigenen Position fest konfiguriert. Diese wird während der Laufzeit periodisch als Broadcast-Nachricht ausgesendet. Mobile Knoten (orange), die sich in der Funkreichweite der Anker befinden, empfangen diese Positionsnachrichten und messen die entsprechende Signalstärke. Aus der Liste von Referenzpositionen entsteht nun ein Satz von Vektoren (blau), deren Länge mit dem ermittelten RSSI-Wert korreliert. Jener Punkt, in dem sich die Enden der Vektoren treffen, kann somit als die Position des mobilen Knotens angesehen werden. Der Algorithmus, welcher sich dahinter verbirgt, wird als WCL (Weighted Centroid Localization) bezeichnet.

Insbesondere bewegliche Hindernisse können die RSSI-Messungen durch Mehrwegeausbreitung und Abschattung auf den Sensorknoten erheblich beeinflussen. Deswegen ist es notwendig, stark schwankende Messwerte möglichst zu glätten, um ein übermäßiges „Springen“ der ermittelten Position zu verhindern. Die s-net[®]-Lokalisierungsarchitektur beinhaltet deshalb entsprechende Filterkomponenten zur Vor- und Nachverarbeitung der Daten. In der folgenden Abbildung werden die Zusammenhänge hervorgehoben:

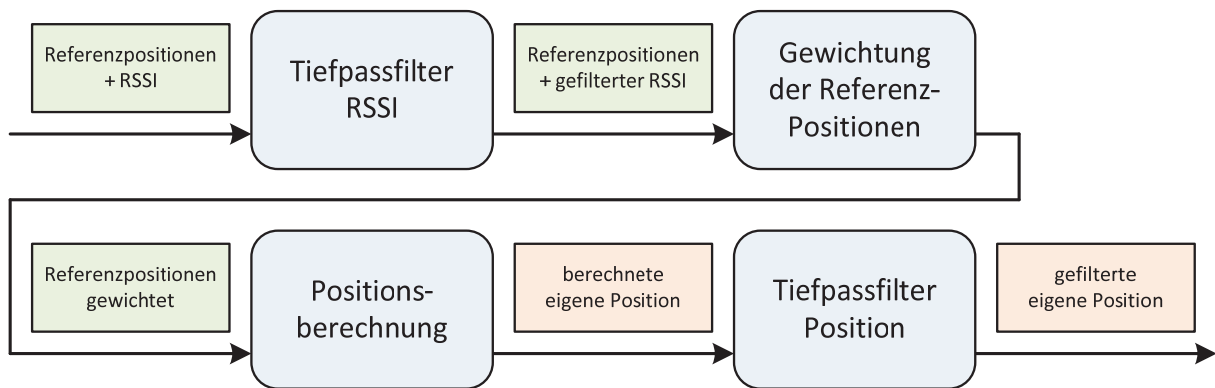


Abbildung 2: Komponenten in der Lokalisierungsarchitektur

Die ermittelten RSSI-Werte werden anfangs in einem konfigurierbaren Tiefpassfilter geglättet. Anschließend werden die zugehörigen Referenzpositionen mit den gefilterten Daten gewichtet und an das Modul zur Positionsberechnung mittels WCL geleitet. Die daraus resultierende geschätzte Position wird dann ebenfalls in einem Tiefpassfilter bearbeitet, um das Sprungverhalten zu dämpfen.

Messungen

Um die Implementierung und somit den praktischen Nutzen der s-net[®]-Lokalisierung zu validieren, wurde in den Büroräumen des Fraunhofer IIS am Standort Nürnberg ein Testnetz aufgebaut. Folgende Abbildung zeigt Teile der Installation:



Abbildung 3: Testaufbau im Bürogebäude

Der Gebäudegrundriss wird von der Ankerinfrastruktur (grüne Knoten) umschlossen. Somit können sich mobile Knoten (orange) innerhalb der nahezu gesamten Grundfläche lokalisieren.

Die mobilen Knoten wurden im Gebäude verteilt und ihre physische Position als Referenz für die späteren Auswertungen notiert. Die von den Knoten berechneten und periodisch übermittelten Positionen wurden in einer Datenbank gespeichert. Die Auswertung der Daten erfolgte anschließend über unterschiedliche Messzeiträume zwischen wenigen Stunden bis hin zu mehreren Tagen. Dabei wurden die Standorte der mobilen Knoten in verschiedenen Szenarien auch immer wieder verändert. Folgende Abbildung zeigt die statistische Auswertung der Abweichung zwischen der tatsächlichen und der berechneten Position der Knoten:

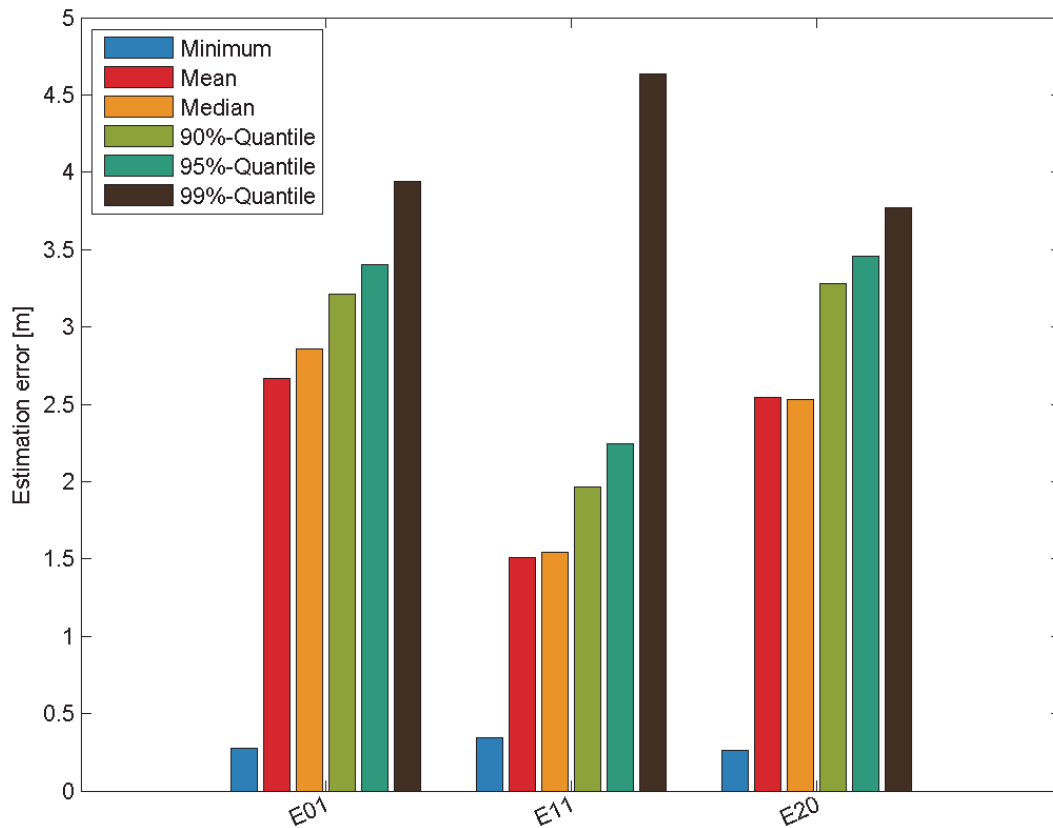


Abbildung 4: Statistische Auswertung der Positionsdaten mobiler Knoten

Die in der Testumgebung berechneten Positionen haben eine mittlere Abweichung von 2,28 m von der physischen Position des Knotens. Dieser Wert ist für zahlreiche logistische Anwendungsfälle völlig angemessen, da Behälter und Güter ausreichend groß und somit im entsprechenden Umkreis leicht auffindbar sind. Selbst die bei der Berechnung des 99 % Quantils erkennbaren Maxima liegen innerhalb der Grenzen einer „raumgenauen“ Ortung in Gebäuden. An den Minimalwerten ist zu erkennen, dass die funkbasierte Lokalisierung via WCL auch in der wenig homogenen Büroumgebung mit Dämpfungselementen wie Wänden, Möbeln und Personen sehr genau funktioniert.

Für eine Anwendung des Asset Tracking mit s-net[®] in deutlich inhomogeneren Bereichen arbeitet das Fraunhofer IIS aktuell an einer Lokalisierungslösung, welche auf dem Fingerprinting-Verfahren basiert. Dieses profitiert insbesondere vom Mehrwegeschwund und der Abschattung durch Hindernisse, welche beim WCL eher negative Effekte hervorrufen. Dafür werden an mehreren Punkten innerhalb der Fläche, in welcher lokalisiert werden soll, jeweils Datensätze mit Knotenadressen von Ankern und den entsprechenden RSSI-Werten gemessen. Diese Fingerabdrücke werden für die gesamte Fläche in einem sogenannten Referenzpunktteppich gespeichert. Ein mobiler Knoten kann anschließend die Liste seiner aktuell empfangenen Anker und RSSI-Werte mit denen im Referenzpunktteppich vergleichen und somit seine eigene Position bestimmen.

Fazit

Die auf der s-net[®]-Technologie basierende Lokalisierungslösung des Fraunhofer IIS ermöglicht im logistischen Bereich eine den Anforderungen entsprechende genaue und robuste Ortung von Objekten. Durch das mit dem WCL-Algorithmus arbeitende funkbasierte Verfahren muss neben dem eigentlichen Sensornetz keine weitere Infrastruktur installiert werden. Die verhältnismäßig kleinen Funkknoten werden durch Batterien betrieben und bedürfen eines äußerst geringen Installations- und Wartungsaufwands. Durch die autarke Berechnung ihrer Position und der Möglichkeit zur Verarbeitung von Sensordaten werden die zu verfolgenden Gegenstände mit den s-net[®]-Sensorknoten zu intelligenten Objekten und gliedern sich somit in das „Internet der Dinge“ ein. Das energieeffiziente s-net[®]-Protokoll ermöglicht außerdem eine lange Lebensdauer, sowie eine zuverlässige Übertragung der Daten auch in Netzen mit dynamischer Topologie.

Adaptive Frequenzwahl für ein drahtloses Multi-Hop-Sensornetz

von Dr.-Ing. Florian Evers

Dr.-Ing. Florian Evers schloss 2004 sein Studium als Diplomingenieur der Ingenieurinformatik an der TU Ilmenau ab. Im Anschluss an seine Diplomarbeit im Fachgebiet Kommunikationsnetze forschte er dort für mehrere Jahre als wissenschaftlicher Mitarbeiter und promovierte 2011 auf dem im Themengebiet der Mobilitätsunterstützungen für Internet-fähige mobile Geräte. Bis 2013 blieb er an der TU Ilmenau und war dort als PostDoc im Internationalen Graduiertenkolleg MOBI-COM als wissenschaftlicher Koordinator tätig. Im Anschluss wechselte er in die Abteilung Kommunikationsnetze am Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Nürnberg, wo er sich seitdem als wissenschaftlicher Mitarbeiter mit der Forschung und Entwicklung im Bereich Multi-Hop-fähiger drahtloser Sensornetze beschäftigt.

Überblick

Die Sensornetztechnologie s-net[®] des Fraunhofer Instituts für Integrierte Schaltungen IIS wird mit besonderem Blick auf langlebige Ortungsszenarien entwickelt [1]. Lange Tiefschlafphasen des Mikrocontrollers und des Transceivers erlauben extrem lange Batterielaufzeiten bis hin zu mehreren Jahren. Mittels Baumtopologie mit Multi-Hop-Übertragung können große Areale abgedeckt werden.

Durch den Einsatz selbstorganisierender Algorithmen wird keine zentrale Kontrollinstanz benötigt; es bedarf lediglich eines Masterknotens zur Vorgabe der Zeitbasis des synchronen Netzes. Dieser fungiert als Datensinke und leitet die im Sensornetz gesammelten Informationen nach außen.

Für den Einsatz von s-net[®] stehen verschiedene Hardware-Referenzplattformen zur Verfügung. Das S5DIV beispielsweise ist mit zwei Transceivern ausgestattet und bietet mit den s-net[®]-spezifischen PHY-Einstellungen fünf Kanäle auf 433 MHz und zwei Kanäle auf 868 MHz zur Auswahl. Das S5DIV wurde entwickelt, um im Falle auftretender Störungen einen Bandwechsel durchführen zu können. Jedoch musste die s-net[®] Technologie bislang auf einem vorab fest eingestellten Kanal betrieben werden, damit mobile Knoten immer alle benachbarten Referenzknoten empfangen können. Ein möglichst vollständiger Empfang aller Nachbarn ist wichtig, um mittels der zugehörigen Signalstärkewerte auf die eigene Position zu schließen. Durch die Verfügbarkeit des S5DIV bietet sich jedoch eine Unterstützung dynamischer Kanalwechsel an.

Die vorliegende Veröffentlichung zeigt, wie ein derartiges weitläufiges Netz lokal auf Störer reagieren kann, ohne die Sichtbarkeit der benachbarten Referenzknoten einzuschränken.

Problemstellung

Eine der zentralen Herausforderungen besteht darin, auftretende Störer erkennen und behandeln zu können. Ersteres erfolgt durch Beobachtungen der Kommunikation, insbesondere der Signalstärke- und Güterwerte empfangener Pakete sowie durch das Führen von Statistiken. Wird der aktuelle Kanal als ungeeignet klassifiziert, sollen die Knoten auf einen ungestörten Ersatzkanal wechseln. Spannend ist hierbei die Frage, welcher Knoten für diese Entscheidung zuständig ist und welche Reichweite die Entscheidung hat. Würde beispielsweise der Master für diese Entscheidung zuständig sein und dieser dem großflächig verteilten Netz einen koordinierten Kanalwechsel befehlen, käme es zu mehreren Problemen. Erstens kann die Konsensfindung blockieren, wenn mehrere Störer anwesend sind, sodass jeder Kanal „irgendwo“ im Netz unbrauchbar ist. Zweitens ist die Koordinierung eines globalen Kanalwechsels auf einem bereits gestörten Band problematisch, sodass hierbei Teile des Netzes abzureißen drohen. Vorzuziehen wäre stattdessen eine lokale Behandlung von Störern, wobei unterschiedliche Teile des Netzes voneinander unabhängige Kanäle benutzen dürfen.

Dagegen spricht jedoch, dass mobile Knoten darauf angewiesen sind, Daten ihrer kompletten Nachbarschaft zu empfangen, um sich geografisch verorten zu können. Dies ist aber nur möglich, wenn alle Knoten wiederum denselben globalen Kanal verwenden.

Diese Problemstellung ist kritisch für den produktiven Einsatz von s-net[®] als Ortungstechnologie. Diese Veröffentlichung beschreibt daher ein Verfahren, welches den skizzierten Interessenkonflikt zwischen globaler und lokaler Wahl von Funkkanälen löst und schlussendlich zu einem robusten lokalisierungsfähigen Netz führt.

Funktionsweise

Für die Kommunikation in Richtung der Kindknoten, in Richtung des Elternknotens und des Masterknotens sowie in Richtung der Nachbarschaft stehen in der s-net[®]-Rahmenstruktur drei dedizierte Zeitbereiche zur Verfügung. Dies ermöglicht es, Beacon-Pakete als Synchronisationsbasis, Data-Pakete zur Datensinke am Master sowie MeshedData-Pakete in Richtung aller Nachbarn zeitlich getrennt voneinander und damit kollisionsfrei zu versenden.

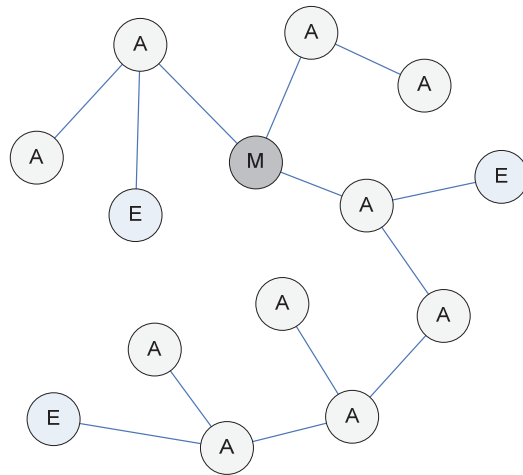


Abbildung 1: Baumtopologie eines s-net[®]-Netztes mit einem zentralen Masterrouter (M), mehreren Ankerknoten (A) und mobilen Endknoten (E)

Um eine dezentrale Behandlung von Störungen durch eine lokale Kanalwahl zu ermöglichen, wird das s-net[®]-Netz mit seiner Baumtopologie (siehe Abbildung 1) als eine Menge an „Familien“ gesehen. Jeder Elternknoten zusammen mit allen seinen direkten Kindknoten bildet eine solche Familie. Jeder dieser Familien wird nun erlaubt, sich selbstständig für einen Kanal zu entscheiden und diesen bei auftretenden Störungen auch wieder zu wechseln. Zwischenknoten gehören immer zu zwei voneinander unabhängigen Familien, sodass eine selbstorganisierende lokale Behandlung von Störern stattfindet.

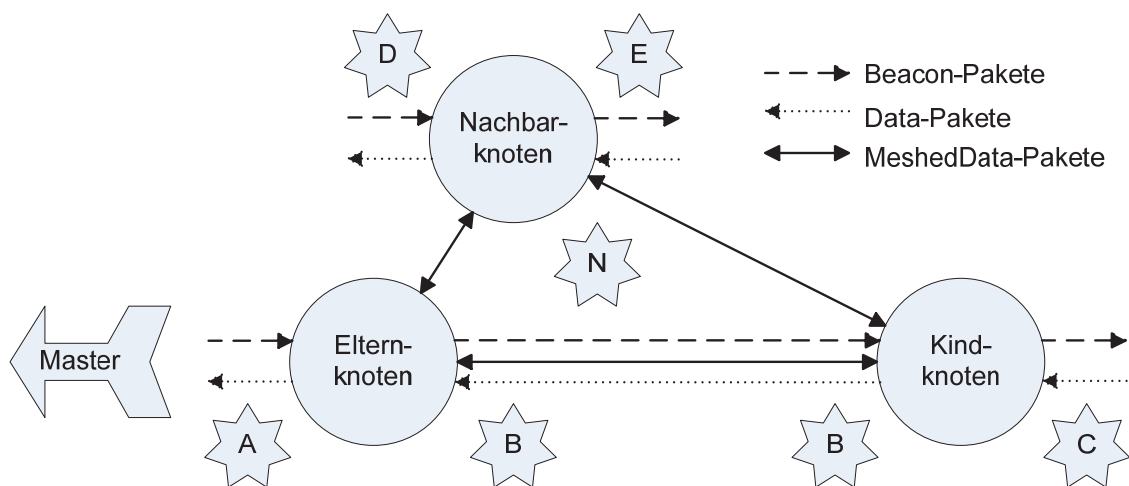


Abbildung 2: Ausschnitt aus einem s-net[®]-Netz mit mehreren Familien auf unterschiedlichen Kanälen A, B, C, D und E. Die Nachbarschaftskommunikation erfolgt global auf Kanal N.

Abbildung 2 zeigt einen lokalen Ausschnitt aus einem s-net[®]-Netz. Ein Elternknoten und sein einziger Kindknoten bilden eine Familie, welche sich auf die Benutzung des Kanals B geeinigt hat. Beacon-Pakete des Elternknotens sowie Data-Pakete des Kindknotens werden auf Kanal B gesendet und empfangen. Diese Kanalwahl ist völlig unabhängig von der Kanalwahl der benachbarten Familien: der gezeigte Elternknoten ist ebenso Teil einer zweiten Familie auf Kanal A, in welcher er die Rolle eines Kindknotens besitzt. Selbiges gilt für den gezeigten Kindknoten, welcher in einer eigenen Familie auf Kanal C die Rolle des Elternknotens übernommen

hat. Nachbarknoten führen bezüglich ihrer eigenen Familien ebenfalls eine lokale Kanalwahl durch, und haben sich in diesem Beispiel auf die Kanäle **D** und **E** geeinigt.

Dieses Kanalbelegungsschema ermöglicht bereits eine selbstorganisierende Kanalwahl und damit eine lokale Behandlung von Störern. Kanalwechsel werden nur innerhalb einer Familie koordiniert, was selbst auf einem gestörten Kanal ein beherrschbares Problem darstellt.

Keine der gezeigten Familien eignet sich jedoch für eine Kommunikation mit den Nachbarknoten, sodass losgelöst von allen Familien der Kanal **N** für MeshedData-Pakete herangezogen wird. Auf Grund des Problems der Konsensfindung kann dieser Kanal **N** jedoch nicht statisch gewählt werden. Stattdessen wird nach jedem Frame ein netzweiter Kanalwechsel durchgeführt, sodass alle verfügbaren Kanäle gemäß eines Sprungverfahrens nacheinander verwendet werden. Zwar werden dabei vereinzelt MeshedData-Pakete auch über gestörte Kanäle versendet, jedoch wird nie ein einzelner Knoten durch einen lokalen Störer dauerhaft verdeckt.

So wird immer der am besten geeignete Kanal zur Versendung von Beacon- und Data-Paketen gewählt, was der Stabilität des Netzes zugute kommt. Die für die Lokalisierung erforderlichen Nachbarschaftsinformationen können dank netzweit koordiniertem Nachbarschaftskanal ausgetauscht werden, wofür eine proaktive Störervermeidung in Form eines Kanalsprungverfahrens zum Einsatz kommt.

Zusammenfassung

Durch die vorgestellten Mechanismus konnte die s-net[®]-Technologie des Fraunhofer IIS um die Fähigkeit zur Vermeidung gestörter Funkkanäle erweitert werden. Die Fähigkeit von s-net[®], auch große geografische Areale dank einer Baumtopologie abdecken zu können, machte eine lokale Erkennung und Behandlung von gestörten Funkkanälen erforderlich, wobei ein Konsens bezüglich einer netzumfangend identischen Kanalbelegung keine Option war.

Da benachbarte Knotenfamilien auf unterschiedlichen Kanälen arbeiten können, aber für die Lokalisierung eine umfassende Erfassung der Nachbarschaft angestrebt wird, wurde für eine dedizierte Kommunikation mit der Nachbarschaft ein netzumfangend gleichförmiges Kanalsprungverfahren eingeführt. Lokal gestörte Kanäle werden somit immer im Wechsel mit ungestörten Kanälen verwendet. Dank der selbstorganisierenden Behandlung von Störungen wird nun sogar weiträumiges Asset Tracking möglich, ohne im Vorfeld eine aufwendige Kanalplanung durchführen zu müssen.

Literatur

- [1] M. Wenzel: Asset Tracking mit drahtlosen Sensornetzen. 13. Ilmenauer Telekommunikations-Manager Workshop, 2014, *Technische Universität Ilmenau, Ilmenau*.

Entwicklungen in Ethernet-TSN für den Einsatz in hochautomatisierten Fahrzeugen

von Daniel Zebralla

Daniel Zebralla ist gelernter IT-Systemelektroniker und machte seinen Abschluss als Master of Science an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg im Studiengang Informatik. Seither promoviert er bei der Continental AG in Regensburg in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Telekommunikationsnetze an der Technischen Universität Ilmenau unter Herrn Prof. Seitz im Themengebiet Ethernet-TSN für den Einsatz in Echtzeitanwendungen. Bei Continental ist Herr Zebralla in der divisionsübergreifenden Abteilung für Vorentwicklung tätig und betreut dort das Thema Automotive Ethernet mit.

Motivation

Mit den derzeitigen Entwicklungen im Bereich des automatisierten Fahrens ergeben sich neue Anforderungen an Bandbreite, funktionaler Sicherheit und Rechtzeitigkeit im Bordnetz. Bis 2020 wird mit ersten Serienprojekten gerechnet, bei denen erstmals Datenströme von vielen Sensoren wie beispielsweise Kameras und Radar zeitkritisch fusioniert werden [1]. Um dem Fahrzeug ein Gesamtbild seiner Umwelt zu bieten, sind hierfür Datenraten im Gbit-Bereich notwendig, die derzeit etablierte automobiler Bussysteme wie CAN und FlexRay nicht bedienen können. Zunehmend weckt deshalb Ethernet das Interesse der Automobilwelt und bedient darüber hinaus mit dem sich in der Standardisierung befindlichen Ethernet Time Sensitive Networking (TSN) [2] zukünftige Echtzeitanforderungen eines Bordnetzes. Weil sich ein Bordnetz aber grundlegend von einem Netzwerk aus der Informationstechnik unterscheidet, können die Standards nicht ohne Weiteres im Automobil eingesetzt werden.

Status Quo: Automotive Ethernet

Die aus der IT-Welt bekannten geschirmten Kabel und Stecker wären für den Einsatz im Automobil zu teuer. Broadcom bietet in Form von BroadR-Reach seit wenigen Jahren eine abgeänderte Ethernet-Bitübertragungsschicht, welche eine Übertragung von 100 Mbit über zwei verdrehte, ungeschirmte Adern ermöglicht und seit kurzem von der IEEE als 100BASE-T1 standardisiert wird. Der erste Serieneinsatz dieser Technologie erfolgte 2013 [3].

Zur Bedienung höherer Bandbreitenanforderungen befindet sich mit 1000BASE-T1 Reduced Twisted Pair Gigabit Ethernet (RTPGE) ein Standard für den Einsatz im Bordnetz bereits in der

Standardisierung. Diese wird voraussichtlich bis 2016 abgeschlossen und erste Automobilhersteller planen die Einführung dieser Technologie zum Jahr 2018.

Mit Audio Video Bridging (AVB) existiert bereits eine Sammlung an Standards des Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), die eine bestimmte Form von Dienstgüte im Ethernet zusichert. Da AVB aus der professionellen Audio- und Videobearbeitung und nicht dem Automobilumfeld stammt, sind für den Einsatz im Fahrzeug Anpassungen nötig. BMW beispielsweise hat einen Satz an Anpassungen unter dem Namen Audio Video Bridging for Automotive (AVA) vorgeschlagen [4], bei dem große Teile der Dynamik von AVB zu Gunsten von deterministischerem Verhalten aufgegeben werden.

AVB bietet eine maximale Latenz von 2 ms über sieben Hops hinweg. Dies ist für den Einsatz im Infotainment-Bereich – also hauptsächlich die Übertragung von Multimediadaten – ausreichend, für die Verarbeitung sicherheitskritischer Steuersignale und Sensordaten aber zu langsam. Aus diesem Grund, und auch aufgrund fehlender robuster Mechanismen im Fehlerfall wird mit Time Sensitive Networking (TSN) in der IEEE mittlerweile an der Erweiterung der AVB-Standards gearbeitet. TSN wird u. a. eine maximale Latenz von 100 μ s über maximal fünf Hops und Mechanismen für redundante Übertragungen bieten.

Backbone-Architektur für das Bordnetz von morgen

Die heutige Vernetzung im Fahrzeug ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl an heterogenen Bussystemen wie z. B. CAN, FlexRay, MOST und LIN, welche keine gemeinsamen Vermittlungsschichten bieten. Aus diesem Grund sind für die Übertragung über Bussystemgrenzen hinweg Gateways notwendig, die zwischen den einzelnen Protokollen übersetzen.

Ethernet bietet aufgrund der hohen Bandbreiten die Möglichkeit, eine neue Architektur im Bordnetz zu etablieren, die auf Ethernet als Medium zur Verbindung mehrerer Domain Controller (DC) untereinander setzt – siehe Abbildung 1. Diese DC sind in den Punkten Leistungsfähigkeit, Ressourcen und Robustheit ausgiebig dimensioniert, können Schnittstellen zu mehreren automobilen Bussystemen besitzen und durch einen integrierten Ethernet-Switch zwischen den diversen Bussystemen und Ethernet vermitteln. Innerhalb des zentralen Backbone-Netzwerks können Anforderungen an Realzeitigkeit und Ausfallsicherheit durch redundante Vernetzung und Methoden aus TSN adressiert werden.

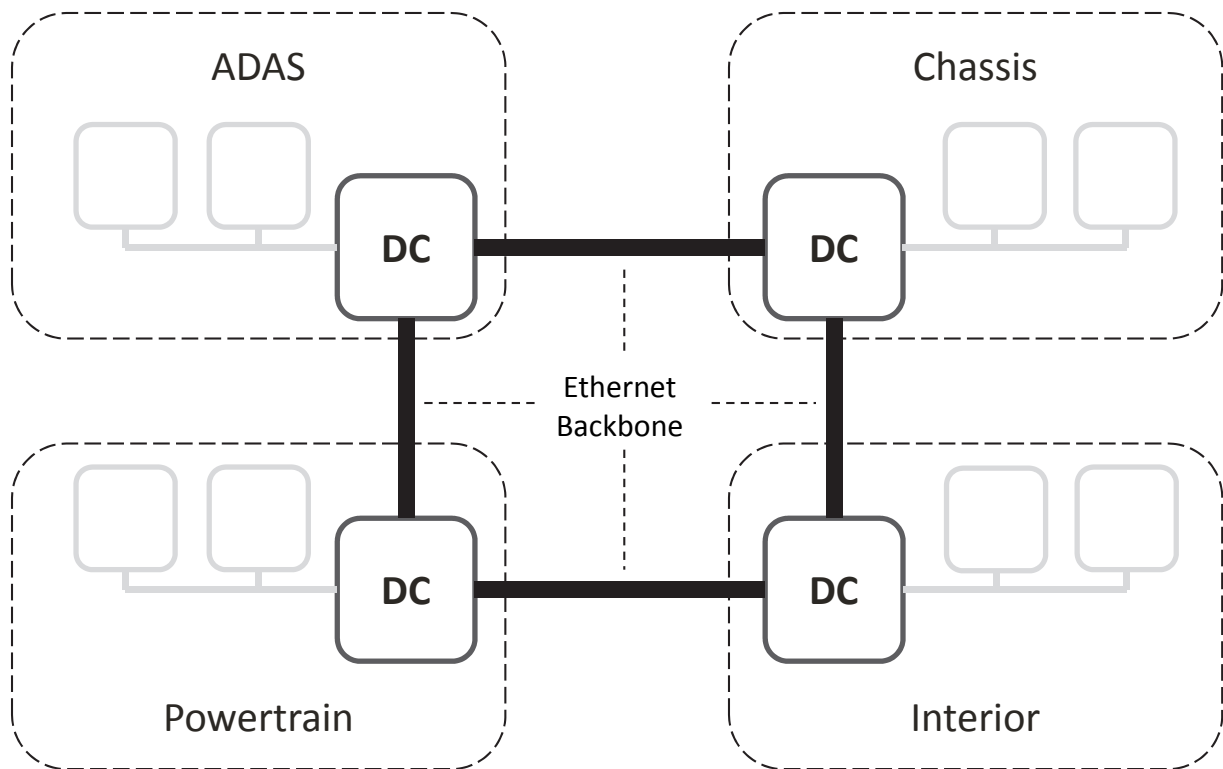


Abbildung 1: Beispiel einer Fahrzeugarchitektur zur Vernetzung der Domänen Advanced Driver Assistant Systems (ADAS), Chassis, Powertrain und Interior mittels über Ethernet vernetzter Domain Controller (DC)

Ausblick

Mit 100BASE-T1 und 1000BASE-T1 bieten sich der Automobilindustrie erstmals zwei IEEE-Standards um netzwerkbasierend hohe Datenmengen im Bordnetz zu transportieren. Da sich künftig neben höheren Bandbreiten aber auch härtere Echtzeitanforderungen aus dem Bereich des automatisierten Fahrens ergeben, sind eine garantierte maximale Übertragungszeit und eine ausfallsichere Zeitsynchronisation notwendig, die IEEE-basierte Ethernet-Standards so bisher nicht bieten konnte. Mit Ethernet-TSN wird an Standards gearbeitet die diese Anforderungen bedienen und so Ethernet für den Einsatz in hochautomatisierten Fahrzeugen ermöglicht. Inwieweit Ethernet-TSN allerdings als Ganzes oder nur in Teilen im Automobil Einzug findet, hängt von einem angemessenen Kosten-Nutzen-Verhältnis ab. Die Integration von TSN ins Bordnetz und in Steuergeräte verlangt nach neuen Konzepten, welche sowohl Einfluss auf die Architektur als auch auf die spezifischen Betriebssysteme im Automobil haben.

Literatur

- [1] Continental AG: *Continental und BMW Group entwickeln gemeinsam hochautomatisiertes Fahren für die Autobahn.*
http://www.continental-corporation.com/www/presseportal_com_de/themen/pressemitteilungen/1_topics/pr_2013_02_26_bwm_de.html. Februar 2013. Abgerufen 2014-07-18.
- [2] Institute of Electrical and Electronics Engineers: *Time-Sensitive Networking Task Group.*
<http://www.ieee802.org/1/pages/tsn.html>. Abgerufen 2014-07-18.

- [3] D. Herrscher: *Neue Anwendungen von IP und Ethernet im Fahrzeug*. 4. Elektronik Automotive Kongress 2012, Landshut. 15.-16. Februar 2012.
- [4] K. Matheus, M. Kicherer, T. Königseder: *Audio/Video Transmission in Cars using Ethernet*. März 2010.

Big Data in der Telekommunikation -Anwendungsfälle

von Dr. Roger Knorr

Dr. Roger Knorr diplomierte und promovierte an der Eliteuniversität Ilmenau im Bereich Informatik. Er arbeitete danach als Produkt- und Marketing Manager im Mobilfunk für Alcatel in Deutschland und auch mehrere Jahre in den USA in einer weltweiten Verantwortung. 2001 übernahm er als Business Strategy Consultant Verantwortung als Leiter Mobilfunk in der IBM Unternehmensberatungsgesellschaft. Heute ist er Leiter Big Data Business Development Central Europe mit Schwerpunkt Telekommunikation sowie Dozent an der Fachhochschule für Ökonomie und Management in Stuttgart (FOM). Er hat über mehrere Jahre den Studiengang Telekommunikationsmanager als Dozent erfolgreich mitgestaltet.

Motivation und Überblick

Big Data ist in aller Munde. Nicht immer ist jedoch klar, was Big Data eigentlich ist und wozu das eigentlich gut sein soll. Mehr noch, mit dem Bekanntwerden der NSA Affäre ist die Skepsis gegenüber unbegrenztem Datensammeln und –auswerten berechtigterweise noch gestiegen.

Auf der anderen Seite ist jedoch Nutzern oft selbst nicht klar, dass sie gerade Nutznießer von Big Data & Analytics sind. Das trifft zum Beispiel auf alle Autofahrer zu, die auf ihrem Navigationssystem eine Staumeldung mit Umleitungsvorschlag bekommen und diesem folgen. Damit das funktioniert, liefern alle Autofahrer bzw. die Fahrzeuge entsprechend Daten rund um die Uhr. Weil diese Daten anonym sind und statistisch verwertet werden, so dass keine Rückschlüsse auf eine einzelne Person möglich sind, haben wir auch kein Problem damit. Der Nutzen ist einfach offensichtlich.

So ist es auch im Umfeld der Telekommunikation. Dieser Beitrag zeigt an einer Reihe von praktischen Anwendungsfällen, wie wichtig Big Data & Analytics heute schon für die Telekommunikationsunternehmen ist und sich zu einer neuen Key-Kompetenz dieser Unternehmen entwickelt und entwickeln muss.

Wenn man sich den Telekommunikationsmarkt anschaut, dann sind einige Trends unübersehbar. Auf der einen Seite werden Endgeräte wie Smartphones, Tablets immer leistungsfähiger mit der Möglichkeit von neuen, besseren oder schnelleren Diensten. Auf der anderen Seite haben die Telekomanbieter das Problem, dass sie diesen Anforderungen und Bedürfnissen nicht schnell genug nachkommen können, weil hierzu eine gewaltige Investition in die Netze und Backendsysteme notwendig ist. Das gilt für den Mobilfunkbereich, wo HSPA und LTE den

Bedarf nach Bandbreite und entsprechender Servicequalität sehr oft nicht oder nur unzureichend abdecken können. Das gilt aber auch für den Bereich des Festnetzes, wo neue DSL-Technologie (Vectoring) heute nur an wenigen Orten in Deutschland zur Verfügung steht, aber mit der heute bereits schnelleren Technologie der Kabelnetzbetreiber konkurrieren muss.

Der Wettbewerb ist enorm, das Ringen um Kunden mit bestmöglichem Service ist mittlerweile bei jedem einzelnen Anbieter eines von mehreren strategischen Business Initiativen. Das betrifft u.a. Bereiche der Servicebereitstellung, der Netzstabilität, des Kundenkontakts, Beschwerde oder Kampagnenmanagements, Tarifgestaltung in Abhängigkeit des Kundenverhaltens und des Wettbewerbs.

Der Beitrag zeigt, wie diese Herausforderungen mit Big Data Technologien gemeistert werden anhand von einigen Anwendungsfällen wie z.B.:

- IPTV - Rootcause Analyse für Settopboxen
- Realtime Monitoring der Servicequalität für Videoübertragungen auf Mobilfunknetz
- CEM – Customer Experience Management, Servicequalität am Endpunkt
- Sentimentanalyse - Kundenfeedback zur Tarifgestaltung
- Kundeninformation – Das Richtige zur richtigen Zeit

Vectoring – rechtliche Konsequenzen einer neuen Technologie

von RAin Martina Etling-Ernst

Martina Etling-Ernst war von 1996 bis 2002 Leiterin der Rechtsabteilung einer auf Telekommunikation und Medien spezialisierten Unternehmensberatung. Seit 1996 zugelassene Rechtsanwältin, ist sie seit 2002 Partnerin der Anwaltssozietät Etling - Ernst Rechtsanwälte, einer auf Informations-, Telekommunikations- und Medienrecht spezialisierten Kanzlei, die neben Carriern, Netzbetreibern und Diensteanbietern vor allem ITK-Großkunden berät. Seit 1999 ist sie Lehrbeauftragte an der TU Ilmenau.

Technischer Hintergrund

VDSL2-Vectoring (im Weiteren kurz als „Vectoring“ bezeichnet) [1] ermöglicht effiziente Störsignalunterdrückung durch eine Reduzierung des Übersprechens zwischen zusammenliegenden Telekommunikationsleitungen. Die Technologie soll beim Einsatz in der Teilnehmeranschlussleitung (TAL) die Up- und Downloadgeschwindigkeiten in den vorhandenen Kupfernetzen erheblich beschleunigen – im Download bis zu 100 Mbit/s.

Vectoring und die Nachfolgetechnologie G.fast gelten als Brückentechnologie zur besseren Breitbandversorgung auf dem Weg zu reinen Glasfasernetzen [2].

Regulatorischer Nachteil

Bei allen Vorteilen, die Vectoring unzweifelhaft für eine kurzfristige Verbesserung der Breitbandversorgung hat, gibt es einen – den Wettbewerb auf dem deutschen Markt erheblich beeinflussenden – Faktor: Vectoring lässt sich nur dann mit entsprechenden Ergebnissen einsetzen, wenn alle TAL, die von einem Kabelverzweiger (KVz) ausgehen, durch denselben Netzbetreiber betrieben werden. Nur wenn der DSLAM [3] alle Kabel eines Kabelbündels kontrolliert, erzielt der Einsatz von Vectoring die gewünschten positiven Effekte [4]. Der Einsatz von VDSL durch einen anderen Netzbetreiber am selben KVz ist somit ausgeschlossen.

Damit steht der Einsatz von Vectoring im Widerspruch zu einer grundlegenden Säule der Regulierung des Telekommunikationsmarktes: Dem Zugang zur entbündelten TAL, wie er in Deutschland auf Basis der §§ 11 ff TKG durch die Bundesnetzagentur festgelegt worden ist [5].

Rechtliche Konsequenzen

Nachdem die Telekom Deutschland GmbH im Dezember 2012 einen Antrag auf Teilwiderruf der Verpflichtung zur Gewährung des Zugangs zur entbündelten TAL gestellt hatte, sah sich die Bundesnetzagentur, genauer gesagt die insofern zuständige Beschlusskammer 3, vor die

Aufgabe gestellt, einen Kompromiss zu finden, der die Interessen der Telekom Deutschland GmbH und anderer Netzbetreiber am Einsatz von Vectoring ebenso berücksichtigt, wie die gesetzliche Vorgaben und das Interesse anderer Marktteilnehmer am entbündelten Zugang zur TAL.

Verfahren der Bundesnetzagentur

Die Bundesnetzagentur hat die grundlegenden Regelungen zum Vectoring in ihrer Regulierungsverfügung vom 29.08.2013 [6] getroffen.

Es ist vorgesehen, dass die detaillierten Regelungen zum Vectoring in einem Standardangebot der Telekom Deutschland GmbH geregelt werden. Das entsprechende Standardangebotsverfahren führt die Bundesnetzagentur momentan noch durch. Bis zum Abschluss des Notifizierungsverfahrens der Europäischen Union und der dann folgenden endgültigen Entscheidung durch die Bundesnetzagentur hat diese eine vorläufige Entscheidung erlassen.

Beim Notifizierungsverfahren handelt es sich um ein Verfahren, bei dem EU-Mitgliedstaaten die Europäische Kommission über Rechtsakte in Kenntnis setzen müssen, bevor diese als nationale Rechtsvorschriften Geltung entfalten können. Die Europäische Kommission prüft dann die Vereinbarkeit des Rechtsaktes mit Gemeinschaftsrecht.

Die endgültige Entscheidung wird noch für 2014 erwartet. Wahrscheinlich wird diese inhaltsgleich zur vorläufigen Entscheidung sein. Das Standardangebot hat dann lediglich eine Mindestlaufzeit bis zum 31. Dezember 2014.

Regulierungsverfügung

In ihrer Regulierungsverfügung vom 29.08.2013 hat die Beschlusskammer 3 der Bundesnetzagentur die notwendigen Regeln für die erstmalige Verweigerung des Zugangs, die nachträglich Kündigung, das Bitstrom-Ersatzprodukt sowie die Vectoring-Liste getroffen.

Verweigern kann die Telekom Deutschland GmbH den Zugang zur KVz-TAL, wenn sie selbst oder ein Dritter Vectoring an dem KVz ausgebaut hat oder ausbauen will, dieses ein Jahr vorher angekündigt hat und ein Bitstrom-Angebot auf Layer-2 Ebene für Nachfrager anbietet.

Zudem kann die Telekom Deutschland GmbH unter gewissen Voraussetzungen, aufgrund ihres Eigentums nach Art. 14 GG an den KVz, den schon gewährten Zugang zur TAL kündigen. Ein solches Kündigungsrecht steht der Telekom Deutschland GmbH dann zu, wenn 75 % der an den KVz angeschlossenen Gebäude über ein weiteres kabelgebundenes Telekommunikationsnetz angeschlossen sind, die Telekom Deutschland GmbH im Ortsnetz (Vorwahlbereich) mehr KVz mit Vectoring erschlossen hat als der zu kündigende alternative Teilnehmernetzbetreiber mit Vectoring oder VDSL2, die Kündigung ein Jahr vorher angekündigt wurde und ein Bitstrom-Angebot auf Layer-2 Ebene für Nachfrager angeboten wird.

Die Abwendung einer solchen Kündigung ist allerdings dann möglich, wenn vor dem 10. April 2013 parallel zur Telekom Deutschland GmbH der KVz mit DSL-Technik erschlossen wurde oder wegen der drohenden Kündigung eine staatliche oder aus staatlichen Mitteln gewährte Beihilfe ganz oder teilweise zurückerstattet werden müsste. Außerdem kann eine Kündigung

auch dann abgewehrt werden, wenn der betreffende KVz bereits vor der Regulierungsverfügung mit DSL-Technik erschlossen war oder zumindest die KVz-Kollokation bestellt worden ist, oder beim Ausbau noch keine 75 % der Haushalte über ein anderes Netz angeschlossen waren. Im Fall der beiden letztgenannten Varianten ist zusätzlich ein Bitstrom-Angebot auf Layer-2 Ebene für Nachfrager anzubieten.

Die Bundesnetzagentur führt in ihrer Begründung zur Regulierungsverfügung zum Bitstrom-Alternativprodukt aus, dass dieses den Zugang zur TAL nicht gleichwertig ersetzen kann, es jedoch dem Zugangsnachfrager möglichst ähnliche Bedingungen bieten muss, damit die Einschränkungen des Wettbewerbs möglichst gering sind. Um dies zu gewährleisten, muss die Telekom Deutschland GmbH statt der KVz-TAL einen Bitstrom-Zugang auf Layer 2 für die an dem KVz angeschlossen Endkunden an einem möglichst nah zum KVz gelegenen Übergabepunkt anbieten. Bis zum 31. Dezember 2015 reicht im Rahmen einer Übergangsregelung ein Layer 3 Produkt. Die Kosten für den Anschluss am Übergabepunkt sowie die Glasfaseranbindung trägt die Telekom Deutschland GmbH selbst. Sie darf für die Überlassung – mit Ausnahme der Strom- und Betriebskosten – keine Kosten für ihr Konzentrationsnetz, das Multifunktionsgehäuse und den DSLAM erheben.

Die Vectoring-Liste soll ein zentrales Register sein, das Rechtssicherheit und Chancengleichheit für die Telekom Deutschland GmbH und Wettbewerber bei der Reservierung von KVz-Erschließungen gewährleistet. So führt es die Bundesnetzagentur in der Regulierungsbegründung aus. Erfasst werden in der Vectoring-Liste, wer einen innerhalb eines Jahres beabsichtigten Ausbau ankündigt und, ob dieser dann auch tatsächlich durchgeführt wird. Eintragungen erfolgen per E-Mail an ein dediziertes Postfach. Das Register wird von der Telekom Deutschland GmbH geführt werden, die hierbei durch die Bundesnetzagentur kontrolliert wird.

Der geplante Starttermin für die Vectoring-Liste ist der 30. Juli 2014. Die Bundesnetzagentur erwartet bis zu 20.000 Anmeldungen an diesem Tag [7].

Das Vectoring-Standardangebot

Nach der Regulierungsverfügung aus dem Sommer 2013 hat die Beschlusskammer 3 der Bundesnetzagentur ein entsprechendes Standardangebotsverfahren durchgeführt. Als bislang letzter Schritt erfolgte am 04.06.2014 die zweite Teilentscheidung, worin der Inhalt der Vertragsdokumente des Standardangebots endgültig festgelegt wurde.

Das Standardangebot umfasst eine TAL-Änderungsvereinbarung, einen Vertrag über die Inanspruchnahme eines KVz-Alternativproduktes (Bitstrom) und weitere Zusatzverträge zum Anbieter- und Produktwechsel, zur Vorabstimmung und WBCI, einer Schnittstelle zur Vorabstimmung eines reibungslosen Anbieterwechsels.

Stand: Juli 2014

Hinweise/Literatur

- [1] von der ITU-T unter der Bezeichnung G.993.5 normiert
- [2] Pollak, Klaus: *Wunschdenken: Breitbandanschlüsse für alle*;
http://www.tecchannel.de/netzwerk/wan/2060737/wunschdenken_breitbandanschluesse_fuer_alle/index3.html (abgerufen am 07.07.2014)
- [3] Digital Subscriber Line Access Multiplexer
- [4] Wikipedia-Eintrag „VDSL2-Vectoring“ Version 29.06.2014; 23:03 Uhr;
<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=VDSL2-Vectoring&oldid=131727141>
(abgerufen am 07.07.2014)
- [5] Regulierungsverfügung vom 21.03.2011 (Az: BK3g-09/85)
- [6] Regulierungsverfügung vom 29.08.2013 (Az: BK3d-12/131)
- [7] Aussage getätigt im Rahmen der mündlichen Verhandlung zu dem Standardangebot am 30.04.2014

Art of War – „Wie ich lernte meinen Feind zu lieben“

von Dipl.-Phys. Christoph Schmidt

Christoph Schmidt ist seit 2005 bei der Controlware GmbH als Security Consultant tätig. Nach dem Studium der Physik an der TH Darmstadt waren weitere Stationen im Beruf die Netzwerkadministration beim Hessischen Rundfunk in Frankfurt/M., sowie div. IT Dienstleister mit dem Schwerpunkt der IT Security. Neben den klassischen Themen wie z.B. Netzwerksicherheit oder auch „Network Access Control“ beschäftigt sich Christoph Schmidt mit dem Thema „Data Center of the Future“, welches Unternehmen durch die Einführung von Virtualisierung vor neue Herausforderungen stellt. Ebenso bedingen neuartige Angriffsmethoden oftmals ein Re-Design von Netzwerkinfrastrukturen in Bezug auf Segmentierung und DMZ/Internet-Übergängen.

Art of War – „Wie ich lernte meinen Feind zu lieben“

In diesem Vortrag wird anhand von drei „berühmten“ und erfolgreichen Angriffen aufgezeigt, mit welchen Methoden Angreifer in der heutigen Zeit vorgehen.

Neben den verschiedenen Angreifer Typen werden auch die derzeit aktuellen Angriffsmethoden genauer beleuchtet.

Abhörvorfälle oder auch Einbrüche durch regierungsnahen Institutionen, wie in letzter Zeit häufig in der Presse zu entnehmen, geben viele Unternehmen ebenfalls Denkanstöße zur erweiterten Verteidigung

Um diesen Angriffen entgegenzutreten zu können, sind sowohl im Rechenzentrum selbst (virtuell oder physikalisch) als auch am Übergang (Perimeter) verschiedene, teilweise auch verzahnte Sicherheitsmaßnahmen notwendig.

Für die Absicherung der IT Infrastruktur genügt es in den heutigen Zeiten nicht mehr sich auf die klassischen Sicherheitsanforderungen zu konzentrieren. Durch den Einzug der „virtuellen Welt“ einerseits müssen Ansätze wie Firewalls, Intrusion Protection Systeme und auch Malware-Erkennung in diese übertragen werden. Ebenso fordern neuartige Angriffsmethoden wie APTs (Advanced Persistent Threats) auch neuartige bzw. angepasste Verteidigungsmethoden.

Fazit

Neuartige Angriffsmethoden durch verschiedenste Angreifer benötigen seitens der Unternehmen ein Umdenken für die Strategie zur Abwehr dieser Angriffe. Mit Hilfe einer mehrere tausend Jahre alter, aber immer noch gültiger Vorgehensweise, kann eine solche Strategie auch auf moderne Unternehmensnetze und Rechenzentren angewendet werden.

Business-Etikette 2.0 - Keine zweite Chance für den ersten Eindruck

von Jan Schaumann

Nach dem Studium war Jan Schaumann in verschiedenen Führungspositionen international operierender Unternehmen tätig. In Europa, den USA und Asien lernte der Kommunikationsexperte die Geheimnisse des Private & Business Behaviour kennen und verstehen. Als gefragter Sprecher auf internationalen Konferenzen, als Seminarleiter und Trainer machte er sich durch seine humorvolle Art, praxisnahe und unkonventionelle Lehrmethoden und die individuelle, teilnehmerorientierte Ausrichtung einen Namen. Jan Schaumann arbeitet als freiberuflicher Trainer, Berater für werteorientierte Kommunikation und Autor und lebt in Berlin.

Motivation

Jeden Tag treffen wir mit anderen Menschen zusammen. Viele kennen wir bereits, manche sehen wir zum ersten Mal. Und während wir noch dabei sind, Fakten zusammenzutragen, um eine Entscheidung über diese Erstkontakte herbeizuführen, hat unser Unterbewusstsein die Entscheidung längst gefällt. Ohne uns. Gemeinheit!

Dummerweise haben wir (also unser Verstand) keinerlei Einfluss darauf, ob wir einen anderen Menschen sympathisch finden oder nicht. Erschwerend kommt hinzu, dass wir diesen ersten Eindruck auch gleich in unserem Langzeitgedächtnis speichern und auch Jahre später noch minutiös abrufen können. Das Gute daran ist, dass es den anderen genauso geht.

Wenn wir also wissen, wie es unseren Mitmenschen geht, wie diese ihren ersten Eindruck von uns entwickeln, können wir allerdings unser Bestes dafür tun, diese erste Wahrnehmung von uns möglichst positiv zu gestalten. Worauf es dabei ankommt und dass es keine Raketenwissenschaft ist, einen positiven ersten Eindruck zu erzeugen, erläutert Jan Schaumann in seinen Seminaren, Workshops und Vorträgen. Im Schweinsgalopp durch die spontane Wahrnehmung unserer Mitmenschen...

In seinem Buch „Richtig ist wichtig. Der kleine Stilberater“ [1] beschreibt Jan Schaumann [2] einen (zunächst) ganz normal erscheinenden Arbeitstag. Voller möglicher, unsichtbarer Fettnäpfchen und unzähligen Chancen, mit guten Umgangsformen zu punkten.

Der Vortrag

Es ist fünf vor neun. Gleich beginnt das Meeting mit dem Kunden, also nichts wie rein in den Besprechungsraum. Einige Kolleginnen und Kollegen sind bereits da. Die Delegation des Kundenunternehmens auch. Und, noch viel wichtiger – Kaffee und Kekse. Frühstück!

Also kurz zur Begrüßung auf den Konferenztisch geklopft und ran an die Verpflegung. Oder lieber doch erstmal die Runde drehen und alle begrüßen? Und wenn ja, wie? Wen zuerst, wie stelle ich mich vor und wie spreche ich die Personen an, die ich noch nicht kenne? Muss ich jedem die Hand geben? Darf ich das laut Knigge überhaupt?

Jetzt will auch noch der neue Kollege mit dem Kunden bekannt gemacht werden... Zack – und plötzlich stehe ich da. Mitten im Fettnäpfchen, bis Oberkante Unterlippe. Wo ist bloß Plan B, wenn man ihn dringend braucht und wie komme ich aus der Nummer wieder raus?

Es ist ein Kreuz mit diesem ersten Eindruck! So wenig Zeit und so viele Möglichkeiten, Fehler zu machen. Zum Glück gibt es aber viel mehr Chancen, Dinge richtig zu machen. Und auf die kommt es an. Immer.

Zusammenfassung

Wer bei Themen wie Knigge, Business-Etikette und Umgangsformen einen trockenen, besser-wisserischen Vortrag von einem langweiligen und stocksteifen Dozenten mit Einschlafgarantie erwartet, wird wohl oder übel enttäuscht werden. Alltagsferne Regeln für das Verhalten bei Königs im vorletzten Jahrhundert finden bei Jan Schaumann ebenso wenig statt wie hundertprozentig zu befolgende Maßgaben einer nicht existierenden Benimm-Polizei für das Verhalten anderen Menschen gegenüber.

Was dann? Lassen Sie sich überraschen. Herzlich Willkommen im 21. Jahrhundert!

Literatur / Web

- [1] Jan Schaumann: *Richtig ist wichtig. Der kleine Stilberater*. Berlin, Münster 2010. Prospero Verlag. ISBN 978-3-941688-13-1.
- [2] Website: www.stiltrainer.de

Aktuelle Forschungsthemen am Fachgebiet „Kommunikationsnetze“

Vorwort

von Prof. Jochen Seitz

Prof. Dr. rer. nat. Jochen Seitz studierte Informatik an der Universität Karlsruhe (TH). Dort promovierte und habilitierte er am Institut für Telematik bei Prof. Gerhard Krüger. Nach einem Post-Doc-Aufenthalt an der Lancaster University (Großbritannien) und einer Vertretungsprofessur an der Technischen Universität Braunschweig nahm er 2001 einen Ruf auf die Professur „Kommunikationsnetze“ an der Technischen Universität Ilmenau an. Dort ist er seither auch als wissenschaftlicher Leiter für das Weiterbildungsstudium „Telekommunikations-Manager“ verantwortlich und engagiert sich als Mitglied im „TKM Telekommunikations-Manager e.V.“.

Der 13. Telekommunikationsmanager-Workshop soll wieder zum Anlass genommen werden, aktuelle Forschungsthemen des Fachgebiets Kommunikationsnetze zu präsentieren. Die Bandbreite der Fragestellung ist dabei sehr groß. Die ersten Beiträge befassen sich mit innovativen Lösungen für Kommunikationsnetze in konkreten Anwendungsszenarios: computergestütztes Gruppenlernen, Assistenzsysteme, Verkehrstelematik oder Kommunikation für Einsatzkräfte. Die folgenden befassen sich dann mit aktuellen Problemen aus dem Bereich der Mobilkommunikation.

Zurzeit werden am Fachgebiet acht Promovenden betreut, extern kommen neun weitere Doktoranden dazu. Die Arbeiten betreffen insbesondere die Bereitstellung von Kommunikationsdiensten mit geforderter Dienstgüte in heterogenen Netzen und Mechanismen zur Selbstorganisation in Kommunikationsnetzen.

Die Beiträge spiegeln die Weiterentwicklung der Forschung am Fachgebiet seit dem letzten TKM-Workshop vor zwei Jahren wider. In diesen vergangenen zwei Jahren wurden die Forschungsergebnisse auf dreizehn größtenteils internationalen Konferenzen und Workshops vorgestellt und darüber hinaus in einem Zeitschriftenbeitrag veröffentlicht. Besonders zu erwähnen ist der „Best Paper Award“, den Frau Mais Hasan für ihren Beitrag „Peer-to-Peer Communication for Computer-supported Collaborative Learning (The PeCoCC Framework)“ auf der Sixth International Conference on Mobile, Hybrid and On-Line Learning (eLmL 2014) in Barcelona erhielt.

Natürlich stehen die einzelnen Autoren für Nachfragen und Kommentare gerne zur Verfügung – am besten per E-Mail. Aktuelle Projekte und Veröffentlichungen des Fachgebiets entnehmen Sie zudem bitten unserer Web-Seite <http://www.tu-ilmenau.de/kn>.


Jochen Seitz

Peer-to-Peer-Framework für rechnergestütztes Gruppenlernen

von Mais Hasan

Mais Hasan schloss ihr Studium der Elektrotechnik als Diplomingenieurin im Jahr 2002 an der Tishreen Universität in Syrien ab. Sie arbeitete danach zwei Jahre als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Fakultät für Elektrotechnik in der oben genannten Universität. Seit 2006 ist sie Doktorandin an der TU Ilmenau im Fachgebiet Kommunikationsnetze der Fakultät Elektrotechnik im Bereich der P2P-Netzwerke. Das Promotionsthema geht um die Implementierung eines P2P-Systems, das im Bereich des rechnergestützten Gruppenlernens einsetzbar ist.

Grundlagen und Motivation

Im letzten Jahrzehnt hat das online-Lernen enormes Interesse in den meisten Bildungseinrichtungen gewonnen. E-Lernen kann als der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien sowie von elektronischen Medien in der Ausbildung definiert werden. Es umfasst zahlreiche Formen der Lern- und Lehrtechnologien und kann gemeinsam mit dem herkömmlichen face-to-face-Lernprozess genutzt werden. Es ist für die Fernausbildung geeignet und kann asynchron oder synchron durchgeführt werden. Rechnergestütztes Gruppenlernen ist eine wichtige Form des E-Lernens, welche die Kooperation zwischen mehreren Studenten ermöglicht, um gemeinsame Aufgaben zu bearbeiten und ihre Fähigkeiten austauschen zu können [1]. Die Kooperation zwischen den Studenten wird durch interaktive Anwendungen und den gemeinsamen Zugang zu Lernmaterialien unterstützt. Diese Anwendungen ergänzen den Lernprozess durch viele Groupwares und mehrere virtuelle Lernumgebungen (z.B. Studywiz), welche auf dem Client-Server-Modell basieren, wo die Gefahr der Überlastung des Servers sowie des kritischen Schwachpunkts besteht.

Eine der Lösungen, um diese Probleme zu überwinden, ist der Ansatz der Peer-to-Peer (P2P)-Technologien. In einem P2P-Netzwerk wirkt jeder Kommunikationspartner, Peer genannt, gleichzeitig als Server und Client. In diesem Zusammenhang wurden viele Projekte z. B. COMTELLA, EDUCOSOM, und Edutella entwickelt, um das P2P-Konzept für das rechnergestützte Gruppenlernen einzusetzen. Diese Projekte wurden allerdings für einige spezifische Bedürfnisse entwickelt und leiden deshalb unter einigen Mängeln wie z. B. die Unterstützung einer einzigen Anwendung (meist eine Filesharing-Anwendung), die für eine effiziente Zusammenarbeit nicht ausreichend ist [2][3][4]. Diese Mängel wurden in der Groove-Kooperationsgroupware bearbeitet. Groove leidet selbst auch unter einigen Schwächen wie dem Einsatz von Server-basierten Diensten, was sich negativ auf die Verfügbarkeit dieser Dienste auswirkt.

Groove ist nur für die Windows-Plattform verfügbar, so dass es auch Probleme mit Interoperabilität gibt [5]. Das zeigt die Notwendigkeit für eine kollaborative Umgebung, welche viele kooperative Anwendungen bietet, die Interoperabilität unterstützt und auf vollständige verteilte Server-unabhängige P2P-Kommunikation und -Dienste basiert. Darüber hinaus fokussiert diese Arbeit auf das PeCoCC-Framework, welches diese Umgebung anbieten soll.

Struktur des PeCoCC-Frameworks

Das PeCoCC-Framework bietet die Möglichkeit, mehrere kollaborative sowie koordinative Anwendungen und deren entsprechende reine P2P-Technologien zu implementieren [6]. Es nutzt das Prinzip der Kombination einer angebotenen Anwendung und eines am besten dafür geeigneten P2P-Overlay-Netzwerks. Das PeCoCC-Framework hat eine Schichtstruktur, welche aus vier Schichten besteht. Die Schichtstruktur hilft, die Teile eines komplexen Systems zu erkennen und zu verstehen. Dies erleichtert auch den Wartungs- und Entwicklungsprozess. Abbildung 1 erläutert die Schichtstruktur des PeCoCC-Framework, welche im Folgenden präsentiert wird.

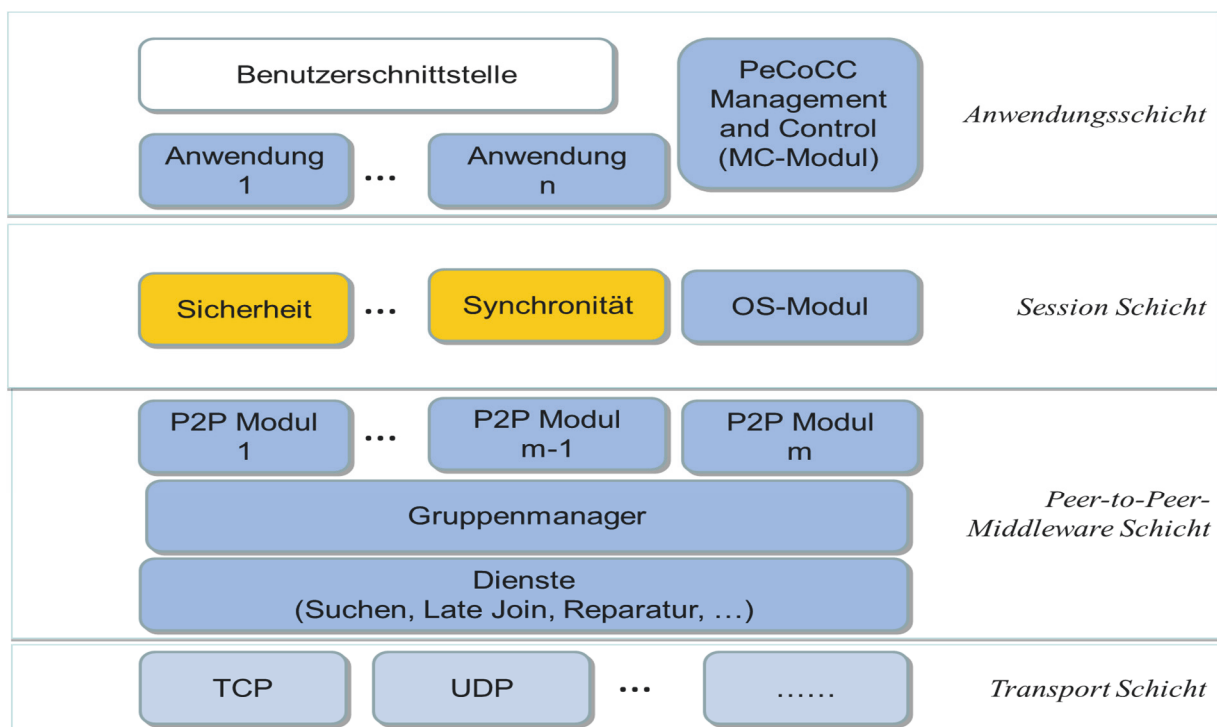


Abbildung 1: Schichtstruktur des PeCoCC-Frameworks

Die Anwendungsschicht

Die Anwendungsschicht besteht aus drei Hauptbestandteilen. Der erste Teil umfasst viele Anwendungen des rechnergestützten Gruppenlernens. Die Anwendungen können beliebig implementiert und in dieser Schicht eingefügt werden. Die Erforschung vieler verschiedener Groupwares und verteilter Lernumgebungen zeigte, dass die meisten dieser Lernsysteme Kollaborations- und Koordinationsanwendungen nutzen, um den Lernprozess effektiv zu unterstüt-

zen. Diesbezüglich unterstützt das PeCoCC-Framework kollaborative Anwendungen, wie einen verteilten Texteditor und eine Filesharing-Anwendung sowie einen gemeinsamen Kalender als Koordinationsanwendung.

Der zweite Teil ist die grafische Benutzerschnittstelle, welche mit den angebotenen Anwendungen verbunden ist und die Interaktion zwischen den Nutzern und dem Framework ermöglicht.

Der Dritte und wichtigste Teil dieser Schicht ist das PeCoCC-Management und Controller Modul (MC-Modul), welches für die Steuerung des Datenflusses durch das Framework sowie des Arbeitsflusses zwischen den Nutzern verantwortlich ist. Das MC-Modul beeinflusst auch die Benutzerschnittstelle und führt eine Liste der Benutzer und deren von der jeweiligen Anwendung abhängigen Rollen und Prioritäten. Die Benutzer sollen durch das MC-Modul identifiziert werden, um das System nutzen zu dürfen. Welche Rolle und Rechte der Benutzer hat, hängt von der genutzten Anwendung ab. Diese Rollen und Rechte werden in Tabellen verwaltet und im MC-Modul gespeichert. Eine Tabelle wird für jede Anwendung definiert. Falls alle in einer Anwendungssitzung angemeldeten Benutzer die gleichen Rechte haben, wird ein Mechanismus verwendet, welcher die Registrierungsreihenfolge der Benutzer oder die alphabetische Reihenfolge ihrer Identifikation oder Namen berücksichtigt.

Die Session-Schicht

Die Session-Schicht bietet allgemeine Mechanismen, welche die Anwendungen des rechnergestützten Gruppenlernens und das PeCoCC-Framework benötigen, um sicher und effektiv zu funktionieren. Derzeit wurde auf zwei Mechanismen konzentriert. Der *Sicherheitsmechanismus* ist verantwortlich für die Sicherung der Daten und der P2P-Verbindungen. Der andere Mechanismus ist der *Synchronitätsmechanismus*, der die verschiedenen Mitglieder einer Lerngruppe synchronisiert und für Echtzeitanwendungen nützlich ist. Weitere Mechanismen können bei Bedarf in diese Schicht integriert werden. Da die Verwendung des P2P-Overlay im PeCoCC-Framework anwendungsabhängig ist, umfasst die Session-Schicht das Overlay-Selektions (OS)-Modul, welches für die Speicherung der Informationen über das entsprechende P2P-Overlay für jede Anwendung verantwortlich ist.

Die Peer-to-Peer-Middleware-Schicht

Das PeCoCC-Framework unterstützt die Funktionen verschiedener reiner P2P-Overlay-Netzwerke sowie die für die kollaborativen Anwendungen wichtigen serverunabhängigen Dienste. Die Anwesenheit dieser Schicht ermöglicht die Kommunikation zwischen den Peers ohne irgendeine Änderungen an der zu Grunde liegenden (underlying) Hardware oder Software. Aufgrund der Anforderungen der durch das PeCoCC-Framework unterstützten Anwendungen wurden die passenden P2P-Technologien erforscht und untersucht. Im PeCoCC-Framework werden zunächst zwei reine P2P-Overlay-Netzwerke angeboten.

Das *Content Addressable Network* (kurz CAN) ist ein strukturiertes P2P-Overlay-Netzwerk und basiert auf einem verteilten Hash-Tabellen(VHT)-Algorithmus. CAN unterstützt die effiziente Verteilung von Dokumenten und Lernmaterialien und bietet bessere Lastverteilung als alle anderen Overlay-Netzwerke. Diese Eigenschaft macht das CAN für Anwendungen wie File-Sharing sehr geeignet. CAN berücksichtigt das zugrunde liegende Netz nicht, deshalb ist der CAN-Algorithmus für Echtzeit-Anwendungen (z. B. verteilte Texteditor) nicht brauchbar.

Der andere P2P-Algorithmus ist *Pastry*, welcher auch ein strukturiertes Overlay ist und auf einem VHT-Algorithmus basiert. Pastry unterstützt skalierbare und verteilte Dienste zur Objektlokalisierung und zum Objekt-Routing in der Anwendungsschicht und bietet P2P-Dienste auf dieser Ebene. Pastry berücksichtigt die zugrunde liegende Netztopologie, welche für Echtzeit-Anwendungen von großer Bedeutung ist. Jede P2P-Technologie wird in ein P2P-Modul gekapselt, welches so deren Funktionen anbietet. Weitere P2P-Technologien können bei Bedarf in das PeCoCC-Framework integriert werden. Des Weiteren enthält diese Schicht den Gruppenmanager, der für die Bildung und Steuerung der Lerngruppe verantwortlich ist. Der Gruppenmanager wird von vielen Dienste wie z. B. Such-, Late Join-, und Reparaturmechanismen unterstützt.

Die Transportschicht

Die Transportschicht bietet Zugang zu verschiedenen häufig verwendeten Übertragungsprotokollen, welche gemäß den Anforderungen der vom PeCoCC-Framework unterstützten Anwendungen ausgewählt werden.

Die Funktion des Frameworks

Wenn ein Benutzer eine der verfügbaren Anwendungen startet, wird das MC-Modul aktiviert und sendet dem OS-Modul in der Session-Schicht eine *CHOOSE*-Nachricht, welche Informationen über die geöffnete Anwendung enthält. Das OS-Modul wird dann aufgrund der geöffneten Anwendung entscheiden, welches P2P-Modul für diese Anwendung am besten geeignet ist. Das OS-Modul sendet dann eine *OVERLAY*-Nachricht an das MC-Modul in der Anwendungsschicht, um diese über das entsprechende P2P-Modul zu informieren. Z. B. wird das Pastry-P2P-Modul aufgerufen, falls die verteilte Texteditor-Anwendung geöffnet wird. Das OS-Modul aktiviert auch die für die geöffnete Anwendung notwendigen Dienste in der Session-Schicht. Nachdem das MC-Modul die *OVERLAY*-Nachricht empfängt, ruft es die gespeicherte Liste der möglichen Anwendungsteilnehmer ab und sendet eine *START*-Nachricht an das entsprechende P2P-Modul in der Peer-to-Peer-Middleware-Schicht.

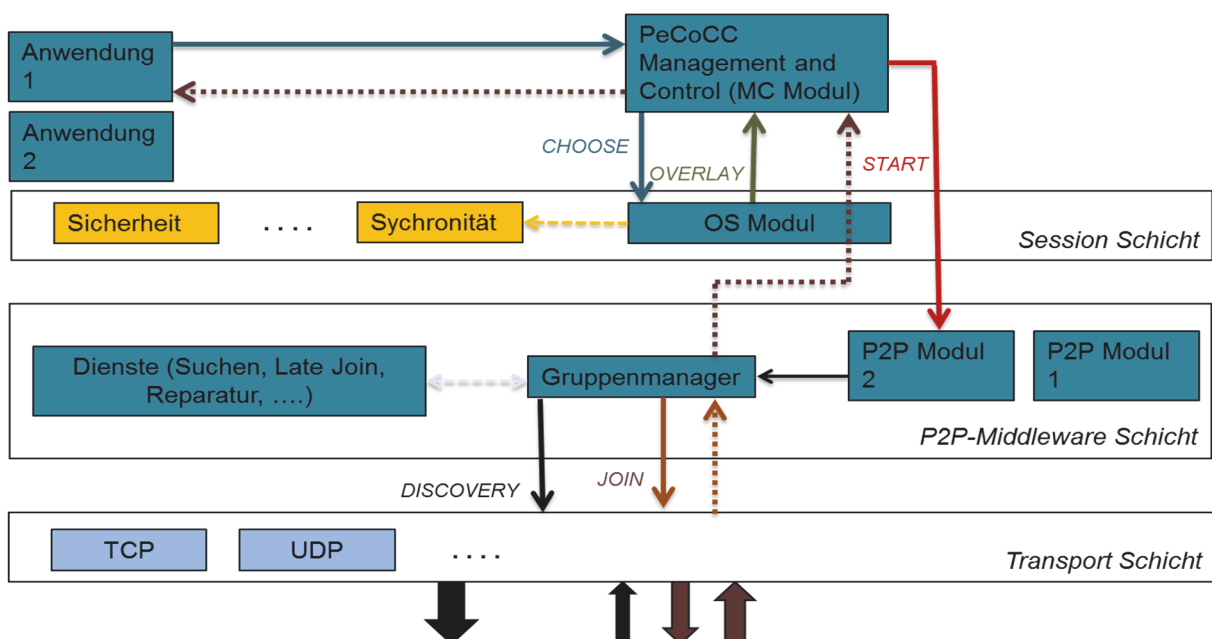


Abbildung 2a: Die Funktionsweise des PeCoCC Frameworks

In der Peer-to-Peer-Middleware-Schicht startet das ausgewählte P2P-Modul (Pastry im Fall des verteilten Texteditors) die Verbindung und sendet eine *DISCOVERY*-Nachricht durch den Gruppenmanager über die Transportschicht, um zu prüfen, ob das P2P-Netzwerk und damit die kollaborative Gruppe bereits aufgebaut wurden oder nicht. Wenn es eine positive Antwort erhält, wird der Gruppenmanager informiert. Der Gruppenmanager sendet dann mithilfe des Overlay-Multicasting-Protokolls eine *JOIN*-Nachricht mit der GroupID, um an der gewünschten Gruppe teilnehmen zu können und die IDs der anderen beteiligten Benutzer sowie die relevanten Informationen der aktuellen Sitzung abzurufen (Abbildung 2a).

Wenn es noch keine kollaborative Gruppe gibt und deshalb für die *DISCOVERY*-Nachricht keine Antwort empfangen wird, wird der Gruppenmanager eine *CREATE*-Nachricht in das P2P-Netzwerk senden, um die kollaborative Gruppe mit einer bestimmten GroupID zu kreieren (Abbildung 2b). Die vom Gruppenmanager erhaltenen Informationen werden an das MC-Modul weitergeleitet, um die Rollen und die Rechte der Gruppenmitglieder in der Sitzung abzurufen. In der laufenden Sitzung vergibt das MC-Modul aufgrund der gespeicherten Prioritätstabellen jedem Gruppenmitglied seine Rechte und adaptiert entsprechend die Benutzerschnittstelle. Die Rolle des Teilnehmers wird in Form von aktiven oder inaktiven Interaktionsmöglichkeiten an seiner Benutzerschnittstelle angezeigt.

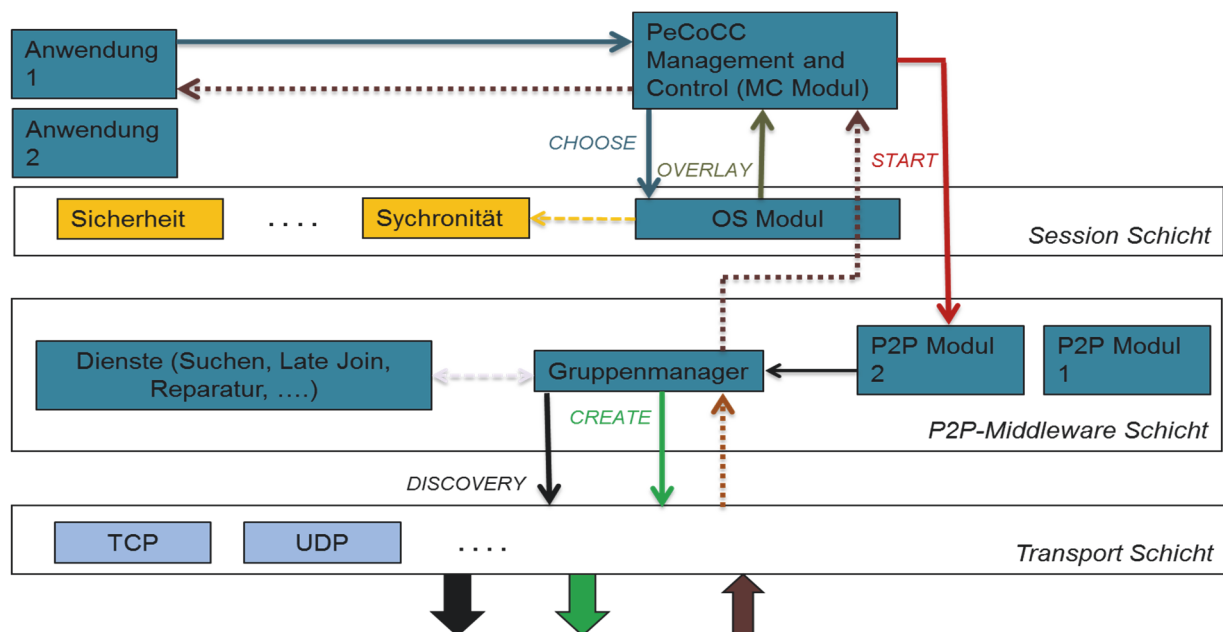


Abbildung 2b: Die Funktionsweise des PeCoCC Frameworks

Aktuelle Stand der Arbeit

Die Arbeit befindet sich in der Implementierungsphase. Die verfügbare Pastry Software wurde erforscht. Das ganze Framework soll mit Hilfe des P2P-Simulators *PeerfactSim.KOM*, welcher die Simulation mehreren P2P-Technologien umfasst, programmiert und getestet werden. Der *PeerfactSim.KOM*-Simulator ist ein Event-basierter P2P-Simulator, der in Java geschrieben ist. Der Simulator wurde in *Multimedia Communication Lab KOM* der Technischen Universität Darmstadt entwickelt. Weiterhin ist dessen Software online verfügbar und offen für weitere Entwicklungen [6]. Die im *PeerfactSim.KOM*-Simulator angebotene Filesharing-Anwendung

wurde erforscht und auf dem CAN-Algorithmus ausgeführt. Momentan wird ein auf dem Pstry-Overlay basiertes kooperatives Nachrichtensystem programmiert, um die Kollaboration zwischen den Peers zu ermöglichen. Danach sollen die weiteren Strukturen des PeCoCC-Frameworks gebaut werden. Das Framework soll durch unterschiedliche Szenarien, welche die unterschiedlichen Anwendungen betrifft, geprüft werden.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde das PeCoCC-Framework präsentiert, welches viele reine P2P-Verbindungen im Bereich des rechnergestützten Gruppenlernens ermöglichen soll. Das PeCoCC-Framework soll die passende reine P2P-Technologie für jede Anwendung zur Verfügung stellen. Weiterhin soll es ein offenes erweiterbares Framework ergeben, in dem viele unterschiedliche Anwendungen sowie mehrere P2P-Technologien integriert werden können. Das Framework wird in Java implementiert und mit Hilfe des PeerfactSim.KOM P2P-Simulators getestet.

Literatur

- [1] J. Moore, C. Dickson-Sean, K. Galyen: *e-Learning, online learning and distance learning environments: Are they the same?* Mar. 2011, Journal of Internet and Higher Education, vol. 14, S. 129-135, doi:10.1016/j.iheduc.2010.10.001.
- [2] J. Vassileva: *Harnessing P2P power in the Classroom*. Aug, 2004. Proc. 7th International Conference, ITS, S. 305-314, doi: 10.1007/978-3-540-30139-4-29.
- [3] M. Miettinen, J. Kurhila: *EDUCOSOM- Personalized writable Web for Learning Communities* Apr, 2003. Proc. Information Technology, Coding and Computing, S. 37-42, doi:10.1109/ITCC.2003.1197496.
- [4] C. Qu, W. Nejd: *Interacting the Edutella/JXTA Peer-to-Peer Network with Web Services*. 2004. Proc. IEEE Symp. Application and the Internet, S. 67-73, doi:10.1109/SAIT.2004.1266100.
- [5] <http://technet.midorsoft.com/enus/magazine/2006.10.intothe groove.aspx>
- [6] M. Hasan, J. Seitz: *Peer-To-Peer Communications for Computer Supported Collaborative Learning. The PeCoCC framework*. Barcelona, Spain, 2014. The Sixth International Conference on Mobile, Hybrid, and On-line Learning. eLmL2014. S. 25-29. ISBN 978- 1-61208-328-5

Kommunikation und Wegewahl in Assistenzsystemen

von Karsten Renhak

Karsten Renhak schloss im März 2008 sein Studium der Ingenieurinformatik als Diplomingenieur für Ingenieurinformatik an der Technischen Universität Ilmenau ab. Im Anschluss begann seine Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Kommunikationsnetze der TU Ilmenau, wo er eine Promotion anstrebt. Der Autor beschäftigt sich vorwiegend mit Kommunikationsinfrastrukturen für Assistenzsysteme, nachrichtenbasierten Middlewaresystemen und IP-Mobilkommunikation. Seit dem September 2014 ist der Autor Softwareentwickler in der Inverso GmbH in Ilmenau.

Motivation

Der demografische Wandel und eine steigende Lebenserwartung in vielen Industrieländern führen zu einer wachsenden räumlichen und sozialen Mobilität. Durch die damit einhergehende Auflösung der Familie als Solidarstruktur im weitesten Sinne, wächst der Assistenzbedarf bei den täglichen Aktivitäten. Damit besteht ein wachsendes Interesse an kostengünstigen, kommerziell verfügbaren persönlichen und technischen Assistenzangeboten. Diese sollten sowohl Dienstleistungen für den Alltag als auch für Notfallsituationen zur Verfügung stellen. [1] zeigt die allgemeinen Ziele und das Konzept eines Übertragungssystems am Beispiel des WEITBLICK-Assistenzsystems.

Das Altern ist ein individueller Prozess, gekennzeichnet von unabhängigen Veränderungen der körperlichen und kognitiven Fähigkeiten. Eine Vielzahl von physischen und soziokulturellen Gewohnheiten beeinflusst diesen Prozess der Veränderungen.

Bei jeder Art von Assistenzsystemen müssen die Gewohnheiten der Benutzer berücksichtigt werden. Die Schaffung geringer Akzeptanzhürden ist hier eines der wichtigsten Aspekte, die für den Erfolg eines Assistenzsystems notwendig sind. Sowohl Kommunikation als auch Unterhaltungsmedien unterliegen langwierigen Lebensgewohnheiten. Um dies zu ändern ist ein subjektiver oder greifbarer Zusatznutzen erforderlich. Ein solcher Anreiz könnten zum Beispiel Informationen über gemeinsame Aktivitäten oder lokale Nachrichten sein.

Weiterhin können technische Assistenzsysteme älteren Menschen einen längeren Aufenthalt in der gewohnten Umgebung ermöglichen. Durch die Nutzung vertrauter Medien und den damit verbundenen Nutzungsgewohnheiten, kann die Akzeptanz eines technischen Hilfs- oder Assistenzsystems erhöht werden. Daher soll ein Assistenzsystem möglichst viele potenzielle Kommunikationsmittel unterstützen. Dieser Beitrag beschreibt Teilaspekte eines Assistenzsystems

mit dem Schwerpunkt der Adressierung und Wegewahl von Nachrichten. Das Assistenzsystem wurde im Rahmen des Forschungsprojekts WEITBLICK entworfen, entwickelt und implementiert.

AAL – Ambient Assisted Living

Das zuvor erwähnte Assistenzsystem folgt den Zielen und typischen Einsatzfeldern von *Ambient Assisted Living* (AAL) Systemen. Eine passende Definition und kurze Erläuterung kann wie folgt [2] entnommen werden:

„(AAL ... Altersgerechte Assistenzsysteme für ein selbstbestimmtes Leben, umgebungsunterstütztes Leben, selbstbestimmtes Leben durch innovative Technik oder Assistenzsysteme fürs Alter) umfasst Methoden, Konzepte, (elektronische) Systeme, Produkte sowie Dienstleistungen, welche das alltägliche Leben älterer und auch benachteiligter Menschen situationsabhängig und unaufdringlich unterstützen. Die verwendeten Techniken und Technologien sind nutzerzentriert, also auf den Menschen ausgerichtet und integrieren sich in dessen direktes Lebensumfeld. Die Technik passt sich folgerichtig an die Bedürfnisse des Nutzers an und nicht umgekehrt. Um Kontextinformationen zu teilen, können Technologien im AAL-Umfeld sinnvollerweise modular und vernetzbar aufgebaut sein, um ein pseudointelligentes Verhalten aufzuweisen. Diese Eigenschaft ist jedoch nicht zwingend erforderlich.“

Nach [3] können die typischen Einsatzfelder und deren Ziele wie folgt zusammengefasst werden:

- Durch Verbesserung von Autonomie, Selbstsicherheit und Mobilität sollen Personen länger in ihrer bevorzugten Umgebung wohnen können.
- Förderung und Unterstützung der Gesundheit von *älteren* Personen.
- Gesunde Lebensgewohnheiten für „risikobehaftete“ Personen fördern.
- Verbessern der individuellen Sicherheit.
- Soziale Isolation vermeiden.
- Etablierung und Unterstützung eines multifunktionalen Unterstützernetzwerkes.
- Unterstützung von Familien und Pflegeeinrichtungen.
- Erhöhung der Effizienz und Produktivität der verwendeten Ressourcen in der alternden Gesellschaft.

Kommunikation im Assistenzsystem

Das im Folgenden besprochene Assistenzsystem zur Unterstützung des täglichen Lebens basiert auf einer Client-Server-Architektur. Auf der Clientseite steht dem Nutzer eine Vielzahl technischer Endgeräte zur Kommunikation mit dem Assistenzsystem zur Verfügung. Abbildung 1 zeigt eine beispielhafte Auswahl möglicher Nutzungsvarianten des Assistenzsystems. Der Nutzer kann selbst entscheiden, mit welchem Gerät beziehungsweise welchen Geräten er das Assistenzsystem benutzt. Zwischen Server und Client befindet sich das Kommunikationssystem (*Communication middleware*), das die unterschiedlichen Kommunikationskanäle wie

Datendienste im 2G/3G-Mobilfunk¹, DSL oder Digitalrundfunk (DAB, DVB) nach Nutzerpräferenzen auswählt und verwaltet. Eine wichtige Aufgabe dieser Datenverarbeitungsinstanz auf der Seite des Empfängers ist das Filtern des eingehenden Datenverkehrs bei Rundfunkdatenströmen sowie das Zuordnen der einzelnen Nachrichten zu den Kommunikationssitzungen. Weiterhin ist eine beispielhafte Auswahl von unterschiedlichen Kommunikationstechnologien zwischen Assistenzsystem (Server) und dem Client in Abbildung 1 zu sehen.

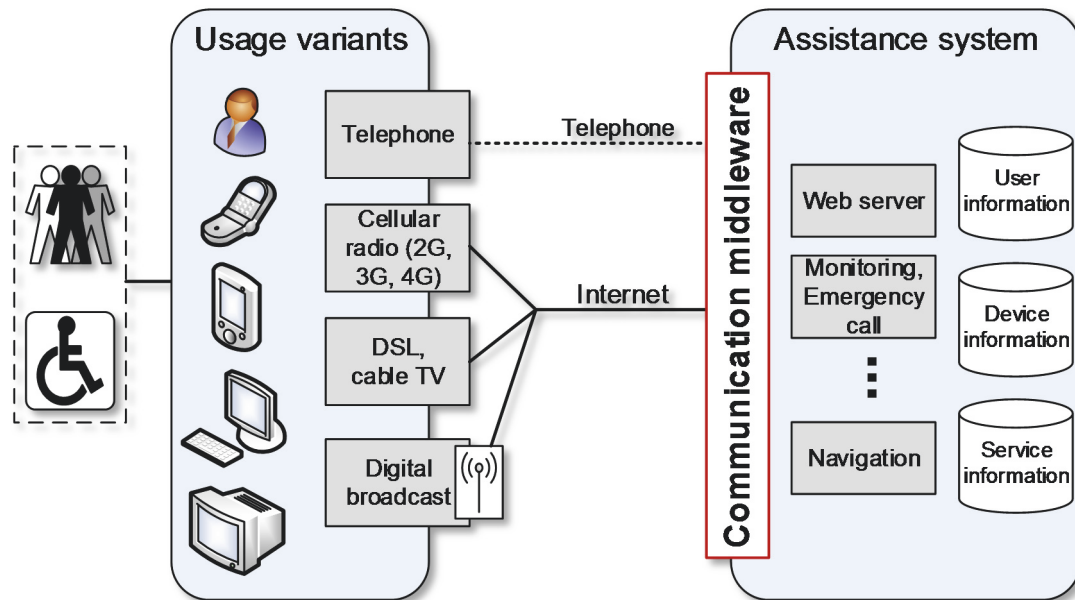


Abbildung 1: Beispiel eines Assistenzsystems mit mehreren Kommunikationsvarianten

Neben den üblichen Mensch-Maschine-Schnittstellen, die technische Endgeräte bieten, sollte es zusätzlich möglich sein, telefonisch über ein Call Center mit dem Assistenzsystem zu interagieren. Dieser Anwendungsfall repräsentiert in Abbildung 1 der abgebildete Avatar und die gestrichelte *Telephone*-Verbindungsline. Ein Call-Center-Mitarbeiter würde dann zum Beispiel im Auftrag des Nutzers die gewünschten Dienstleistungen reservieren oder persönliche Angaben im Assistenzsystem ändern. Die Telefonverbindung zwischen Server und Client stellt eine optionale Schnittstelle zum Kernsystem über das *Public Switched Telephone Network* (PSTN) dar.

Eine Software-basierte Nebenstellenanlage (PBX) könnte beispielsweise verwendet werden, um individuelle Dienste via *Dial-Codes* oder Spracherkennung anzubieten. Aber solche Funktionalitäten sind nicht zentraler Bestandteil des Assistenzsystems und werden daher hier nicht weiter verfolgt. Eine weitere Besonderheit stellt der Digitale Rundfunk (DAB, DVB usw.) dar, da die Datenübertragung unidirektional erfolgt. Die Besonderheiten im Umgang mit den Rundfunk-Datendiensten werden im Laufe des Berichts sowohl konzeptionell als auch aus praktischen Gesichtspunkten erläutert.

¹ Mobilfunkstandards der zweiten beziehungsweise dritten Generation (G)

Die Kommunikationsmiddleware

Jede Kommunikationstechnologie hat ihre spezifischen Eigenschaften und mögliche Einschränkungen. Eine Kommunikationsmiddleware trägt dazu bei, das System-Design zu vereinfachen, insbesondere bei der Nutzung vieler verschiedener Kommunikationswege. Hierbei werden häufig verwendete Funktionen zur Kommunikation und die Behandlung der heterogenen Kommunikationskanäle unabhängig vom Gesamtsystem entwickelt und gewartet. Somit können zum Beispiel die Geschäftslogik und andere Systemkomponenten unabhängig entworfen werden, ohne auf den vollen Umfang der Kommunikationsmöglichkeiten zu verzichten. Bei der Planung einer solchen Kommunikationsmiddleware wurden die folgenden Ziele berücksichtigt:

1. Bereitstellung einer flexiblen und einheitlichen Kommunikationsinfrastruktur.
2. Intelligente Auswahl einer geeigneten Kommunikationstechnologie für jede Kommunikationssitzung.
3. Austauschbarkeit und Unabhängigkeit der einzelnen Kommunikationstechnologien.

Die grundlegenden Funktionen der Kommunikationsmiddleware wurden bereits im Abschnitt zuvor kurz genannt und werden nun im Folgenden ausführlich erörtert. Abbildung 2 zeigt die Struktur der Kommunikationsmiddleware.

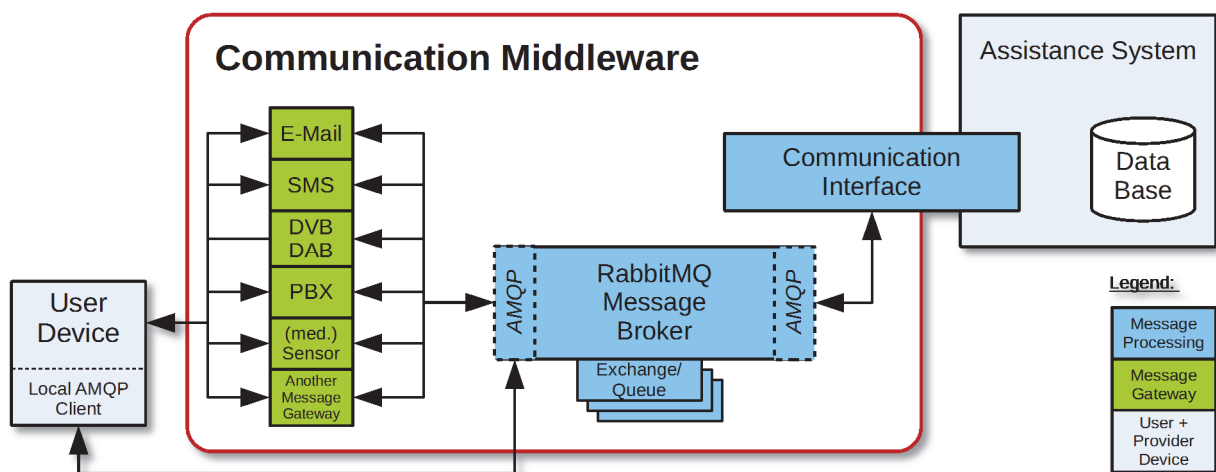


Abbildung 2: Architektur der Kommunikationsmiddleware

Neue ausgehende Nachrichten vom Assistenzsystem zum Nutzer passieren zunächst die Kommunikationsschnittstelle (vergleiche Abbildung 2: *Communication Interface*). Im Anschluss findet eine Auswahl an möglichen und verfügbaren Empfangsgeräten statt, welche für die aktuelle Nachricht in Frage kommen. Hierzu muss beim Erzeugen der Nachricht durch eine Anwendung des Assistenzsystems zunächst ein Nachrichtentyp angegeben werden. Anschließend ermittelt die Kommunikationsschnittstelle alle Kommunikationsvarianten, die in der Lage sind den gegebenen Nachrichtentyp dem jeweiligen Nutzer zum aktuellen Zeitpunkt zuzustellen. Hierzu erfolgt eine Datenbankabfrage in der zentralen Nutzerdatenbank des Assistenzsystems.

Bleiben nach der Vorauswahl möglicher Auslieferungsvarianten der Nachricht mehrere Alternativen übrig, muss von der Kommunikationsschnittstelle eine Wegewahlentscheidung getroffen werden. Hierbei werden bereits vorhandene Funktionen des *Advanced Message Queuing Protocol (AMQP) – Message-Brokers* aus **Abbildung 2** zur gezielten Verteilung und Weiterleitung von Nachrichten genutzt. Die folgenden Abschnitte dieses Beitrags beschreiben die Wegewahl für Punkt-zu-Punkt- und für Gruppennachrichten ausführlich.

Für den seltenen Fall, dass kein verfügbares Endgerät des Nutzers in der Lage ist, die Nachricht darzustellen, muss der Nachrichteninhalt konvertiert werden. Eine solche Anpassung der Daten beschränkt sich jedoch auf einige vordefinierte Transformationsregeln.

Ein Client kann die Nachrichten entweder direkt über die AMQP-Schnittstelle abholen oder es erfolgt eine Umwandlung mit Hilfe eines der Nachrichten-Gateways aus **Abbildung 2**. Die abgebildeten Gateways stellen eine beispielhafte Auswahl an Kommunikationskanälen zur Nutzung eines AAL-Assistenzsystems dar. Die Kommunikationsmiddleware ist jedoch modular und flexibel aufgebaut, so dass leicht neue Gateways neue Kommunikationsprotokolle integriert werden können. Eine ausführliche Beschreibung der hier vorgestellten Kommunikationsmiddleware ist weiterhin aus [8] zu entnehmen.

RabbitMQ als AMQP-Server

Dieser Abschnitt basiert auf den Ergebnissen einer studentischen Arbeit von René Lechelt zum Thema „Dynamische Wegewahl in Assistenzsystemen“ [7].

Wie in **Abbildung 2** zu sehen ist, enthält die hier vorgestellte Kommunikationsmiddleware einen *RabbitMQ*-Server. Diese Open-Source-Software implementiert einen *AMQP-Message Broker*, entsprechend des AMQP-Standards in der Version 0.9.1 [5]. Der Message-Broker nimmt die Nachrichten von einem oder mehreren Produzenten (*Producer*) auf und stellt sie abschließend einem oder mehreren Nachrichtenkonsumenten (*Consumer*) in Warteschlangen (*Queue*) zur Verfügung. **Abbildung 3** zeigt alle Komponenten der *AMQP-Message Oriented Middleware (MOM)* für eine bidirektionale Kommunikation.

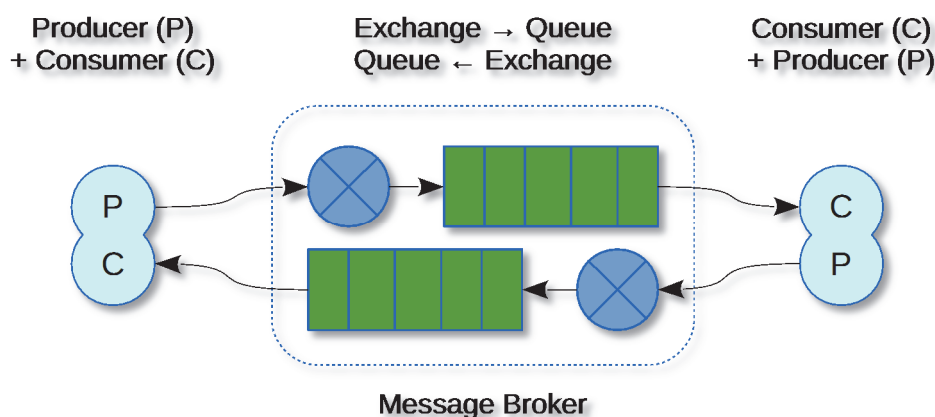


Abbildung 3: Allgemeine (AMQP) MOM-Struktur (bidirektional)

Normalerweise stellt eine *MOM* einen unidirektionalen Kommunikationsweg zwischen dem Nachrichten-Produzenten und dem Nachrichten-Konsumenten zur Verfügung. Eine bidirektionale Kommunikation zwischen zwei AMQP-Clients ist in **Abbildung 3** illustriert. Zu beachten

ist hierbei, dass beide Clients mehrere *Rollen* gleichzeitig einnehmen – Nachrichten-*Produzent* und Nachrichten-*Konsument*. Hierbei müssen jeweils zwei unabhängige AMQP-Kanäle zwischen dem AMQP-Client und dem AMQP-Message Broker für jede Kommunikationsrichtung aufgebaut werden, da jedem AMQP-Kanal entweder ein *Producer* oder ein *Consumer* exklusiv zugeordnet ist. Diese beiden AMQP-Kanäle können wiederum in einer AMQP-Verbindung durch Multiplexing zusammengefasst werden. Abbildung 4 zeigt den Zusammenhang zwischen AMQP-Kanal und -Verbindung zwischen einem AMQP-Client und dem AMQP-Server.

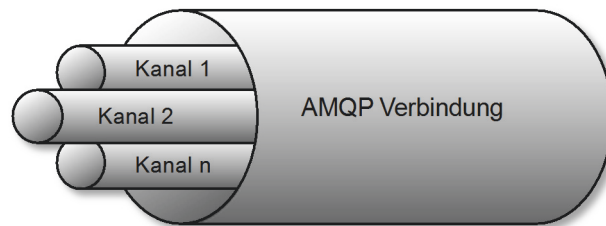


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen einer AMQP-Verbindung und den AMQP-Kanälen, nach [4] (S. 15)

Verteilen von Nachrichten mittels Exchanges

Für das Verteilen einer Nachricht über alle verfügbaren Queues müssten dem Producer alle existierenden Queue-Bezeichnungen bekannt sein. Soll eine Nachricht an mehrere Empfänger (N) gesendet werden, müsste der Producer die Nachricht N -mal in alle Queues der Empfänger einreihen. Dieses Vorgehen ist umständlich, fehleranfällig und zeitintensiv. Für dieses Problem sowie für die Aufgabe des Nachrichten-Routings definiert AMQP den sogenannten *Exchange*, der vom RabbitMQ entsprechend implementiert ist. Im Wesentlichen stellt ein Exchange einen Nachrichtenübergabepunkt des Producers dar, der eine Einreihung von Nachrichten in eine oder mehreren Queues erlaubt. Analog zur Bezeichnung einer Queue ist auch ein Exchange mit einer Bezeichnung versehen. Durch diese wird der Exchange für eine spätere Wiederverwendung identifizierbar bzw. für andere Producer auf dem RabbitMQ-Server abgrenzbar. [4, 6]

Zur Bestimmung der gewünschten Einreihungsstrategie von Nachrichten, müssen Exchanges mit einem *Typ (exchange type)* versehen werden. Diese Zuordnung definiert, in welche Queues eine Nachricht eingereicht wird. RabbitMQ bietet vier unterschiedliche Exchange-Typen an: *direct*, *topic*, *fanout* und *header*. Im Folgenden wird der lediglich der Umgang mit Direct-Exchanges behandelt.

An sämtlichen Queues können sogenannte *Routing-Keys* gebunden werden (*key bindings*). Die Routing-Keys können sich aus Zeichen und Zeichenketten zusammensetzen, die zur Queue-Bezeichnung zusammenhanglos gegenüberstehen. Diese Anbindungen stellen zwischen einem Exchange und den vorhandenen Queues eine Auslieferungsbeziehung her, um Nachrichten völlig unabhängig von ihren Bezeichnungen einreihen zu können.

Mit dem Topic-Exchange können Routing-Keys *Themen (topics)* zugeordnet werden. Die Anbindung eines Themas grenzt den erlaubten Typ einer Nachricht implizit ab. Topic-Exchanges gewährleisten, dass Nachrichten in mehreren Queues eingereicht werden können. Der Zusammenhang dieser Form der Nachrichteneinreihung soll am folgenden Beispiel verdeutlicht werden:

Es wollen zum Beispiel zwei unterschiedliche Consumer jeweils „protokollierende“ (*log*) und „alarmierende“ (*alert*) Nachrichten empfangen. Beide Nachrichtenthemen stehen zunächst zusammenhangslos gegenüber und sollen somit unabhängig voneinander sein. Ein gemeinsames (Unter)-Thema, das beide Nachrichten weiterhin aufweisen könnten, würden beispielsweise „kritische“ (*critical*) Meldungen sein. Das heißt, „kritische“-Nachrichten würden ausnahmslos auch vom Typ „protokollierend“ oder „alarmierend“ sein. Zwei Consumer behandeln die Nachrichten demzufolge unterschiedlich und möchten nur diese Nachrichten erhalten. Ein dritter Consumer verarbeitet hingegen beide Typen und erhält sie, sofern die Nachricht eine „kritische“ Information beinhaltet.

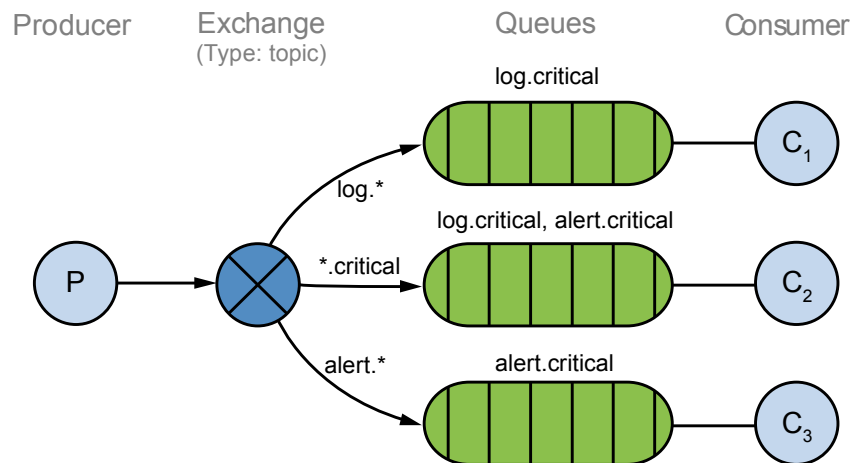


Abbildung 5: Verwendung von Routing-Keys zur themenbezogenen Einreihung von Nachrichten [7]

Die Abbildung 5 zeigt die themenbezogene Einreihung von Nachrichten. Das Sternzeichen an den Pfeilen (*binding key*) steht für einen Platzhalter und erlaubt als Thema nahezu jegliche Form von Zeichen. Die Bezeichnungen oberhalb der Queues stellen die Routing-Keys in diesem Beispiel dar, welche eine Einreihung in die jeweilige Queue bewirken. Topic-Exchanges bewirken, dass Nachrichten in Abhängigkeit eines verwendeten Routing-Keys in die vorgesehenen Queues eingereiht werden, vorausgesetzt der verwendete Routing-Key stimmt partiell mit der themenbezogenen *binding key* einer Queue überein. Andersherum betrachtet, gewährleisten die Themen, dass die Nachrichten für keine Consumer eingereiht werden, die keinen Empfang dieser planen.

Wegewahl mittels RabbitMQ

Die Basis der Kommunikation zwischen dem Assistenzsystem und den jeweiligen Nutzergeräten geht davon aus, dass der Kommunikationsmiddleware im Assistenzsystem lediglich *ein* Topic-Exchange zur Verfügung steht. Ausgehend davon sollen für die Verteilung von Nachrichten verschiedene *Routing-Keys* zum Einsatz kommen. Der notwendige Routing-Key, der für die Einreihung herangezogen wird, ist durch den Wegewahlalgorithmus in der Kommunikationsschnittstelle zu ermitteln. Um die jeweiligen Queues durch Adressat, Dienst und Nachrichtenform voneinander abzugrenzen, sollen alle Queues durch drei Themen beschrieben werden. Als erstes Thema wird das gewünschte Kommunikationsprotokoll oder der Dienst eines Gateways spezifiziert (z.B. AMQP, SMS, E-Mail etc.). Um darüber hinaus die Nutzergeräte in den Rou-

tingverfahren zu unterscheiden, soll als zweites Thema das jeweilige Gerät durch einen eindeutigen Consumer-Key spezifiziert werden. Abschließend soll ein drittes Thema herangezogen werden, das einen Nachrichtentyp symbolisiert (zum Beispiel alarmierende, informatorische o.ä. Nachrichten). So lässt sich in Kombination von einem einzigen themenbezogenen Exchange und die Verwendung eines Routing-Keys die jeweilige Queue eindeutig zuordnen. Die folgende **Tabelle 1** fasst die Verwendung des Drei-Themen-Routing-Keys zusammen.

Thema	Verwendung	Beschreibung
1	Dienst/Gateway	Legt fest das Medium fest (z. B. SMS, E-Mail, AMQP etc.)
2	Benutzer	Spezifiziert den Consumer (beispielsweise durch eine Consumer-UID, MAC-Adresse o.ä.)
3	Nachrichtentyp	Der Typ grenzt die Form der Nachricht ab (z. B. Warnstufen, Datenbankinformation etc.)

Tabelle 1: Der zu ermittelnde Drei-Themen-Routing-Key durch das dynamische Wegewahlverfahren [7]

Eine Queue steht jedoch nur zur Verfügung, wenn der Nutzer zum RabbitMQ-Server eine Verbindung aufgebaut hat. Existiert diese Queue nicht, würde die Nachricht verloren gehen und kann nicht erneut gesendet werden. Gleiches gilt für die Queues der Gateways. Um dieses Problem zu lösen, wird folgender Ansatz verfolgt: Der von der Kommunikationsschnittstelle generierte Routing-Key muss so ermittelt werden, dass die zu vermittelnde Nachricht in maximal *einer* Queue eingereicht wird. Somit muss der Routing-Key *eindeutig* sein. Weiterhin muss der Consumer, welcher Nachrichten direkt über RabbitMQ empfangen möchte, sich selbstständig mit einem geeigneten Routing-Key an dem Vermittlungs-Exchange der Kommunikationsschnittstelle anbinden. Wird exakt dieser Routing-Key vom Assistenzsystem ermittelt, kann die Nachricht anschließend in die entsprechende Queue eingereicht werden. Ist diese Queue jedoch nicht vorhanden, geht die Nachricht über einen *Return Listener* an die Kommunikationsschnittstelle zurück. Diese übergibt die Nachricht erneut an den Routing-Algorithmus, so dass dieser einen alternativen Routing-Key generieren kann. Der veraltete Routing-Key muss folglich bei einer Neugenerierung gesperrt werden.

Dieser Ansatz zur Wegewahl in der Kommunikationsmiddleware basiert auf der Registrierung der Nutzerendgeräte im Assistenzsystem. Das heißt, dass die Nutzer und alle Nachrichtenempfänger, sich im Assistenzsystem „anzumelden“ haben. Zu diesem Zweck müssen der Kommunikationsschnittstelle folgende Informationen bekannt sein: *eindeutiger Consumer-Key*, *mögliche Vermittlungswege* und *Metadaten* wie Telefonnummer, E-Mail-Adresse o.ä. (für alternative Dienste).

Zusammenfassung

Das hier vorgestellte Assistenzsystem bietet eine Unterstützung sozialer Dienstleistungen mittels technischer Systeme. Die beschriebene Kommunikationsmiddleware bietet eine abstrakte

Schnittstelle für die Kommunikation zwischen Nutzern und einem Assistenzsystem. Der modulare Aufbau erleichtert den Assistenzsystementwurf und unterstützt die Wartung sowie den laufenden Betrieb des Systems durch seine flexible und offene Infrastruktur.

Der vorgestellte Ansatz zur Wegewahl mittels RabbitMQ bietet eine einfache aber vielseitige Methode Nachrichten vom Assistenzsystem zu den Nutzern gezielt zu vermitteln. Weiterhin bietet dieser Ansatz der Nachrichtenvermittlung auch Funktionen zur Gruppenkommunikation. Referenz [9] beschreibt hierzu verschiedene Ansätze, mittels RabbitMQ im hier vorgestellten Assistenzsystem Gruppenkommunikation umzusetzen. Der dort beschriebene Ansatz ist dem hier vorgestellten Verfahren mit *Direct-Exchanges* sehr ähnlich. In einem nächsten Schritt werden beide Verfahren miteinander kombiniert.

Wie schon in Abbildung 2 zu erkennen ist, kann das hier vorgestellte Kommunikationssystem vielseitig eingesetzt werden und ist nicht nur auf Assistenzsysteme beschränkt. Leicht vorstellbar wäre zum Beispiel der Einsatz in der Hausautomatisierung. Hier existieren ebenfalls viele verschiedene Kommunikationsstandards, die nicht miteinander kompatibel sind. Die vorgestellte Middleware kann hier zwischen den unterschiedlichen Automatisierungslösungen „übersetzen“, wenn Gateways zu den jeweiligen Automatisierungsvarianten existieren.

Literatur

- [1] S. Lutherdt, et al., *Design of an assistance system for elderly based on analyses of needs and acceptance* in UAHCI '09: Proc. of the 5th International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction. Addressing Diversity. Part I, Springer-Verlag, 2009, ISBN 9783642027062, pp. 96 – 105.
- [2] Wikipedia, *Ambient Assisted Living* — *Wikipedia, Die freie Enzyklopädie*. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Ambient_Assisted_Living&oldid=131080764. – [Online; Stand 3. Juli 2014]
- [3] AAL Association: *AMBIENT ASSISTED LIVING JOINT PROGRAMME*. 2014. – <http://www.aal-europe.eu/about/objectives/> [Online; Stand 27.6.2014]
- [4] A. Videla, J. Williams: *RabbitMQ in Action*. Manning Publications Co., 2012. ISBN 9781935182979
- [5] AMQP, *Advanced Message Queuing Protocol, Protocol Specification, Version 0.9.1*. <https://www.rabbitmq.com/resources/specs/amqp0-9-1.pdf>. – [Online; zuletzt abgerufen am 1.07.2014]
- [6] S. Boschi, G. Santomaggio: *RabbitMQ Cookbook*. Packt Publishing Ltd., 2013. – ISBN 9781849516501
- [7] R. Lechelt: *Dynamische Wegewahl in Assistenzsystemen*, Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Kommunikationsnetze, Bachelorarbeit, 2014. <http://www.tu-ilmenau.de/it-kn/studentische-arbeiten/bachelorarbeiten/>
- [8] K. Renhak, J. Seitz: *User centric multi-purpose messaging framework*. In: International Conference on ICT Convergence (ICTC), 2013, pp. 66–71. <http://dx.doi.org/10.1109/ICTC.2013.6675308>

- [9] E. F. Ukegheson: *Application Layer Group Communication Management*, Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Kommunikationsnetze, Masterarbeit, 2014. <http://www.tu-ilmenau.de/it-kn/studentische-arbeiten/masterarbeiten/>

Intelligente Transportsysteme

von Markus Hager

Seit dem Studienabschluss an der TU Ilmenau arbeitete Markus Hager als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Kommunikationsnetze. Aktuell beteiligt er sich am Forschungsprojekt PORT: Power- & Radio-Train. Gemäß dieser Abkürzung werden in diesem interdisziplinär besetzten Forschungsvorhaben sowohl neue Antriebskonzepte (Power-Train) als auch Fragestellungen hinsichtlich der IKT (Radio-Train) von Fahrzeugen bearbeitet. Zu Letzterem zählen unter anderem Sensornetzwerke, rekonfigurierbare Sensorschnittstellen und Inter/Intra-Fahrzeugkommunikation. Dieser Artikel gibt einen allgemeinen Einblick in diese Thematik und geht im Speziellen auf die vielseitigen Aspekte der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation genauer ein.

Einleitung

Die individuelle Mobilität, vorrangig und nachhaltig geprägt durch das Automobil, hat das Leben in unserer Gesellschaft stark beeinflusst. Gemäß dem Statistischen Bundesamt hatten 2013 unter den ca. 40 Millionen Haushalten 77,1 Prozent zumindest ein Auto, wobei sich zurückblickend ein diesbezüglich leicht ansteigender Trend erkennen lässt. Das ist umso erstaunlicher, wenn man bedenkt, dass ein zunehmender Anteil der Bevölkerung in die Städte zieht, wo insbesondere in den großen Ballungsräumen ein breites Angebot von öffentlichen Verkehrsmitteln den Besitz eines Autos eigentlich obsolet macht.

Dieser nüchterne Blick auf die Statistik aber auch die täglichen Staumeldungen auf stark befahrenen Autobahnen im Radio zeigen, dass das Automobil einen wesentlichen Anteil im Verkehrswesen ausmacht. Die zahlreichen Bemühungen der Automobilbranche sich vom mittels fossiler Brennstoffe betriebenen Fahrzeug durch Wasserstoffautos oder Elektroautos zu lösen, zeigen darüber hinaus, dass auch in Zukunft möglichst diese Freiheit der individuellen Mobilität erhalten bleiben soll.

IKT im Automobil und Intelligente Transportsysteme

Etwa bis zu Beginn der 90er-Jahre hat die Elektronik im Automobil eher eine versteckte Hintergrundrolle gespielt, wie zum Beispiel im Bereich des Motormanagements, sofern man die fahrzeugtechnisch weniger relevanten Multimedia-Anwendungen außen vorlässt. Getrieben durch immer leistungsfähigere Computerchips sind aber sukzessive weitere Systeme hinzugekommen, die bei aktuellen Fahrzeugen ein automatisches Einparken oder autonomes Fahren in

Stop-and-Go-Situationen auf der Autobahn ermöglichen. Diese Anwendungen basieren ausschließlich auf Sensoren im Fahrzeug, eine automatisierte Warnung basierend auf einem Informationsaustausch zwischen den Fahrzeugen ist aktuell nicht realisiert.

Allerdings würde ein durch die Fahrzeuge gebildetes drahtloses Netzwerk zusätzliche Vorteile bieten. So könnte an einer schwer einsehbaren Kreuzung ein Rettungsfahrzeug die anderen Verkehrsteilnehmer durch eine Funknachricht warnen. Ein zügiges Überqueren, insbesondere bei einem roten Lichtsignal einer Ampel, wäre damit weniger kritisch, da die umliegenden Fahrzeuge eine entsprechende Nachricht vorab empfangen hätten und die Fahrer sich auf diese Situation rechtzeitig einstellen könnten. Eine weitere Anwendung dieser Kommunikation könnte die Stausignalisierung sein. Im Gegensatz zur Warnung bei Einsatzfahrzeugen würde diese Information allerdings nicht nur von den umliegenden Fahrzeugen registriert werden, sondern von diesen auch an andere Fahrzeuge weitergeleitet werden, so dass diese Nachricht innerhalb eines größeren Gebiets verteilt werden kann. Dementsprechend können zwei grundsätzliche Kommunikationsformen unterschieden: zum einen die Nachrichten, die zyklisch an die direkten Nachbarn gesendet werden, wie im obigen Beispiel des Rettungsfahrzeugs. Diese Form wird als *beaconing* bezeichnet (engl. *beacon*: Leuchtfeuer). Im Falle der Stausignalisierung wird aufgrund der Weiterleitung der Nachricht durch andere Netzwerkteilnehmer von *multi-hop*-Kommunikation gesprochen.

Diese Ideen und die Technik des funkbasierten Informationsaustausches zwischen Fahrzeugen zur besseren und sichereren Verkehrssteuerung werden unter dem Begriff ITS „Intelligente Transportsysteme“ zusammengefasst. Das drahtlose Netzwerk mit den Fahrzeugen als Knoten wird im Englischen als *vehicular ad-hoc network* (VANET) bezeichnet. Seit 2010 ist auch ein entsprechender IEEE Standard 802.11p verabschiedet worden, der die zugehörigen Details dieser Funktechnologie festlegt. [1] und [2] bieten hierzu einen guten allgemeinen Überblick und gehen darüber hinaus noch auf die individuellen Feinheiten bezüglich der Unterschiede hinsichtlich der Standardisierung in Europa und Amerika ein.

Die primäre Zielsetzung von ITS ist es den Straßenverkehr sicherer und effizienter zu gestalten, indem die aktuell noch weitestgehend individuell agierenden Fahrzeuge sich mittels Sensor- und Kommunikationstechnik besser erkennen und autonom in kritischen Situationen Unfälle vermeiden. Die Motivation im Hinblick auf die Sicherheit ist klar, besonders wenn man bedenkt, dass gemäß [3] die statistisch wahrscheinlichste Todesursache für Europäer im Alter von 15 - 29 Jahren durch einen Verkehrsunfall gegeben ist. Darüber hinaus entsteht durch nicht genutzte Optimierungspotentiale in der Verkehrsführung eine erhöhte Lärmbelastung, ein erhöhter Schadstoffausstoß und weitere ungewollte Effekte, deren jährlicher volkswirtschaftlicher Schaden in der EU auf mehr als 160 Mrd. Euro geschätzt wird [4]. Es ist also erstrebenswert an Technologien zu forschen, die helfen können, diese Situationen in Zukunft besser zu lösen.

ITS – Protokolle und Anwendungen

Wie bereits erwähnt gibt es zwei grundsätzliche Kommunikationsformen bei IST: *beaconing* und *multi-hop*-Kommunikation. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass ITS-Anwendungen in zwei Hauptkategorien eingeteilt werden können, wie Abbildung 1 zeigt. Service-Informationen sind für mehrere Fahrzeuge relevant und werden daher von Fahrzeugen weitergeleitet, um

ein größeres Gebiet und damit auch mehrere Verkehrsteilnehmer erreichen zu können. Neben den Beispielen in Abbildung 1 können dies Informationen über freie Parkplätze in Parkhäusern oder Verkehrsbehinderungen durch Baustellen oder besondere Wetterlagen sein. Im Normalfall würde so ein Ergebnis durch ein Fahrzeug detektiert werden, vorzugsweise automatisch. Im Falle der optimalen Geschwindigkeitsvorgabe zur Einordnung in eine Grüne-Welle-Phase würde diese Aufgabe durch eine Ampel oder beim Parkhaus ein ITS-Kommunikationsmodul am Gebäude übernehmen. Im ersten Schritt wird diese Nachricht von allen Fahrzeugen empfangen, die sich im direkten Empfangsbereich des Senders befinden. Die zentrale Herausforderung bei der *multi-hop*-Kommunikation ist nun dadurch gegeben, dass ohne zusätzlichen Kommunikationsaufwand im VANET bestimmt werden muss, welche Fahrzeuge als nächstes diese Information weiterleiten sollen, damit möglichst effizient ein größeres Gebiet abgedeckt wird.

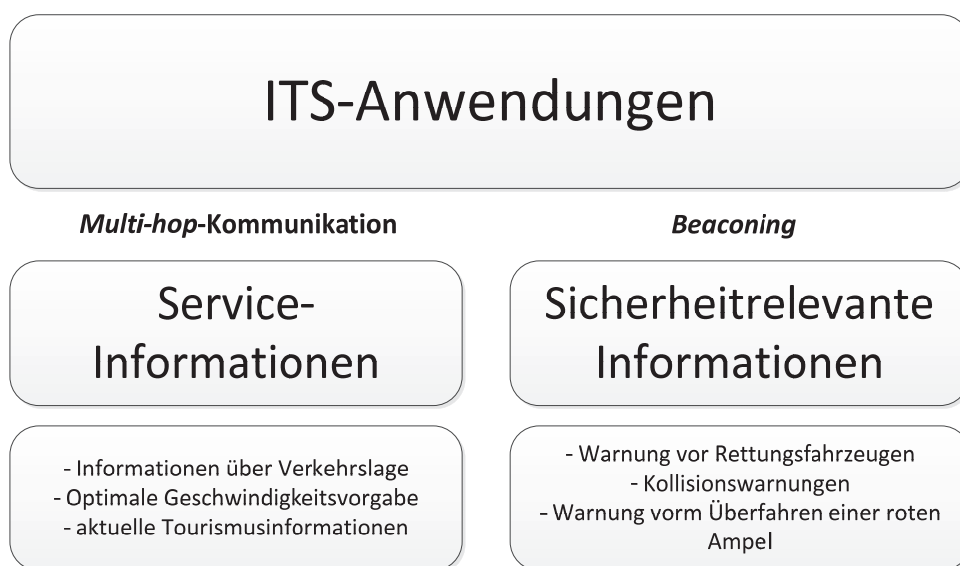


Abbildung 1: Struktureller Aufbau und Beispiele für ITS-Anwendungen

Das hierbei verwendete Grundschemata ist vergleichsweise einfach. Jedes Fahrzeug, welches solch eine Nachricht empfängt, berechnet die Größe einer Zeitspanne, die abgewartet werden muss, bevor die Information weitergeleitet wird. Die Länge dieser Wartezeit ist dabei indirekt proportional zur Distanz zwischen dem Fahrzeug, welches gesendet hat, und dem Fahrzeug, welches die Nachricht erhalten hat. Die Lokalisierung wird mittels GPS realisiert und die Positionsangabe ist Teil jeder gesendeten Nachricht. Autos am Rande der Sendereichweite würde dementsprechend weniger lange warten, bevor sie die Information erneut senden. Netzwerkknoten, die dazwischen liegen, würden folglich während der längeren Wartephase den Sendeprozess des äußeren Knotens registrieren und damit die Weiterleitungsaufgabe als erledigt ansehen, also nicht selbst das Paket nach Ablauf der Wartezeit senden. Mittels dieser Strategie kann gewährleistet werden, dass die Information, beginnend bei einem zentralen Punkt in einem VANET, effektiv über ein größeres Gebiet verteilt werden kann.

Das *beaconing*, also das unbedingte zyklische Senden von Statusinformationen, ist einfacher konzipiert. Ein *beacon*, das zu dieser Idee zugehörige Datenpaket, enthält Informationen zur Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung des Fahrzeugs. Ergänzend hierzu können auch

weitere Informationen Bestandteil der *beacons* sein, etwa die Art des Fahrzeugs. Jeder Netzknoten im VANET sendet ein *beacon* zyklisch und unbedingt, je nach Situation und Fahrzeugtyp liegt dabei die Rate bei 1 bis 10 *beacons* pro Sekunde. Der Sensorbereich von Fahrzeugen, welcher durch Kameras oder Radarsysteme nur die direkte Nachbarschaft betrifft, da diese Systeme durch Abschattung andere Fahrzeuge, Gebäude oder Kurven einen nur eingeschränkten Abdeckungsbereich bieten können, soll durch diese *beacons* ergänzt werden. Der Wahrnehmungsbereich von Fahrzeugen wird also durch das *beaconing* vergrößert und ergänzt. Aufbauend auf diesen Informationen kann jedes Fahrzeug die unmittelbare Verkehrslage um sicher herum detektieren und bewerten sowie darüber hinaus auch eine eingeschränkte Prädiktion für wenige Sekunden durchführen. Dieses so gewonnene Bild der Verkehrslage soll perspektivisch autonom agierende Fahrzeuge ermöglichen, bzw. vorläufig Assistenzsysteme verbessern, die in kritischen Situationen die Kontrolle des Fahrzeugs übernehmen um z. B. einen bevorstehenden Unfall zu verhindern.

Das *beaconing* ist also gerade in kritischen Situationen, wo z. B. viele Fahrzeuge in einem räumlich eng begrenzten Bereich unterwegs sind, von Bedeutung und könnte die Assistenzsysteme in solchen Situation deutlich verbessern. Allerdings ergibt sich gerade in Situationen mit einer hohen Verkehrsdichte auch ein Problem beim *beaconing*. Da jedes Fahrzeug ein *beacon* senden möchte, der Funkkanal aber immer nur abwechselnd genutzt werden kann, treten bei hoher Verkehrsdichte Kollisionen der Datenpakete auf. Dies ist ein bekanntes grundsätzliches Problem bei drahtlosen Netzwerken.

Somit ist es nicht verwunderlich, dass in der Forschung häufig alternative oder modifizierte *beaconing*- und *multi-hop*-Kommunikationsprotokolle diskutiert werden, die diese Probleme aufgreifen und eine bessere Funktionsweise versprechen. Einen guten Einblick in die Vielfalt dieser Lösungsvorschläge gibt [5]. Die Gegenüberstellung und Bewertung dieser Alternativen wirft zwei zusätzliche Fragen auf: a) wie können verschiedene Protokolle fair verglichen werden und b) wie soll solch eine Bewertung durchgeführt werden.

Bewertung und Vergleich von IST-Protokollen

Im Hinblick auf Frage a) muss also ein Vergleichsmaßstab – eine Metrik – definiert werden, anhand derer ersichtlich wird, ob ein Protokoll unter gegebenen Bedingungen gut oder schlecht funktioniert. Vorzugsweise sollte solch eine Metrik verschiedene Bewertungsparameter auf eine eindimensionale begrenzte Größe reduzieren, damit leicht und eindeutig gesagt werden kann, dass ein Protokoll besser oder schlechter ist als ein anderes. Um dies zu verdeutlichen, nehmen wir das Beispiel der *multi-hop*-Kommunikation. Gemäß der Zielstellung sollen möglichst viele Fahrzeuge über ein Ereignis informiert werden, dabei aber möglichst wenige Sendevorgänge durchgeführt werden. Somit wären zwei Bewertungsparameter gegeben. Eine Option diese beiden Parameter auf eine skalare Größe zu reduzieren wäre eine Summenbildung aus der Anzahl der ungewarnten Fahrzeuge plus die Anzahl der Sendevorgänge, wobei beide Größen möglichst klein sein sollten und somit auch die Summe. Je nach Zielsetzung hätte man aber bereits hier den Freiheitsgrad die einzelnen Summanden durch einen Gewichtungsfaktor individuell zu priorisieren. Um letztendlich auch eine endliche Größe zu erhalten, könnte man die beiden Bewertungsparameter noch auf die Gesamtanzahl der Fahrzeuge normieren. Damit wäre eine mögliche Metrik definiert, wobei aber auch andere Realisierungen denkbar wären.

Zusätzlich zu der Problematik bedingt durch a) ergibt sich aber die noch vielseitigere Fragestellung b). Die Untersuchung von ITS-Protokollen kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. Beispielsweise indem mehrere Fahrzeuge mit der entsprechenden Kommunikationstechnik ausgestattet werden und die Funktionsweise der Protokolle bei Testfahrten ermittelt wird. Diese Lösung hat den Charme, dass alles unter realen Bedingungen getestet werden kann. Ein bekanntes Beispiel für solch einen Feldversuch ist das sim^{TD} Projekt (Sichere Intelligente Mobilität Testfeld Deutschland, www.simtd.de). Dabei wurden mehr als 100 Versuchsfahrzeuge mit ITS-Technik ausgestattet und während einer dreijährigen Testphase detailliert untersucht, wobei die Durchführung auf normalen Straßenabschnitten in der Umgebung von Frankfurt stattfand. Die Versuchsfahrzeuge waren dabei normale Verkehrsteilnehmer im ansonsten nicht beeinflussten öffentlichen Straßenwesen.

Trotz des Vorteils, dass die Technik bei solchen Projekten unter realen Bedingungen getestet werden kann, hat diese Versuchsdurchführung auch entscheidende Nachteile. Die Kosten für die Ausstattung der Fahrzeuge und der Zeitaufwand für die Durchführung der Versuche sind nur die naheliegenden Aspekte. Viel wichtiger für die Forschung ist aber die Reproduzierbarkeit von Ergebnissen zwecks unabhängiger Kontrolle und Bestätigung. Die erste diesbezügliche Hürde sind die Testfahrzeuge, welche in der Regel gar nicht oder nur eingeschränkt anderen Wissenschaftlern bereitgestellt werden. Der Nachbau ist bedingt durch häufig verwendete proprietäre Hard- und Softwarelösungen ebenfalls kaum möglich. Aber selbst wenn diese Hürden überwunden wären, so kann ein Versuchsdurchlauf praktisch unmöglich unter identischen Bedingungen wiederholt werden, da hierzu Faktoren wie das Wetter (Temperatur, Niederschlag, ...) und die exakte Reproduktion der zeitlich/räumlichen Position aller Fahrzeuge gehören. Aus diesen praktischen Überlegungen heraus können andere Forscher kaum die Ergebnisse bestätigen. Aber auch die Beteiligten an solchen Feldtests haben mit der kaum durchführbaren Reproduzierbarkeit gleicher Bedingungen Probleme. Da verschiedene Protokolle unter gleichen Voraussetzungen bewertet werden müssen, dies aber wie dargelegt kaum möglich ist, sind solche praktischen Versuchsläufe nur sehr bedingt geeignet, um alternative Protokollmechanismen gegenüberzustellen.

Software-basierte Simulationen sind die Alternative zu solchen Feldtests. Die skizzierte Grundproblematik der Reproduktion gleicher Bedingungen ist dabei sehr einfach zu lösen, da für jeden Simulationsdurchlauf nur identische Startwerte verwendet werden müssen, um ein Szenario zu wiederholen. Selbst, wenn Zufallselemente bei parallelen Abläufen involviert sind, bieten die gängigen Simulationstools wie NS-3 oder OMNeT++ die Möglichkeit, dass die zugrundeliegenden Zufallsgeneratoren auch für mehrere Module separat instanziiert werden können, und damit unabhängig vom ggf. nicht deterministischen Prozess-Scheduling die gleichen Zufallszahlen liefern – sofern gewünscht.

Allerdings ergeben sich bei Simulationen wiederum andere Problempunkte, die insbesondere im Hinblick auf die unabhängige Kontrolle und Bestätigung von Ergebnissen durch andere Wissenschaftler eine Rolle spielen. Die Grundproblematik wird in [6] genauer beleuchtet und soll hier im Folgenden nur kurz zusammengefasst wiedergegeben werden.

Jede Simulation basiert auf verschiedenen Modulen, welche das reale System in Form vereinfachter Modelle abbilden. Bei ITS-Simulation würde man z. B. ein Modul für die Emulation

der Funkwellenausbreitung benötigen, ein Mobilitätsmodul, welches die Bewegungscharakteristik der Fahrzeuge emuliert, und ein Modul für die ITS-Protokolllogik selbst. Natürlich gibt es für jedes dieser Module verschiedene Realisierungsformen, so hat bspw. NS-3 mehr als 20 Ausbreitungsmodelle für Funkwellen, wobei jedes dieser Modelle durch Parameter im Verhalten noch genauer spezifiziert werden kann. Diese Vielfalt existiert auch bei den Mobilitätsmodulen. Wie [6] gezeigt hat, wird dieser Fülle der möglichen Konfigurationen einer ITS-Simulation in den zugehörigen Veröffentlichungen meist nur unzureichend Rechnung getragen. In vielen Fällen werden nur die Ergebnisse präsentiert und diskutiert. Um die Relevanz solcher Ergebnisse einschätzen zu können, um diese vergleichen und kontrollieren zu können, müssten aber auch die Modelle der einzelnen Module und deren Parametrisierung genau beschrieben sein.

Somit hat auch die Software-basierte Untersuchung ähnliche Nachteile wie praktische Feldtests. Wobei sich aber bei Simulationen noch eine grundsätzliche Frage bedingt durch die Vielzahl von Realisierungsformen der Modelle ergibt: Welches Modell sollte wann und in welcher Konfiguration verwendet werden? Jedes Modell der Funkwellenausbreitung emuliert bspw. in der Regel mehrere Effekte wie die Ausbreitungsdämpfung, Interferenz oder Schwund, wobei je nach Modelltyp nicht immer alle Effekte integriert sind oder diese auch basierend auf unterschiedlichen Techniken emuliert werden. Die Fragestellung, welches Modell in welcher Situation mit welcher Parametrisierung verwendet werden solle und welche Auswirkung mögliche Alternativen auf die Bewertung von ITS-Protokollen haben, ist eine zentrale Fragestellung, die wir zukünftig am Fachgebiet Kommunikationsnetze genauer untersuchen werden.

Literatur

- [1] J. Kenny: *Dedicated Short-Range Communications (DSRC) Standard in the United States*. Proceedings of the IEEE, Volume 99, Issue 7, 2011, DOI: 10.1109/JPROC.2011.2132790
- [2] T. Kosch, I. Kulp, M. Bechler, M. Strassberger, B. Weyl, R. Lasowski: *Communication Architecture for Cooperative Systems in Europe*. IEEE Communications Magazine, Volume 47, Issue 5, 2009 DOI: 10.1109/MCOM.2009.4939287
- [3] Europäische Union Brüssel: *Informations- und Kommunikationstechnologien für sichere und intelligente Fahrzeuge – Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament*. SEK 963, 2003
- [4] J. Piirto, Europäische Union Brüssel: *Europe in Figures – Eurostat Yearbook 2011*. Eurostat, 2011, ISSN: 1681-4789
- [5] S. Panichpapiboon and W. Pattara-Atikom: *A Review of Information Dissemination Protocols for Vehicular Ad Hoc Networks*. IEEE Magazine of Communications Surveys and Tutorials, Volume 14, 2012
- [6] S. Joerer, C. Sommer, F. Dressler: *Toward Reproducibility and Comparability of IVC Simulation studies: a Literature Survey*. IEEE Communications Magazine, Volume 50, 2012

Analyse von Einflussgrößen auf die Kommunikation von Rettungskräften anhand verschiedener Einsatzszenarien

von Silvia Krug

Silvia Krug erlangte im März 2013 ihren Master in Ingenieurinformatik an der Technischen Universität Ilmenau. Seitdem arbeitet sie als Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fachgebiet Kommunikationsnetze als Promovendin. Sie ist Mitarbeiterin im DFG-geförderten Graduiertenkolleg „Self-Organized Mobile Communication Systems for Disaster Scenarios“ und forscht zum Thema „Effiziente Einsatzkommunikation in Katastrophenfällen auf Basis von Delay-Toleranten Netzen“. Ihre weiteren Forschungsinteressen liegen im Bereich der Wegewahl sowie der drahtlosen Sensornetze.

Motivation

Naturkatastrophen beschädigen im Zweifelsfall wichtige Teile der vorhandenen Infrastruktur und erfassen ein relativ großes Gebiet. Dies hat z.B. durch Stromausfälle auch Auswirkungen auf die verfügbaren Kommunikationswege, die für die Koordination einer effizienten Rettung und anschließender Versorgung der betroffenen Menschen notwendig sind.

Gleichzeitig steigt der Bedarf neben Sprache auch Daten von verschiedenen Sensoren und Ortungsgeräten zu übertragen [1,2]. In einem solchen Einsatz wird daher ein System benötigt, das ohne vorhandene Infrastruktur arbeiten kann und ausreichend Bandbreite für Multimediaübertragungen bereitstellt.

Um ein solches System zu entwerfen, müssen aber einige Besonderheiten in der Kommunikation der Retter berücksichtigt werden, die sich von anderen Systemen unterscheiden. In diesem Beitrag werden daher die relevanten Einflussgrößen vorgestellt und anhand zweier unterschiedlicher Beispielszenarien analysiert. Ziel ist die Entwicklung von entsprechenden Modellen, die die vorgestellten Einflussgrößen möglichst realistisch nachbilden und in Simulationen verwendet werden können.

Informationsfluss

Unabhängig von der Art des jeweiligen Einsatzes existieren Richtlinien zur Organisation der Einsatzstelle, die allen beteiligten Rettungskräften bekannt sind und von ihnen angewendet werden. Dazu gehört die Einrichtung einer lokalen Einsatzleitung mit mehreren Führungsebenen [1]. Jeder Ebene werden dabei 2 – 5 Untergruppen zugeordnet. Werden mehr als fünf Gruppen

benötigt, wird entsprechend eine weitere Führungsebene eingerichtet. Jede Gruppe berichtet entsprechend an einen Koordinator der übergeordneten Führungsebene und erhält nur von ihm Anweisungen. Sind verschiedene Rettungsorganisationen (z.B. Feuerwehr und Rettungsdienst) am Einsatz beteiligt, bildet jede Organisation eine eigene Struktur, die von einer zentralen Einsatzleitung aus koordiniert wird, indem sich dort die jeweiligen Einsatzleiter direkt miteinander austauschen [1].

Dies führt zur Ausbildung einer strengen hierarchischen Struktur, die die logischen Zusammenhänge zwischen den Gruppen bestimmt. Die Struktur ist baumähnlich mit der zentralen Einsatzleitung als Wurzel. Abbildung 1 zeigt ein generisches Beispiel mit 4 Gliederungsebenen.

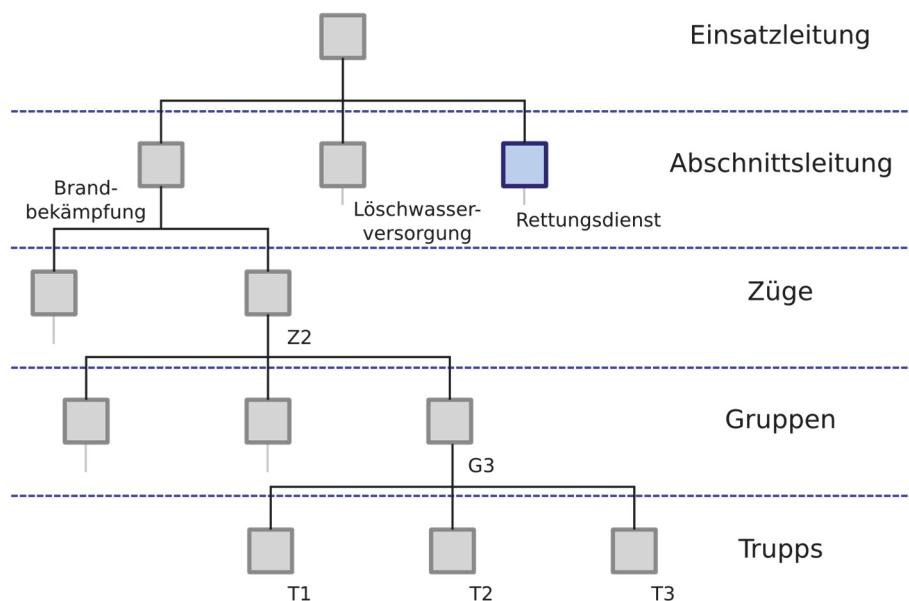


Abbildung 1: Beispielhafte Organisationsstruktur eines Brandeinsatzes (vgl. [1])

Die Kommunikation erfolgt immer nur zwischen einzelnen Ebenen bzw. nur in Notsituationen direkt über mehrere Ebenen hinweg. Dadurch ergeben sich zwei prinzipielle Kommunikationswege:

1. top-down für Anweisungen und Pull-Requests
2. bottom-up für Lageberichte und Sensordaten

Bei der top-down-Kommunikation werden Anweisungen von der Wurzel aus an einen oder mehrere Knoten der zugeordneten Untergruppen weitergegeben und dort zunächst ausgewertet, bevor sie ggf. in angepasster Form an die nächst tiefere Ebene weitergegeben werden.

Andererseits berichten Knoten ihrem übergeordneten Koordinator alle relevanten Details zur jeweiligen Einsatzsituation und senden zusätzlich Daten von ggf. mitgeführter Sensorik. Auch in diesem Fall findet eine Aggregation und Interpretation der Informationen durch den Koordinator statt, bevor er diese weitergibt, wenn er dies für erforderlich erachtet.

Aufgrund der Interpretation der Daten auf den unteren Ebenen kann es zu Informationsverlusten auf den höheren Ebenen kommen, weil Detailinformationen lokal als unbedeutend einge-

stuft werden. Deshalb ist es wichtig, dass die Informationen zusätzlich zur zentralen Einsatzleitung weitergeleitet werden, um eine höhere Informationsdichte zur aktuellen Lage zu erhalten. Außerdem ermöglichen diese Informationen eine detaillierte Dokumentation des Einsatzes. Abbildung 2 verdeutlicht diesen Informationsfluss.

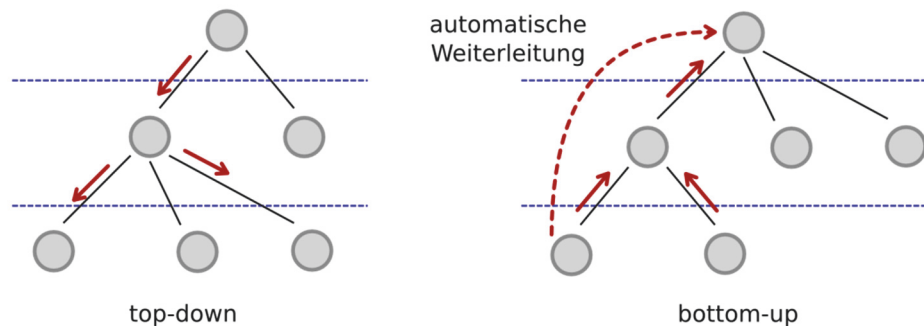


Abbildung 2: Mögliche Ausbreitungsrichtungen von Information zwischen Organisationsebenen

Für Kommunikationssysteme bedeutet dies, dass bei *bottom-up* alle Nachrichten an einen bestimmten Empfänger gesendet werden, während es im Falle von *top-down* auch mehrere Empfänger geben kann, wenn die Information gleichzeitig für mehrere Untergruppen relevant ist. Aus Anwendungssicht erfolgt die Kommunikation jeweils direkt von Punkt zu Punkt. Auch wenn Informationen weitergeleitet werden, handelt es sich in der Regel um neue Nachrichten. Die einzige Ausnahme bildet die automatische, parallele Weiterleitung der Informationen von der untersten Ebene an die Einsatzleitung bzw. zumindest zum nächsten Fahrzeug, diese erfolgt idealerweise aber automatisch, ohne dass die beteiligten Personen eingreifen müssen, um den Kommunikationsaufwand zu minimieren. Das nächste Fahrzeug ist als Speicherort interessant, weil es über mehr Ressourcen verfügt als mobile Endgeräte der Rettungskräfte. Die Einsatzleitung kann die gespeicherten Daten dann bei Bedarf anfordern.

Auswirkungen der geographischen Gegebenheiten

Durch räumliche Gegebenheiten am Einsatzort und die Umsetzung der entsprechenden Vorschriften zur räumlichen Aufteilung in verschiedene Zonen (z.B. zentrale Einsatzleitung oder Betretensraum) [1] werden sich einzelne Abschnitte des Baumes überlagern, wie in Abbildung 3 gezeigt.

Diese Überlagerung ermöglicht die Nutzung weiterer Knoten, die nicht direkter Empfänger einer Nachricht sind oder die nur für die Weiterleitung genutzt werden (grün), für die Weiterleitung der Nachrichten, die sonst nicht zustellbar wären. Aus diesem Grund handelt es sich aus Anwendungssicht zwar um eine Punkt-zu-Punkt-Kommunikation, die unterliegenden Protokolle können aber durchaus mehrere Hops benötigen, um ein Paket zuzustellen. Gegebenenfalls können auch weitere Knoten speziell für die Weiterleitung von Nachrichten zwischen den einzelnen Empfängern genutzt werden.

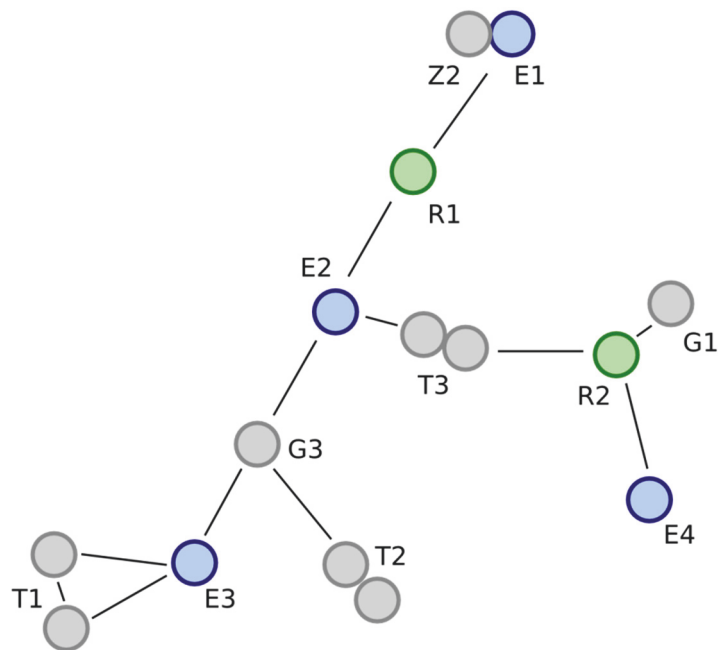


Abbildung 3: Beispielhafte geographische Verteilung der Knoten verschiedener Organisationsebenen

Zusätzlich zur Überlagerung der einzelnen logischen Gruppen kommt, dass je nach Einsatzart unterschiedlich große geographische Gebiete abzudecken sind. Je nach der Anzahl verfügbarer Rettungskräfte ergeben sich dann zwei extreme Verteilungen der Knoten bezogen auf die Gesamtfläche:

- viele Knoten (dense)
- wenige Knoten (sparse)

Ein Beispiel für den ersten Fall wäre ein brennendes Gebäude. Abbildung 4 zeigt den Brand von Schloss Ehrenstein in Ohrdruf im November 2013.



Abbildung 4: Brand Schloss Ehrenstein im November 2013. Copyright M. Ständer Stadtverwaltung Ohrdruf

Bei diesem Einsatz waren ca. 260 *Feuerwehrleute* mit 60 *Fahrzeugen* im Einsatz. Das gesamte Gelände um das Schloss ist ca. 500m x 500m groß, wobei sich die meisten Rettungskräfte auf die unmittelbare Umgebung des Schlosses und den definierten Bereitstellungsraum (im Hintergrund zwischen Schloss und Lagerhalle) konzentrierten. Dies führt zu einer hohen Knotendichte auf engem Raum und erfordert eine sehr gute Organisation, damit die einzelnen Gruppen sich nicht gegenseitig stören.

Als Beispiel für das zweite Szenario, bei dem sich relativ wenige Knoten in einem großen Gebiet aufhalten, ist die Suche nach einer vermissten Person in einem Waldgebiet. Je nach Größe des Gebietes kommen mehrere Gruppen mit Rettungshunden zum Einsatz. Insgesamt können sich in einem Gebiet von 5000m x 6000m bis zu 160 *Rettungskräfte*, aufgeteilt in verschiedene Suchtrupps und die Einsatzleitung, bewegen. Handelt es sich um unwegsames Gelände, werden die Fahrzeuge am Rand des Waldgebietes im Bereitstellungsraum nahe der Einsatzleitung zurückgelassen. Die einzelnen Gruppen erfüllen ihre Aufgabe im jeweiligen Suchabschnitt (rot) zu Fuß ausgehend vom Bereitstellungsraum (gelb). Abbildung 5 zeigt eine mögliche Einteilung in verschiedene Suchabschnitte.

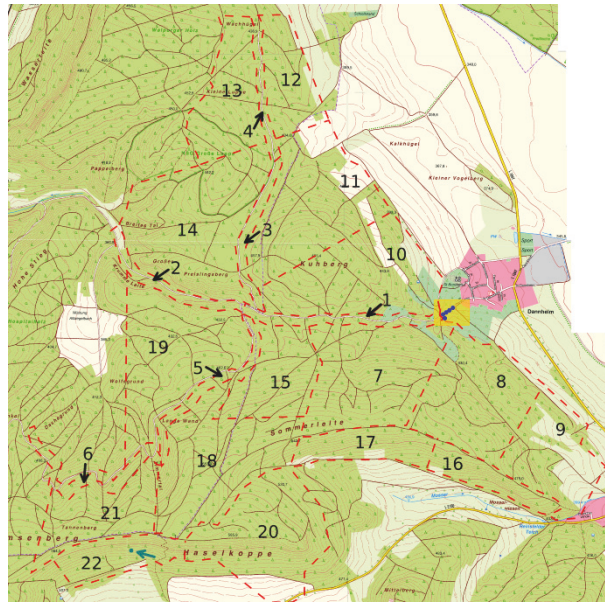


Abbildung 5: Beispielhafte Einteilung möglicher Suchabschnitte einer Vermisstensuche

Die Knotenanzahl bezogen auf die Gesamtfläche ist in diesem Fall relativ gering. Allerdings sind die Knoten nicht einzeln unterwegs, sondern als Gruppe, die ein Teilnetz bilden kann. Aufgrund der Größe des Gebiets kann die Kommunikation zwischen diesen Gruppen untereinander und zur zentralen Einsatzleitung jedoch nicht ohne zusätzliche Maßnahmen gewährleistet werden. Das Geländeprofil sowie die Vegetation können die Kommunikation zusätzlich erschweren.

In beiden Szenarien bewegen sich die Retter anhand der jeweiligen einsatztaktischen Gegebenheiten. Diese Bewegungen lassen sich nur sehr schwer mit zufälligen Bewegungsszenarien reproduzieren.

Diskussion

Die beiden beschriebenen Aspekte zeigen, dass sich sowohl die Kommunikationsanwendungen und der dadurch erzeugte Datenverkehr von Rettungskräften als auch ihre Bewegung deutlich von den, häufig für die Evaluation von Kommunikationssystemen bzw. -protokollen genutzten, zufallsbasierten Modellen unterscheidet.

Für die Erzeugung entsprechender Datenströme bedeutet dies, dass sowohl die Position von Sender und Empfänger als auch ihre jeweilige Rolle berücksichtigt werden müssen. Die zufällige Auswahl beliebiger Sender-Empfänger-Paare kann zwar erste Hinweise zur Funktionalität des jeweils untersuchten Ansatzes geben, ist aber als einzige Variante zur Evaluierung von Kommunikationssystemen für Rettungskräfte nicht ausreichend, vor allem da insbesondere bei interaktiven Anwendungen von Echtzeitanforderungen für die Übertragung ausgegangen werden muss.

Wichtiger als der zur Evaluation genutzte Traffic ist die realistische Nachbildung der Knotenbewegung. Wie im letzten Abschnitt gezeigt, bewegen sich die Rettungskräfte nicht zufällig

und einige Annahmen bei der Verwendung von zufallsbasierten Modellen würden zu falschen Bewegungsmustern führen.

Beim RandomWaypoint-Modell [2] wählen die Knoten beispielsweise zufällig das nächste Ziel. Sobald sie es erreicht haben kann eine Pause erfolgen, bevor das nächste Ziel ausgewählt wird. Dabei ist die Annahme, dass ein Knoten bei ausreichend langer Simulationsdauer das gesamte Gebiet abdecken kann. Dies ist für Rettungskräfte aber unwahrscheinlich. Trotzdem ermöglichen diese zufallsbasierten Modelle die Evaluation von Teilaspekten wie zum Beispiel die Bewegung aller Gruppenmitglieder relativ zueinander.

Die dynamischen Topologieänderungen, die sich aus der Bewegung ergeben, sind insbesondere für Ad-hoc-Netze eine Herausforderung, weil die gefundenen Routen entsprechend an jede Änderung angepasst werden müssen. Andererseits können gerade regelmäßige Abläufe in der Mobilität für Opportunistische Routingverfahren genutzt werden. Daher ist es für die Entwicklung eines Kommunikationssystems für Rettungskräfte wichtig, eine realistische Bewegung für verschiedene Szenarien anzunehmen, wie auch von Helgason für die Bewegung von Fußgängern beschrieben wurde [4].

Simulation

Um die Auswirkungen der diskutierten Größen zu zeigen, wurde der Brand von Schloss Ehrenstein in zwei Varianten in ONE (Opportunistic Network Emulator) [5] nachgebildet. Die erste Variante nutzt zufällig erzeugten Traffic und zufällige, kartenbasierte Mobilität für die Knoten. Bei der zweiten Variante wurde die Position der Knoten entsprechend verschiedener Pressefotos rekonstruiert und die Knoten entsprechend der Feuerwehrdienstvorschrift der oben beschriebenen Organisationsstruktur zugeordnet. In beiden Varianten werden Fahrzeuge und Personen in getrennten Gruppen mit entsprechenden Mobilitätseigenschaften (Geschwindigkeit, zulässige Wege/Straßen) erfasst.

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen für jede Variante sowohl einen Screenshot des gesamten Gebiets (links) als auch eine Detailaufnahme (rechts).

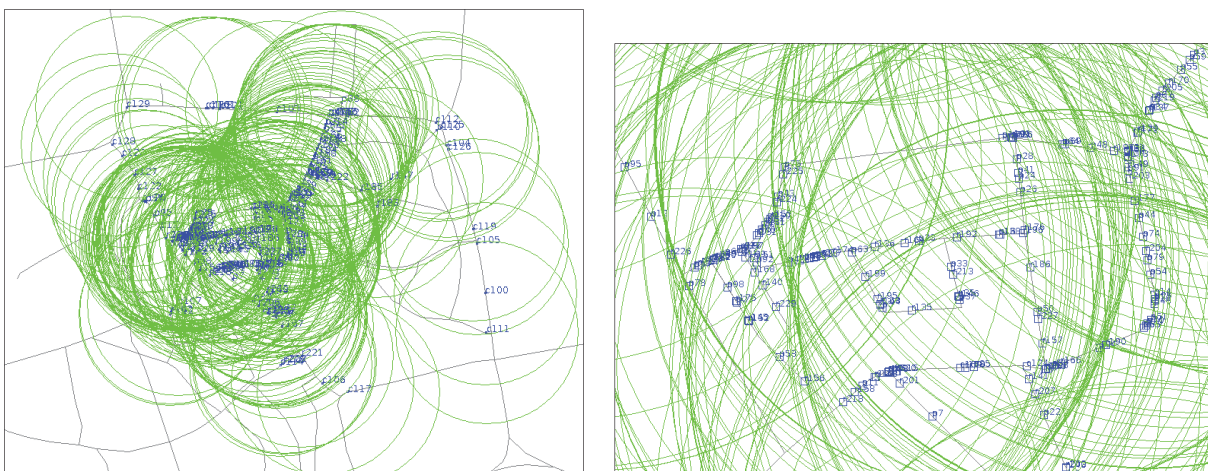


Abbildung 6: Zufällig erzeugte Knotenpositionen

Auffällig ist, dass bei der ersten Variante alle Knoten parallel nebeneinander auf den verfügbaren Wegen platziert werden und sich anschließend auch nur auf diesen Wegen bewegen dürfen. In dieser Variante werden alle zulässigen Wege/Straßen genutzt. Dadurch ist es jedoch nicht möglich einzelne Einheiten gezielt zu Gruppen zusammenzufassen, um die Organisationsstruktur nachzubilden.

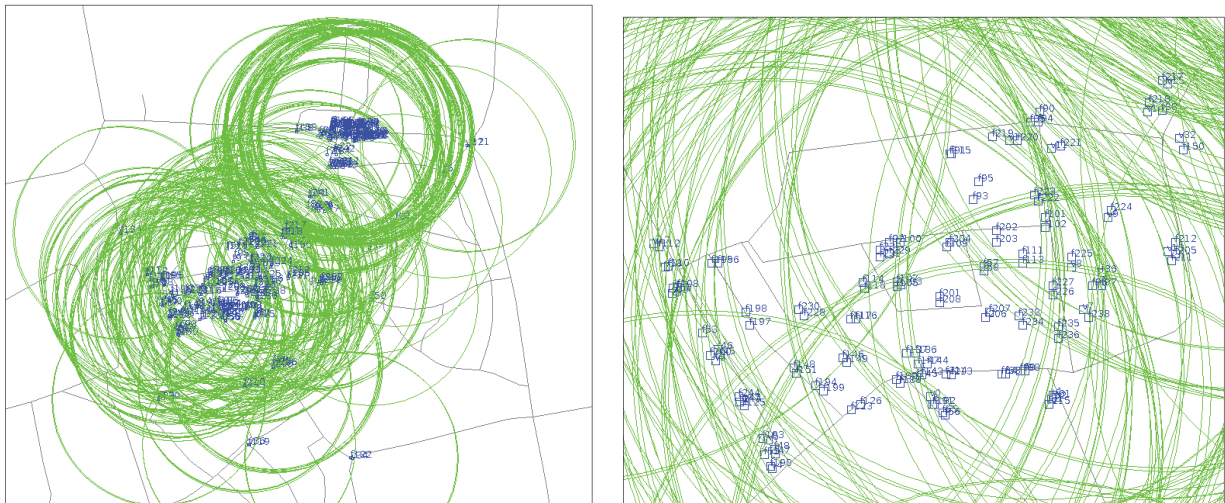


Abbildung 7: Aus Pressefotos rekonstruierte Knotenpositionen

In dieser Variante sind die Knoten realistischer verteilt, weil auch die sich aus der Organisationsstruktur ergebenden Beziehungen zwischen verschiedenen Knoten, die zum Beispiel zu einer Gruppe gehören, berücksichtigt werden. Auch die räumliche Struktur des Einsatzortes mit verschiedenen Zonen kann nachgebildet werden. Anders als im vorhergehenden Beispiel werden können sich Knoten hier auch unabhängig von vorhandenen Wegen/Straßen bewegen, wodurch auch Bewegungen im Gebäude möglich werden.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde gezeigt, dass die Kommunikation von Rettungskräften einige Besonderheiten hinsichtlich des erzeugten Traffics und der Mobilität der Knoten aufweist, die die Verwendung üblicher zufallsbasierter Modelle für die Evaluation entsprechender Kommunikationssysteme erschwert. Anhand eines der vorgestellten Szenarien wurde dies mit entsprechenden Simulationen für die Mobilität der Knoten weiter untermauert. Aus diesem Grund wurde bereits die Bewegung der Rettungskräfte analysiert und entsprechende Bewegungsmuster [6] beschrieben und implementiert. Darauf aufbauend soll ein realistischeres Bewegungsmodell für Rettungskräfte entwickelt werden.

Analog zu den Modellen für die Bewegung soll ein Vergleich zwischen zufällig erzeugtem und sich am beschriebenen Informationsfluss orientierenden Anwendungsdatenverkehr hinsichtlich ihrer Auswirkung auf bekannte Leistungskriterien erfolgen. Im Anschluss daran soll ein Modell für die Bereitstellung von entsprechendem, realistischem Anwendungsdatenverkehr entwickelt werden. Mit Hilfe dieser Modelle sind dann gezieltere Analysen von Kommunikationsprotokollen hinsichtlich ihrer Eignung in entsprechenden Kommunikationssystemen möglich. Außerdem können dann gezielt Protokolle für solche Systeme entworfen werden.

Literatur

- [1] G. Bayer, S. Schneider, A. Schweigiger, U. Cimolino: *Kommunikation im Einsatz: Planung, Organisation und Technik*. Landsberg, 2008. ecomed. ISBN 978-3609684314
- [2] Department of Homeland Security: *Statement of Requirements for Public Safety Wireless Communications & Interoperability*. Version 1.1. USA, 2006.
- [3] T. Camp, J. Boleng, V. Davies: *A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research*. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2.5, S. 483–502, Sep. 2002.
- [4] O. Helgason, S. T. Kouyoumdjieva, G. Karlsson: *Does Mobility Matter?* 7th International Conference on Wireless On-demand Network Systems and Services (WONS), Feb. 2010, S. 9–16.
- [5] A. Keränen, J. Ott, and T. Kärkkäinen: *The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation*. 2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques (SIMUtools). März 2009.
- [6] S. Krug, M. Siracusa, S. Schellenberg, P. Begerow, J. Seitz, T. Finke, J. Schröder: *Movement Patterns for Mobile Networks in Disaster Scenarios*. 8th IEEE WoWMoM Workshop on Autonomic and Opportunistic Communications (AOC). Juni 2014. S. 7–12.

Vertical Handover Management with Quality of Service Support

von Atheer Al-Rubaye

Atheer Al-Rubaye machte seinen Bachelorabschluss und erlangte den akademischen Grad „Master of Science“ an der Baghdad Universität im Studiengang Elektronik und Kommunikationstechnik mit dem Schwerpunkt „Signaling System 7 used between Exchanges“. Seit November 2012 ist er Promotionsstudent im Fachgebiet Kommunikationsnetze der TU Ilmenau. Seine fachlichen Interessen liegen im Bereich „Vertical Handover Management with QoS Support“.

Motivation

The evolving IP-based applications beyond traditional phone calls and the growing number of mobile users introduced a necessity to have Internet access anywhere anytime. Mobile communication networks might be heterogeneous in their wireless access technologies, e.g. UMTS, WLAN, WiMAX, etc., but today's powerful user devices, such as smart phones are now equipped with multiple interfaces, each corresponds to a network type. However, the deployment of these networks in where they coexist to keep session continuity requires more than just installing interfaces on wireless devices. Mobility and handover should apply no degradation on the provided quality of services and security features. For this goal, networks need to be integrated and cooperate to provide service continuity to users, and thus a ubiquitous access environment in what is known as the Next Generation Networks or the 4th Generation (4G) network. This kind of roaming is referred to as *Vertical Handover* (VHO), and it is the focus of this work. While traditional handover for users' mobility between access points of the same network access technology is referred to as horizontal handover. Figure 1 may simply provide a conceptual diagram for the two types of handover.

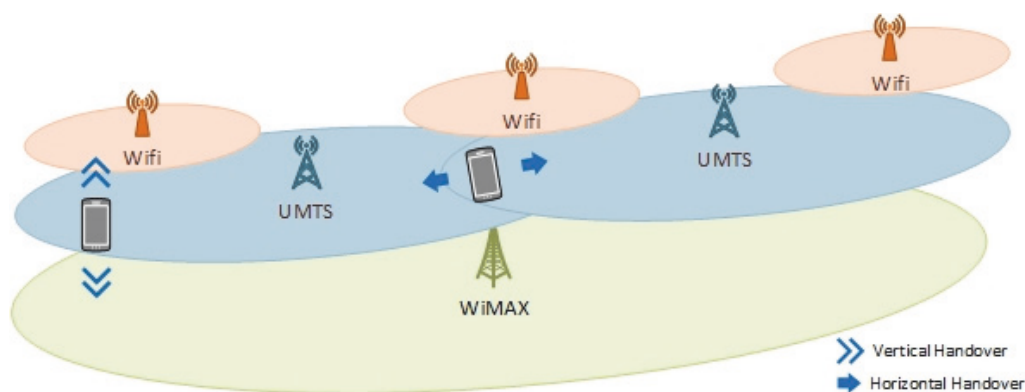


Figure 1: Types of Handover

Heterogeneous Networks and Classes of VHO

A wireless IP-based network has a number of wireless IP hosts, access points and a set of protocols for communications. It has also a gateway to connect to the global Internet. These networks may differ in the radio access technology and characteristics and are thus called heterogeneous. They usually represent different subnets of IP addresses and provide a variety of services and applications to users.

Vertical handovers between heterogeneous networks can be classified according to the entity that handles measurements, information collection and decision making. In mobile controlled VHO, information collection and decision making is done by the mobile node. Network controlled VHO has the network entity as the controller of the process, and mobile nodes are instructed according to the network decision. When measurements and information are collected by the mobile but are used by the network to decide, this is referred to as network controlled-mobile assisted VHO. When the network collects information that can be used by the mobile node to make the decision, it is then a mobile controlled-network assisted VHO. Connection type can also differentiate vertical handover schemes. It can be hard and referred as break-before-make, in which the mobile node is connected to only one point of attachment at a time. In soft handover, the mobile node is connected to two points of attachment and it is referred then to make-before-brake. To achieve a soft VHO in mobility, mobile node switching to the new network point of attachment has to be seamless to the user in terms of provided quality of service.

Heterogeneous networks can be connected in a tightly coupled scheme, in which all the networks will have the same network address, so handover would be easier to be managed since the mobile nodes will have the same IP address after handing over. This type assumes a centralized core network but different radio access technologies. Such a topology is unrealistic since it is unlike the real topology of existing networks, which would need a redesign for all these network to be integrated in this form. On the other hand, loosely coupled networks have different subnets and they can be connected only at the core or the backbone level of these networks. This seems to represent a more realistic networking scheme and can represents the topology of today networks.

According to the above definitions, this work considers mobile controlled-network assisted seamless vertical handover process between loosely coupled IP-based mobile wireless networks.

VHO challenges

IP-based mobile communication systems mainly use the TCP/IP protocols for communications but, unfortunately, it was not originally designed with mobility in mind. Thus decision algorithms and management protocols need to be developed in order to provide a seamless (unnoticeable) vertical handover to users. Mobility is the main reason to initiate vertical handovers, nevertheless, stationary users can also perform VHO but on base of changes in the network conditions.

More than one network could be available for the wireless node at the same time (overlapping), and thus it needs to decide to which network it should connect next, which might be a complex

task for the user. Nodes should always gather information useful for the VHO process and respond as quickly as possible to any change. However, the coexistence of heterogeneous networks of different characteristics creates a decision making problem. To our goal of a VHO that supports quality of service (QoS), we need a multi criteria decision algorithm, but the more robust and complex the multi criteria decision algorithm, the more delay is added to the hand-over process. Generally, delay means violation to the QoS, and it needs always to be minimized.

Heterogeneous networks usually represents different subnets of IP addresses. Each mobile node is represented by an IP address and is called its Point of Attachment (PoA). Mobile nodes are assigned new IP addresses when performing vertical handover. The change in the mobile node's IP address is not noticeable to the other communication party, and packets can still be destined to the previous address the node had before the handover. This creates a routing problem through receiving packets from a non-optimal path or even totally losing packets and dropping the session. Security issues may also arise from having users being handed over from other networks. Each of the heterogeneous networks has its mechanism to authenticate its users but not the other networks' users. A VHO that supports QoS represents a challenging task in the research field.

This work is concerned with addressing the following tasks

- *Gathering and exchanging of VHO related information.* These are context information related to the mobile node, networks in the area and their capabilities, running applications and user preferences.
- *VHO initiation.* Other than the received signal strength, seamless VHO should react to the gathered collection of information, such that the quality of service (QoS) is always supported.
- *Decision making.* A simple-robust decision algorithm to evaluate the available networks and choose the appropriate network accordingly.
- *Handover management.* Here, a VHO execution is authorized/prevented, and a host IP address resolution is carried out.
- *Authentication of MNs.* A detailed solution for this task lies out of the scope of this work, but it might be considered as simple as possible, such as pre-authentication of the users.

Proposed Approach

VHO can be generally carried out in three phases: information collection, handover initiation and handover execution. In this work, we propose a three-module cross layer VHO Engine, to achieve our research goal. The VHO Engine will keep receiving/exchanging handover related information. The collected information are evaluated by the decision algorithm according to the selected criteria to decide whether a VHO is needed, which network to move to and when. Pre- and post-vertical handover management processes are also handled by the engine to prevent unnecessary handovers. Figure 2 shows the proposed cross layer VHO Engine with reference to the TCP/IP model.

Vertical Handover Engine

We split the tasks needed to be performed along the VHO phases onto our proposed Three-module VHO Engine.

Module one is the VHO initiator and executor. It follows the IEEE 802.21 specification; the Media Independent Handover protocol (MIH). MIH introduces a framework that provides link-layer intelligence and other network related information to optimize VHO [1]. In concept, the framework describes a scheme to collect/exchange information and send commands to execute the VHO in accordance to module two, which is mainly a decision algorithm. However, the IEEE 802.21 specification defines MIH as a logical entity. In order to deploy MIH for the VHO procedure, it should be implemented in a cross layer design, allowing the communication with different layers within the TCP/IP protocol stack, as shown in Figure 2.

Module two selects the target network and the moment to execute VHO. It considers information collected from different layers of the TCP/IP communication model, context information from the network elements and the user preferences as the criteria for the decision algorithm. The mathematical algorithm should be simple and robust, to evaluate context information without introducing harmful delays that affect the provided QoS. The Analytical Hierarchy Process model (AHP) is considered here as the multi criteria decision algorithm.

Module three is for VHO management. It manages routing issues, and prevents ping-pong effect. A local/global proxy server is designed to assist in address resolution and traffic rerouting. It can also be extended to handle user authentication as well. The module deploys a timer and a node velocity observer to prevent unnecessary handovers.

Media Independent Handover

There is a strong tendency in the wireless and mobile industry to adopt IEEE 802.21 Media Independent Handover (MIH) standard for the deployment of handover services over heterogeneous networks. MIH encourages cooperative use of information available at the mobile node and within the network infrastructure. It abstracts the different link layer technologies to the upper layers (MIH-users) and can be seen as a unified interface available to them.

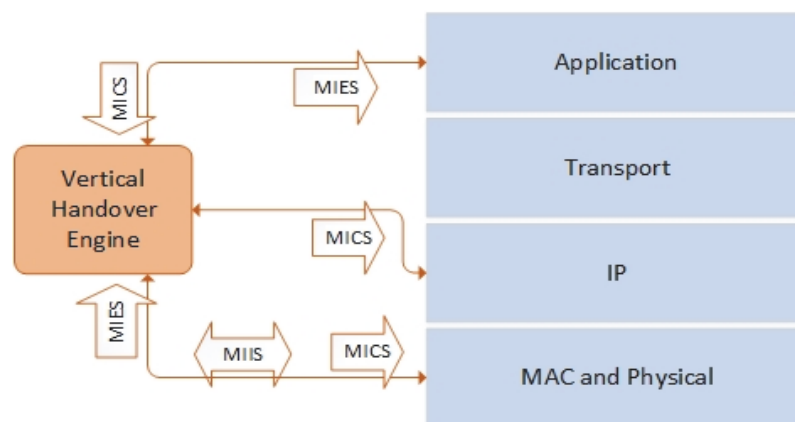


Figure 2: The Cross Layer VHO Engine

Essentially, the MIH consists of a framework, a set of handover-enabling functions (MIH Functions - MIHF), and an MIH service access point (MIH SAP). The MIHF provides the media-

independent event service (MIES) to exchange local (node/link related) event information, the media independent information service (MIIS) to exchange global (network related) information, and the media-independent command service (MICS) to send control commands and activate/deactivate desired interface. As a logical entity, MIHF can receive and transmit information about access network status in the area surrounding the mobile node; MIHF is also able to exchange messages with other MIHF peers [1, 2].

However, MIH is a general framework to exchange information and commands useful to be deployed in VHO. It proposes no decision algorithm, neither formulates a specific VHO protocol and format for its service messages.

Analytical Hierarchical Process

In this work, the Analytical Hierarchical Processes (AHP) is considered as the mathematical algorithm deployed to select the target network in a VHO. Vertical handover decision of multiple attribute is a complex problem, but AHP seems to be the most popular method to decompose it into a hierarchy of simpler and more manageable sub-problems [3]. AHP decomposes the network selection problem into several sub-problems and assigns each a score value. It composes a pair-wise matrix to rank criteria and alternatives, which may contain qualitative and quantitative values. The qualitative values represents the importance of one criteria over another, while quantitative values are predefined values at the mobile node.

Two service profiles are designed to evaluate the mentioned criteria, *Quality Profile* and *Economic Profile*. The user is then free to choose his preferred service profile according to his convenience. Each profile assigns different qualitative weights to each criterion with respect to the other criteria in the AHP, according to the most important factor (QoS or cost).

To calculate the result, AHP first assigns the criteria their weights according to the selected service profile by the user. The weights represent how much each criterion is important in terms of the others. A pair-wise matrix is constructed and the Eigen vector will represent the rank of the criteria. The different alternatives (networks) are then compared against each other in terms of each of the criteria in pair-wise matrices. The Eigen vector is again the solution, which will generate a rank for the networks in terms of each criteria. A multiplication of the criteria rank vector with the networks vectors (matrix) leads to a vector that represents the rank of the networks in terms of the selected criteria [4]. Figure 3 shows the AHP, where x and y values refers to the scores of the corresponding parameter and alternative.

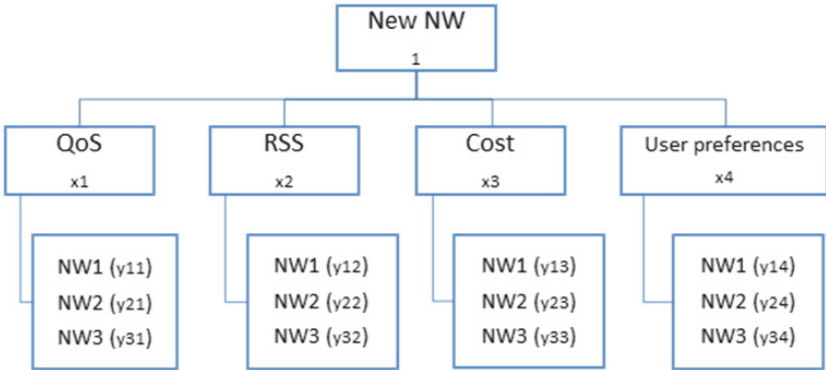


Figure 3: AHP Scheme

However, the user velocity factor determines a final decision. In case it exceeds a predefined threshold at the network, then the next highest ranked network is referred to. The VHO scheme should avoid a back and forward effect of VHO. For this, we set a history timer that controls the decision of whether to perform a VHO or not. It allows no VHO before it ticks off to prevent unnecessary handovers.

The considered criteria for handover decision in our approach are:

- *Offered QoS by the network*: this is to be calculated by each network and advertised periodically, to be used then by the mobile nodes.
- *QoS parameters at the host*: delay, jitter, packet loss and retransmission rates.
- *Received Signal Strength RSS*: to be measured at each mobile node
- *User preference*: defined according the user’s preferred network.
- *Monetary cost*: predefined per volume or time usage for each network.

Defining the available QoS classes in each network is related to measuring available resources at that network such as bandwidth and rate. QoS at the host are related to delay, jitter and packet loss. The delay represents the time required for a packet to travel from source to destination, and the variation in this delay is referred to as jitter.

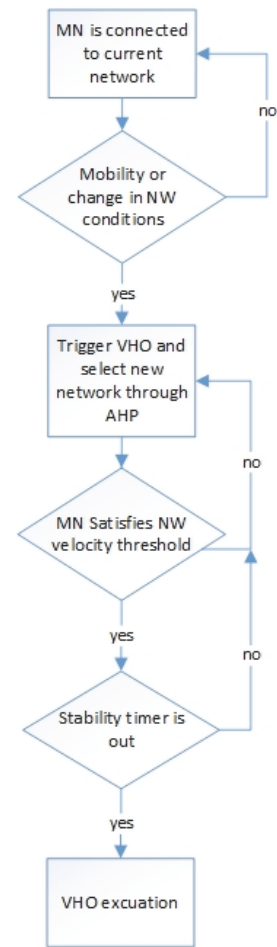


Figure 4: VHO Schematic Flowchart

NAT assisted VHO

We present the Network Address Translation assisted vertical Handover (NATHO) to solve the addressing issue. It sets up a proxy-based communication model to keep the handover issue as close to the MN side as possible. Update messages regarding the VHO helps the server to amend its NAT table entries according to the new IP addresses assigned to the host.

Multiple simulation runs on different scenarios of proxy server connection; locally connected and globally connected are able to show the optimal setup.

Simulation setup and network topology

The heterogeneous networks investigated in the simulation are WLAN, UMTS and WiMAX.

The work uses OMNeT++ network simulator. It is a component-based, modular and open-architecture simulation environment with strong GUI support and an embeddable simulation kernel. It is designed to simulate discrete event systems; primarily, communication networks. [5].

Figure 5 shows our simulation network topology and VHO solution. An MN performs a VHO while moving from home to the office, and throughout the city. The MN moves in the environment with a continuous stream of packets running with an application server in the Internet, and it is to be handed over between simulated networks during mobility. QoS parameters measured

from the packets stream are able to express the feasibility and achievements of our proposed solution.

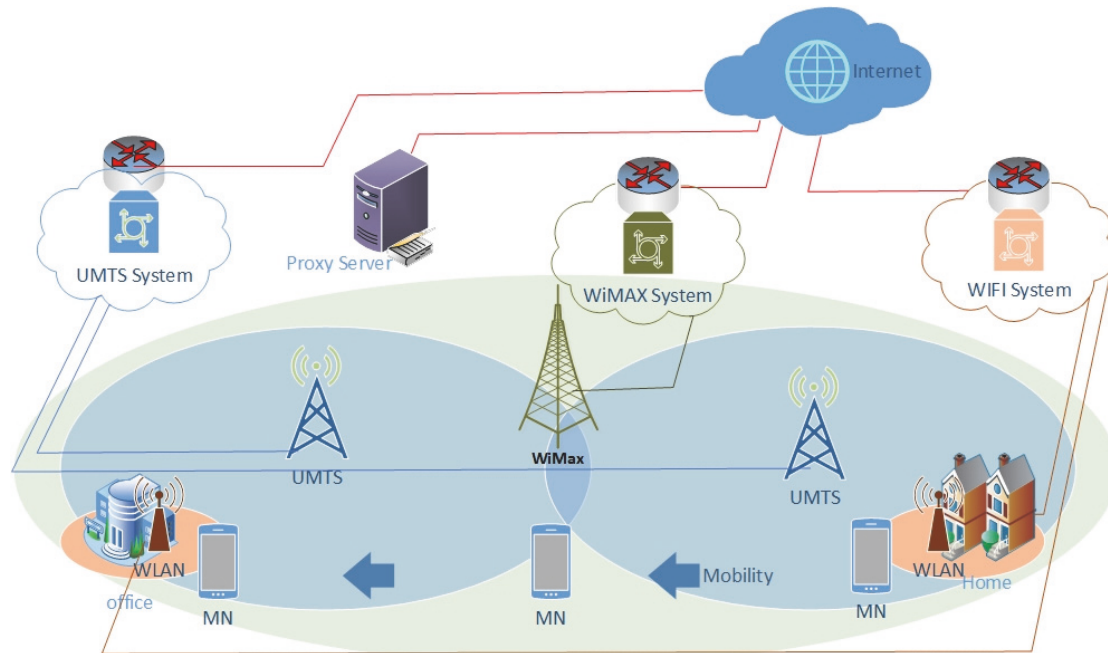


Figure 5: Simulation Topology and VHO Use Case

The simulation considers for the current level of the research work UMTS and WLAN networks between which mobile nodes are to be handed over. These two networks are connected at the backbone to a single NAT server that represents their gateway to the Internet. Next is to set the server to be globally connected, so as to represent a more flexible topology, in which heterogeneous network can have their own gateway to the Internet. Hosts who have subscribed for VHO mobility option will have their sessions always forwarded through the proxy server.

Conclusions

The heterogeneity in wireless communication networks with respect to the radio access technology, the network IP address, the characteristics of the network and provided QoS, and users convenience of usage scenarios as well, are all basic consideration for next generation networks. VHO can deploy the different networks and create an overlay network for the user, which is equipped with powerful communication devices, taking into account QoS parameters as an essential factor for real time application. Cross layer information, simple multi-criteria decision and user preferences are the key solution for any VHO solution that supports QoS.

References

- [1] S. Fernandes and A. Karmouch: *Vertical mobility management architectures in wireless networks: A comprehensive survey and future directions*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 14, 2012.
- [2] *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Media Independent Handover Services*, IEEE Std., Rev. 802.21-2008, 2009.

- [3] M. Kassar, B. Kervella, and G. Pujolle: "An overview of vertical handover decision strategies in heterogeneous wireless networks," *Computer Communications Journal*, vol. 31, no. 10, 2008.
- [4] T.L. Saaty: *The Analytical Hierarchical Process*. McGraw-Hill, New York, 1980.
- [5] <http://www.omnetpp.org>

QoS-enabled Routing in MANETs Based on ACO and SNMP

von Aymen Al-Ani

Aymen Al-Ani machte seinen Bachelorabschluss an der Technischen Universität in Bagdad und erlangte dort auch den akademischen Grad Master of Science im Studiengang Software Engineering mit dem Schwerpunkt „Genetically Based Neural Network for Wavelet Analysis“. Seit Oktober 2011 ist er Promotionsstudent im Fachgebiet Kommunikationsnetze der Technischen Universität Ilmenau. Seine fachlichen Interessen liegen im Routing für selbstorganisierte Netze mit Berücksichtigung der Kommunikationsdienstgüte.

Motivation

Mobile ad hoc wireless networks (MANETs) are increasing in popularity, because of the increasing number of mobile electronic devices such as laptops, smartphones, and sensor devices. These devices have the ability to provide real-time multimedia applications such as digital video and audio, which require a stringent quality of service (QoS). Thus, the realization of this type of service with high quality is really difficult in MANETs. This is due to the highly dynamic topology, limited resource availability, and energy constraints.

QoS routing for Mobile Ad hoc Networks (MANETs) is the biggest challenge because of the limitation of available resources and the node mobility. Nevertheless, it is hard or even impossible to identify the routing information accurately in MANETs due to the rapid dynamic changes in the routing statuses. In addition, the routing problem with two or more additive or multiplicative QoS parameters to be optimized is NP-complete [1].

Ant Colony Optimization algorithms (ACO) tend to provide properties such as adaptivity and robustness, which are essential to cope with the challenges of MANETs. The Ant Colony based solution for MANET routing is appealing because it easily fits into the dynamic nature of MANETs [2].

On the other hand, optimized parameters for Quality of Service (QoS) routing protocol can be obtained using management and monitoring of topology changes, link characteristics, node activity, and node resources. These parameters can result in a stable perceived mechanism and lower control traffic as well as less overhead. The Simple Network Management Protocol (SNMP) [3] is considered as an application level protocol, which is a part of the TCP/IP protocol structure to work efficiently over the User Datagram Protocol (UDP). The SNMP agent at a node contains a collection of information that reflects the status of the managed resources on the node.

ACO overview

Ant Colony Optimization (ACO) belongs to the class of Swarm intelligence (SI). SI is a relatively novel approach to problem solving inspired by the social behavior of insects and of other animals. ACO algorithm is a population-based and meta-heuristic approach, which has a self-organization capability. It was recently proposed by Dorigo et al [4][5] to solve several discrete optimization problems. A meta-heuristic is a set of algorithmic concepts which used to define heuristic methods applicable to a wide set of different problems. The idea of this optimization is based on the observation of how ants find the shortest path between a food source and their nest. ACO uses artificial ants to iteratively construct a solution for an optimization problem. ACO is characterized by the indirect communications between individuals through local modifications of their environment, referred to as stigmergy. A pheromone trail and a heuristic value are being used, where the pheromone value gives an indication of the number of ants that selected the path recently, which forms a positive feedback mechanism. The amount of pheromone diffuses in the environment and evaporates over time, which forms a negative feedback mechanism. The heuristic value is problem dependent and it has different forms for different cases. The ACO meta-heuristics have been applied to a number of different problems such as traveling salesman, vehicle routing, scheduling, classification task, and routing in communication networks such as AntNet and AntHocNet.

SNMP overview

The nodes, i. e. the managed devices are usually network monitored and controlled, and are capable of reporting events. With properly designed Management Information Bases (MIBs), an agent on the node can be used to manage the network configuration, its performance, faults, accounting, and security. The local MIB [6] at a node contains a collection of information that reflects the status of the managed resources on the node. Generally, a standardized internet MIB includes the *tcp table*, the *udp table*, the *ip forwarding table*, the *if table*, the *at table*, etc., which are managed by the SNMP agent [7]. Objects in this MIB can be used to detect congestion, as measured by the total number of octets coming into or going out of the system or the queue length for output. To achieve the optimum end-to-end transmission, it is necessary to take into account the following management information:

- Topology changes
- Link characteristics
- Node activity
- Node resources

For the MIB, managed objects are defined using a template called the Structure of Management Information (SMI). The SMI defines how management information is grouped and named, which operations are allowed and which data types are permitted. Thus, it specifies the syntax for a MIB.

The proposed model

The proposed model belongs to the class of on-demand multipath QoS routing protocols, which contains a “QoS Routing based on ACO” (QoRA) agent and an SNMP agent. The main phases of the QoRA agent are the QoS computation phase, the route discovery phase, and the route maintenance phase. The SNMP agent is a software that is packaged within the network element. The primary goals of the SNMP agent are monitoring and resource management to provide the state of a node. The SNMP agent has access to all of the protocol stack layers, which collect the management information database (MIB) from the device locally. Depending on this state QoRA agent can compute QoS metrics locally. Figure 1 illustrates the proposed model diagram.

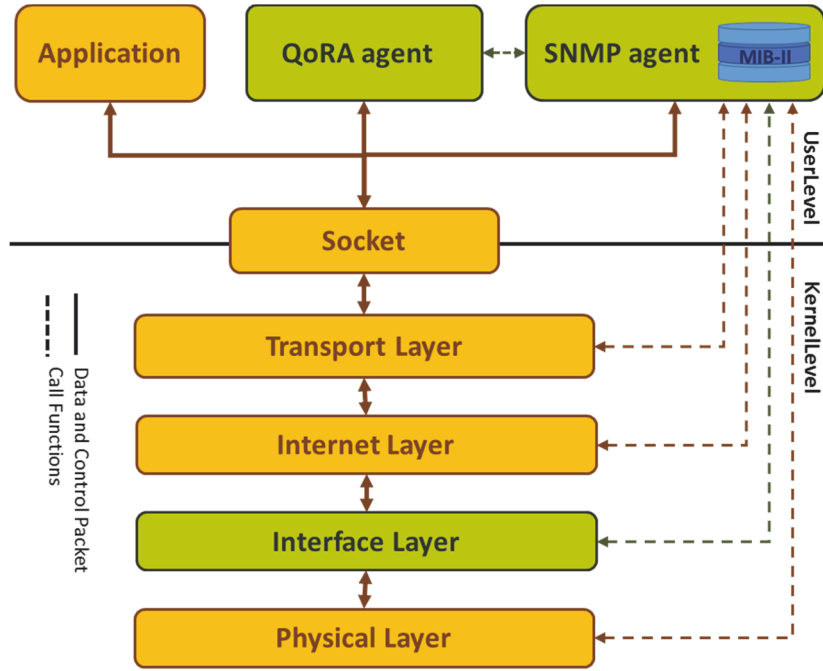


Figure 1: Proposed Model Diagram

QoS requirements

MANETs are considered as a connected, undirected and weighted graph. Let $G = (N, E)$ represents the network, where N denotes the set of network nodes and E denotes the set of links, assuming a source node $i \in N$ and a destination $d \in N$. Now let $p(i, j, d)$ denote the path from node i to destination d through neighbor node j , then the QoS parameters can be depicted as follows:

$$B_{ijd} = \min\{Bandwidth(n) \quad n \in p(i, j, d)\} \quad (1)$$

$$D_{ijd} = \sum_{n \in p(i, j, d)} Delay(n) \quad (2)$$

$$L_{ijd} = 1 - \prod_{n \in p(i, j, d)} (1 - Packet\ Loss(n)) \quad (3)$$

B_{ijd} , D_{ijd} , and L_{ijd} are the available bandwidth of the path, delay and packet loss respectively.

QoS computation phase

The MIB-II interface group [6][8] provides information about logical interfaces that offers connectivity to a network. Table 1 contains some objects used to compute QoS parameters.

Table I: MIB-II Objects Queried by QoRA agent Protocol

Object name	Description
ifSpeed	The current capacity of the interface (bps)
ifMtu	The max size of the packet can be sent or received on the interface
ifOutQLen	The length of the output packet queue
ifInDiscards	The number of inbound packets
ifInErrors	The number of inbound errors packets
ifInUnkownProtos	The number of inbound packets discarded
ifOutDiscards	The number of outbound packets discarded
ifOutErrors	The number of outbound errors packets
ifHCInUcastPkts	The number of inbound unicast packets
ifHCInMulticastPkts	The number of inbound multicast packets
ifHCInBroadcastPkts	The number of inbound broadcast packets
ifHCOuUcastPkts	The number of outbound unicast packets
ifHCOuMulticastPkts	The number of outbound multicast packets
ifHCOuBroadcastPkts	The number of outbound broadcast packets

Following equations show the relation between QoS parameters and the interface group objects:

1. Bandwidth

The object *ifSpeed* is a read-only gauge that estimates the current capacity of the interface in bits per second, which is often expressed as the maximum throughput that the nodes can sustain. Throughput is a measure of rate at which data can be sent through the network in bits per second (bps).

$$\text{Bandwidth}(n) = \text{ifSpeed} \quad (4)$$

2. Delay

The determination of the total delaying time for a transmitted data packet between two neighbor nodes can be found from the relation (5).

$$\text{Delay}(n) = D_{\text{Propagation}} + D_{\text{Transmission}} + D_{\text{Queuing}} \quad (5)$$

where $D_{\text{Propagation}}$ is the propagation delay, $D_{\text{Transmission}}$ the transmission delay and D_{Queuing} the queuing delay.

The localization of the nodes determines the propagation delay, but it does not have a noticeable effect in comparison with the other types of delay parameters. The average transmission delay is defined as a delaying time to achieve a successful transmission of the data packet in the physical medium. From equation (6), the service period of the sent data packet can be found as a function of both *ifMtu* (*Octets*) and *ifSpeed*.

$$D_{\text{Transmission}} = \frac{\text{ifMtu} (\text{Octets}) \times 8}{\text{ifSpeed}} \quad (6)$$

The required period of time between the arrival of the sent packet to the receiving node and rushing to the head of the received packet queue; is known as the average queuing delay time.

It can be determined from equation (7) by counting the number of the existing data packets in the sending buffer.

$$D_{Queueing} = ifOutQLen \times D_{Transmission} \quad (7)$$

3. Packet Loss Ratio

The packet loss ratio (PLR) is calculated from the ratio of the number of lost packets divided by the number of total packets. Figure 2 illustrates the counting diagram for the flow of traffic across an interface.

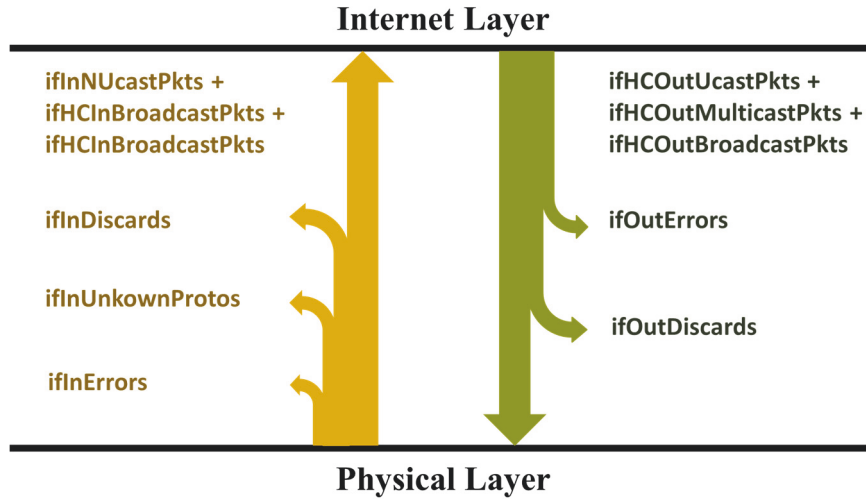


Figure 2: Counting diagram for IF-MIB interfaces group

$$Packet\ Loss\ (n) = \frac{DropPakIn + DropPakOut}{DropPakIn + TxPak + RxPak} \quad (8)$$

Let $DropPakIn$ and $DropPakOut$ denote the total number of dropped packets coming in and leaving the interface layer.

$$DropPakIn = ifInDiscards + ifInErrors + ifInUnkownProtos \quad (9)$$

$$DropPakOut = ifOutDiscards + ifOutErrors \quad (10)$$

$TxPak$, and $RxPak$ denote the total packet income and outcome of the interface layer.

$$RxPak = ifHCInUcastPkts + ifHCInMulticastPkts + ifHCInBroadcastPkts \quad (11)$$

$$TxPak = ifHCOuUcastPkts + ifHCOuMulticastPkts + ifHCOuBroadcastPkts \quad (12)$$

Route discovery phase

The route discovery process is initiated only when a source node wants to send data to a destination node based on the requirements of QoS routing. The route discovery phase is done by flooding the network with ants, and therefore involves the sending of a forward ant (FANT) from source to destination, and a backward ant (BANT) from destination to source. The backward ants are used to fill the routing table with probabilities and update the pheromones. The probabilities reflect the likelihood that a neighbor will forward a packet to the given destination. Likewise, multiple paths between source and destination are created. The outline of the router discovery process is as follows:

Step1: The source node s has data to send to destination d with QoS requirements bandwidth B , delay D , and packet loss L .

Step2: Source node s initiates and broadcast a FANT to destination d through all its neighbors.

Step3: While traveling to the destination d , the nodes will broadcast the FANT only, if it has not been received before and if the node meets the QoS requirements, such as:

- $B_{ijd} \geq B$
- $D_{ijd} \leq D$
- $L_{ijd} \leq L$

Step4: When the FANT reaches the destination d , it will be converted into a BANT and forwarded towards the original source s . The BANT will take the same path of the corresponding FANT but in reverse direction depending on the AntStack that recorded the nodes of the path.

Step5: For every BANT reaching an intermediate node or source node, the node can find the minimum bandwidth, end-to-end delay, and packet loss from the received ant to the respective destination. Now the node can calculate the probability to reach the destination depending on the objective function and update the pheromone according to Eq. (13) and (15).

Step6: Data packets are forwarded from their source to their destination based on stochastic decision policy, taking a new routing decision at each intermediate node.

The objective function of proposed work is to find a path from source to destination through a neighbor j . The probability (p_{ijd}) from node i to destination d through i 's neighbor j is calculated as:

$$p_{ijd} = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ijd}]^\beta}{\sum_{l \in N_i} [\tau_{il}]^\alpha [\eta_{ild}]^\beta} \quad (13)$$

N_i is a set of neighbor nodes of i and l is neighbor node of i through which a route is available to destination d . τ_{ij} denotes the pheromone trail on *link* (i, j) for several destinations, η_{ijd} is a heuristic factor, α and β are two parameters that represent the relative weight of pheromone and heuristic value. The global quality of the link represents the heuristic factor. It is given by the following equation:

$$\eta_{ijd} = \frac{[B_{ijd}]^{\beta_B}}{[D_{ijd}]^{\beta_D} + [L_{ijd}]^{\beta_L}} \quad (14)$$

$\beta_B, \beta_D, \beta_L$ denote the weight factors that show the importance of each QoS parameter (bandwidth, delay, and packet loss) on the path from i to d through neighbour node j .

Whenever a BANT is received from j to i , it is considered that link (i, j) contributes to a possible path from node i to destination d through neighbor node j . So it is positively reinforced as:

$$\tau_{ij} = (1 - \rho) \tau_{ij} + \Delta \tau_{ij} \quad (15)$$

$\Delta\tau_{ij}$ denotes the pheromone increment on the link from i to j . To prevent old routing solutions from remaining in the current network status and to avoid the infinite increment of pheromone on the link, pheromone evaporation rate ρ is adopted as negative feedback.

Route link failure and maintenance phase

Link failures can be detected via failed transmissions of data packet (missing ACK) or control packets like RTS and CTS. When a node i detects that the link with a neighboring node j is lost, it removes j from its neighbor table and removes the routing table entry for this neighbor from its routing table. Then, it updates its routing table, to see which routes become invalid due to the link failure, and whether alternative routes are available for the affected destinations. If the node does not have an alternative route for the affected destinations, it will broadcast an Error Ant packet EANT. Upon receiving this message, intermediate nodes will update their routing table for the unreachable destination.

Routing Overview in NS3 Framework

The architecture of ns-3 is described in its manual [9]. The main class for implementation of a routing protocol in NS-3 are *Ipv4L3Protocol*, *Ipv4RoutingProtocol*, and *Ipv4Route*. *Ipv4L3Protocol* implements the network layer. The class *Ipv4RoutingProtocol* () provides two functions *RouteOutput* () and *RouteInput* (). When the source node need to send data packets, the transport protocol will query a route by calling *Ipv4RoutingProtocol::RouteOutput* (). A pointer to *Ipv4Route* object is returned. The *Ipv4Route* is carried down to the *Ipv4L3Protocol* to avoid a second lookup there. However, some cases will require a call to *RouteOutput* () directly from *Ipv4L3Protocol*. On the other hand, *Ipv4RoutingProtocol::RouteInput* () is called by *Ipv4L3Protocol::Receive* () when a packet is received from NetDevice for forwarding to other nodes or local delivery to upper layers. This passes the packet ownership to the *Ipv4RoutingProtocol* object. The *Ipv4RoutingProtocol* must eventually call one of these callbacks (*LocalDeliver*, *UnicastForward*, *MulticastForward*, and *Error*) for each packet that it takes responsibility for. This is basically how the input routing process works in Linux [9]. The next section introduces our proposed model which contains the QoRA agent and the SNMP agent. Figure 3 illustrates the router architecture diagram depending on the NS-3 framework.

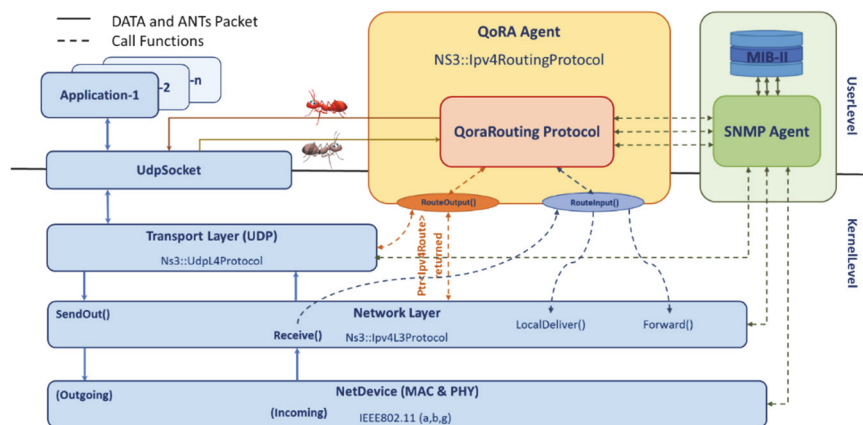


Figure 3: Illustrates the router architecture diagram in the NS3 framework

QoRA Architecture in NS3 framework

The proposed protocol was implemented and simulated within the framework of network simulator 3 (NS-3). The implementation consists of a number of classes. The main class *Qora :: RoutingProtocol*, which inherits from *ns3::Ipv4RoutingProtocol*, is the main class and implements the protocol. The *QoRA::AntPacket*, which inherits from *ns3::Header*, is responsible to generate three type of ants: forward ant *FANT*, backward ant *BANT*, and error ant *EANT*. They are also responsible for serialization and deserialization methods, where serialization means write to the packets and deserialization read from the packets. We have also declared two tables, the *QoRA::RoutingTable* and *QoRA::NeighbourTable*. The *QoRA::RoutingTable* is used to perform the actual routing. An entry of this table is saved in *QoRA::RoutingTableEntry* which is extended from *NS3::IPv4Route*. The *QoRA::NeighbourTable* used to store pheromone trail values, IPv4 address, and MAC address. Additionally, we have declared *QoRA::QueueEntry* and *QoRA::RequestQueue* to store all the queued entries.

SNMP agent in NS3 framework

The NS-3 framework provides a trace subsystem, attribute mechanisms, and a smart pointer. Because the SNMP agent is not implemented in NS-3 framework, we depend on the tracing subsystem to capture, monitor and report events. Trace sources are entities that can signal events that happen in a simulation and provide access to interesting underlying data [9][10]. For example, a trace source could indicate when a packet is received, transmitted, and dropped by an interface layer. A trace source might also indicate when an interesting state change happens in a model like change the data rate (speed). Trace sources must be connected to other pieces of code that actually do something useful with the information provided by the source. For example counting number of incoming packets like (*RxPak*), outgoing packet (*RxPak*), or dropping packets *DropPakIn* and *DropPakOut*.

QoRA Evaluation

The proposed protocol was implemented and simulated within the framework of network simulator 3 (NS-3) [9] and then compared with simulations of the Ad hoc in demand distance vector routing protocol AODV. The simulated network consisted of a varying number of flows (data sessions) from 4 up to 20 flows. By default, each data session sends UDP data at an application rate of 10 kb/s using the application *OnOffApplication* model with constant bit rate. Application data starts at a random time between 10 and 30 seconds and continues to the end of the simulation time, where the maximum simulation time is set to 500 sec. Nodes are configured according to the standard IEEE 802.11b, with a maximum transmit range for each mobile node being 300 m. Nodes move according to the Random Waypoint Mobility Model (RWP), within area dimensions (1500m x 500m), for a number of nodes 80 with a free speed in the range 1 m/s up to a maximum of 5 m/s and pause time 3 s. Table (II) contains tunable parameter values for QoRA routing protocol and QoS constraints used in this scenario.

Table II: QoRA parameters

Parameter	Values	Parameter	Values
Pheromone decay factor ρ	0.5	Packet loss weight factor β_{PL}	1.0
Pheromone increment factor $\Delta\tau_{ij}$	0.1	Upper pheromone bound	0.1
Pheromone weight factor α	1.0	Lower pheromone bound	1.0
Heuristic weight factor β	1.0	Bandwidth constraint B_{min}	10Kb/s
Bandwidth weight factor β_B	1.0	Delay constraint D_{max}	150-250ms
Delay weight factor β_D	1.0	Packet loss constraint L_{max}	1%-3%

To evaluate the performance of the QoRA protocol, six metrics has been measured in terms of the following parameters.

a) Packet Delivery Ratio

Figure 4 shows the packet delivery ratio (PDR). PDR is The fraction of the number of packets received by the destination nodes divided by the number of packets generated by the source nodes. We can observe that this metric is higher in QoRA than in AODV with increasing number of flows.

b) Throughput

The total number of delivered data packets to a destination divided by the packet delivery time. Figure 5 shows that throughput in QoRA is higher than in AODV.

c) Average End-to-End Delay

Measures the accumulative effectiveness of experienced delay of packet going from source to destination. This includes all delays caused by buffering during route discovery, queuing at interface queue, retransmission delays at the MAC layer, and propagation delay. Figure 6 show that our protocol QoRA has a better performance in terms of average end-to-end delay than AODV with increasing number of flows.

d) Jitter

Network jitter is another important metric related to measuring network performance for real time voice and video. It is defined as the measure variance in delay of the packet spacing at the receiving node compared to the sending node due to network congestion, route changes, queuing, etc. Figure 7 show the delay jitter, which has a similar behavior to Figure 6.

e) Overhead in Number of Bytes

This is the total number of routing bytes divided by the total number of received data bytes. Figure 8 plots the overhead in number of bytes.

f) Overhead in Number of Packet

Figure 9 plots the overhead in number of packet, which is defined as the total number of routing packets with hello message divided by the total number of received data packets.

Figure 8 and figure 9 show that the overhead is much higher in AODV with using hello message than in QoRA. This because our model did not used any periodic control message.

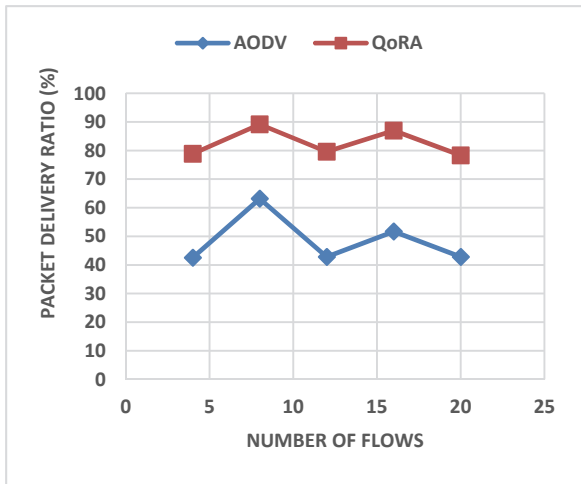


Figure 4. Packet Delivery Ratio

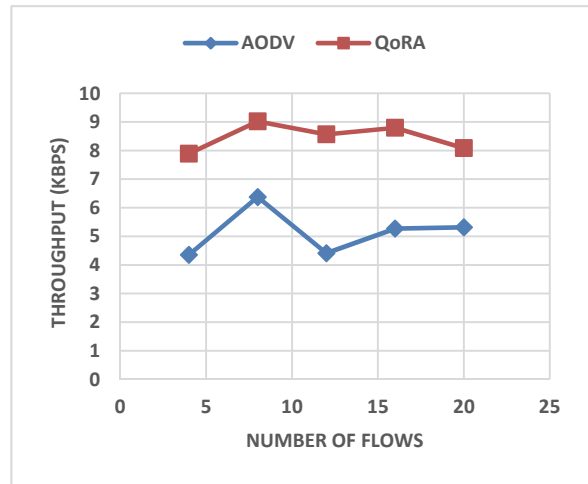


Figure 5. Throughput

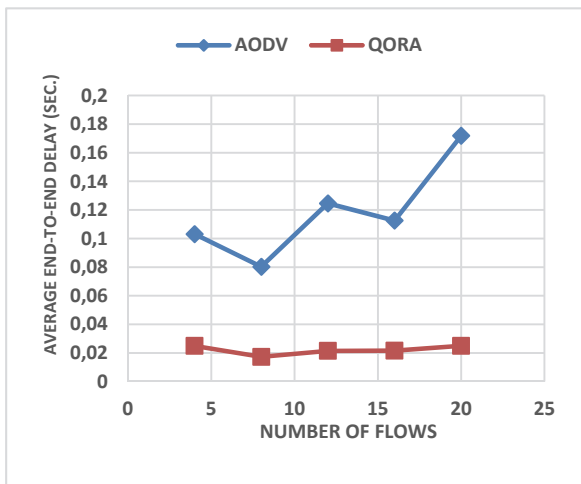


Figure 6. Average End-to-End Delay

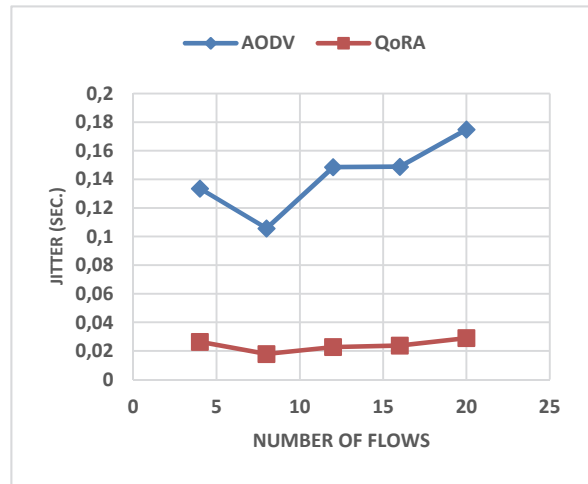


Figure 7. Jitter

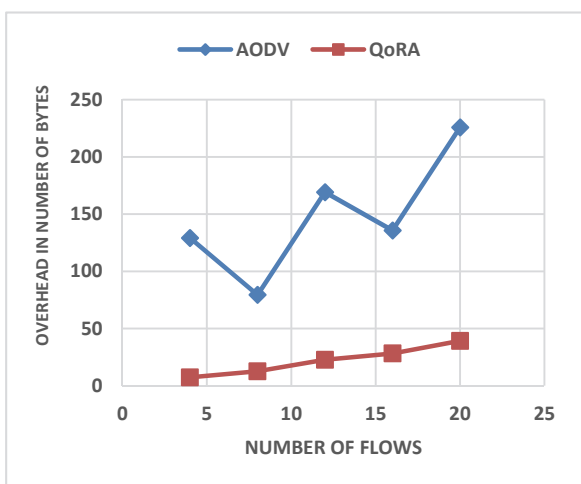


Figure 8. Overhead in Number of Bytes

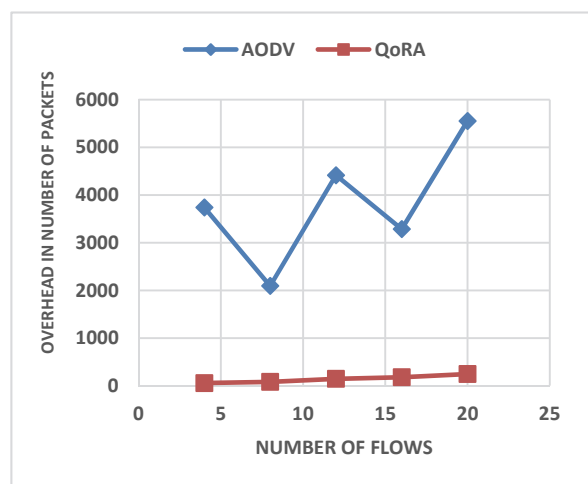


Figure 9. Overhead in Number of Packets

Conclusion

Mobile ad hoc network routing is a difficult problem because network characteristics such as traffic load and network topology may vary stochastically and in a time varying nature. The major complexity in mobile ad hoc networks is to maintain the QoS features in the presence of dynamic topology, absence of centralized control, time varying QoS requirements, etc. In this paper, we propose our QoRA approach based on an innovative on-demand QoS routing algorithm for MANETs that combines an ACO algorithm with SNMP for monitoring and computing QoS parameters locally. This allows us to work without additional control messages. The distributed nature of network routing is well matched by the multiagent nature of ACO algorithms. ACO has the ability of parallel and global search. This helps increase the successful finding of paths that satisfy QoS requirements. The proposed solution aims to avoid network congestion and packet loss by finding better paths which have maximum bandwidth, minimum delay, and packet loss. Our simulation results and comparisons are based on six metrics which demonstrate the ability of the protocol to provide QoS requirements. The obtained results have shown that the QoRA is more suitable to the application which required QoS compared with AODV.

References

- [1] W. Zheng and J. Crowcroft, "Quality-of-service routing for supporting multimedia applications," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 14, no. 7, pp. 1228–1234, 1996.
- [2] A. a. a. Radwan, T. M. Mahmoud, and E. H. Hussein, "AntNet-RSLR: A proposed Ant routing protocol for MANETs," in *Saudi International Electronics, Communications and Photonics Conference (SIEPCP)*, 2011, pp. 1–6.
- [3] W. Stallings, *SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2*, 3rd ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1996.
- [4] M. Dorigo and G. Di Caro, "Ant colony optimization: a new meta-heuristic," in *Proceedings of the 1999 Congress on Evolutionary Computation-CEC99 (Cat. No. 99TH8406)*, 1999, pp. 1470–1477.
- [5] M. Dorigo, M. Birattari, and T. Stutzle, "Ant colony optimization," *IEEE Comput. Intell. Mag.*, vol. 1, no. 4, pp. 28–39, Nov. 2006.
- [6] M. Rose, "Management Information Base for network management of TCP/IP-based internets: MIB-II," *Management*, 1990.
- [7] D. Harrington, R. Presuhn, and B. Wijnen, "An architecture for describing SNMP management frameworks," 1999.
- [8] K. McCloghrie and F. Kastenholz, "The interfaces group MIB," *Interfaces (Providence)*, 2000.
- [9] "The ns-3 network simulator." [Online]. Available: <http://www.nsnam.org>.
- [10] G. Carneiro, P. Fortuna, and M. Ricardo, "FlowMonitor - a network monitoring framework for the Network Simulator 3 (NS-3)," *Proc. 4th Int. ICST Conf. Perform. Eval. Methodol. Tools*, vol. 3, 2009.

Zuverlässige Gruppenkommunikation in mobilen Ad-hoc-Netzen auf Basis eines verzögerungstoleranten Kommunikationsdienstes

von Peggy Begerow

Peggy Begerow machte ihren Abschluss 1998 als Diplom-Informatikerin (FH) an der Fachhochschule Schmalkalden. Nach ihrem Studium entwickelte sie Software für Mineralölkonzerne sowie Kieswerke. Ab 2009 war sie an der Technischen Universität Ilmenau als Technische Mitarbeiterin in den Projekten Weitblick, SHS und ThIMo tätig. Seit Juli 2012 ist sie Stipendiatin im Graduiertenkolleg „GS Mobicom“ der Technischen Universität Ilmenau. Sie hat sich zuverlässige Multicastübertragung in verzögerungstoleranten Ad-hoc-Netzen in Katastrophenszenarien spezialisiert.

Motivation

Überschwemmungen, Erdbeben und andere Katastrophen treten in den letzten Jahren gehäuft auf. Nach solchen Ereignissen ist die Infrastruktur wahrscheinlich beschädigt. Für die Koordination von Rettungsmannschaften ist eine funktionierende Kommunikation unerlässlich. Mobile Ad-Hoc-Netze (MANETs) sind eine effiziente und kostengünstige Möglichkeit, wenn keine funktionierende Infrastruktur zur Verfügung steht. MANETs bilden sich selbständig und haben nur eine begrenzte Reichweite. Das bedeutet, dass sich mehrere einer Kommunikationsgruppe zugehörige Knoten in verschiedenen MANETs befinden können, die nicht direkt miteinander verbunden sind. Verzögerungstolerante Netze (DTNs) sind eine mögliche Lösung zur Überwindung dieses Problems.

In Katastrophenszenarien werden oft ganze Gruppen von Einsatzkräften angesprochen. Deshalb ist es sinnvoll mit Hilfe von Multicastprotokollen Nachrichten zu übertragen. Multicast ist normalerweise in DTNs nicht zuverlässig, was daher resultiert, dass eine genaue Mitgliederzahl der einzelnen Gruppen nicht im ganzen Netz bekannt ist. Zweckmäßig ist es ein neues Multicastprotokoll zu entwickeln, welches die Anforderung von zuverlässiger Multicastkommunikation erfüllt.

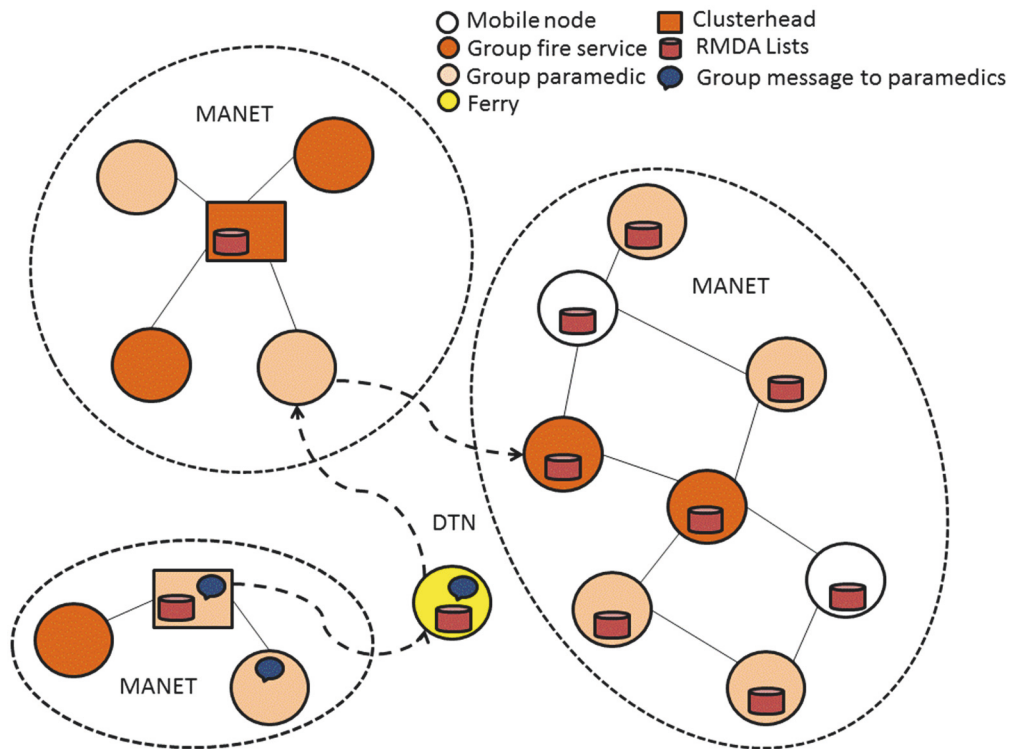


Abbildung 1: Gruppenkommunikation in Katastrophengebieten

Verzögerungstolerante Netze

Ein DTN ist für die Datenübertragung zwischen Knoten, welche nur selten zu erreichen sind und zwischen denen normalerweise kein durchgängiger Pfad von Quelle zur Senke existiert, konzipiert. Die Daten werden in den Knoten zwischengespeichert mit der Hoffnung, dass diese vielleicht durch die physische Bewegung der Knoten in Richtung Ziel übertragen werden. Die Daten werden also gespeichert, transportiert und übermittelt. Der Speicher, die Bandbreite sowie die Batteriekapazität dieser Knoten sind eingeschränkt.

Die Abbildung 1 kann man erkennen, dass die verschiedenen MANETs mit Hilfe einer Fähre (*Ferry*) verbunden sind. Diese Fähre speichert Nachrichten aus den verschiedenen MANETs und transportiert sie, in diesen Fall gezielt, zu den anderen MANETs. In DTNs ist es normalerweise nicht abzuschätzen, wann die Nachricht an den oder die Empfänger übermittelt wird.

Multicast

Bei der Multicastübertragung, auch bekannt als Gruppenkommunikation, sendet die Quelle nur eine Nachricht an alle Gruppenmitglieder. Das Netzwerk selbst dupliziert diese Nachricht wenn erforderlich. Dabei ist es wichtig, dass die Nachricht alle Gruppenmitglieder erreicht.

Multicastkommunikation kann in drei verschiedenen Schichten des OSI-Referenzmodells realisiert werden. Der erste Ansatz befindet sich in der Anwendungsschicht, ein Beispiel zeigt Abbildung 2. Hier werden logische IDs zur Verwaltung von Gruppen und zur Nachrichtenweiterleitung verwendet, unabhängig von den zugrunde liegenden Netzwerken. IPv4 und IPv6 sind bekannte Ansätze innerhalb der Vermittlungsschicht. Die dritte Alternative zur Realisierung von Multicast befindet sich in der Sicherungsschicht. Das *Multicast Aware MAC Protokoll* (MMP) [1] ist ein Beispiel für Multicast in MANETs innerhalb der Sicherungsschicht.

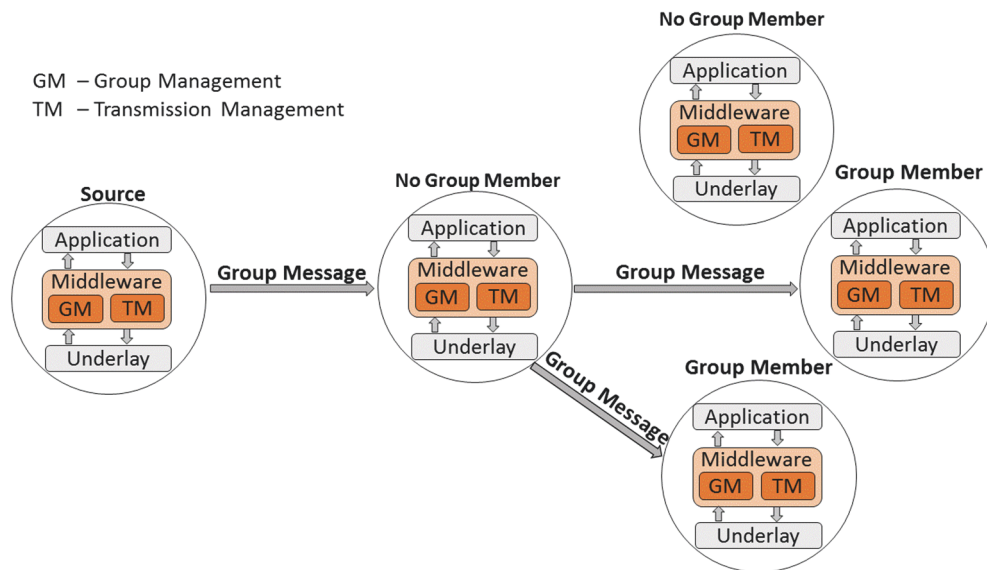


Abbildung 2: Multicastübertragung in der Anwendungsschicht

Zuverlässige Gruppenkommunikation in DTNs

Das Protokoll „*Reliable Multicast over Delay Tolerant Networks (RMDA)*“ [2] ist ein Ansatz zur zuverlässigen Multicastübertragung in DTNs und ist auf der Anwendungsschicht angesiedelt. Dieses Protokoll wurde mit dem Ziel entwickelt, die Übertragung von Nachrichten mit einer bestimmten Zuverlässigkeit für alle Mitglieder innerhalb einer Multicastgruppe zu verbessern und den Ressourcenverbrauch im DTN zu optimieren. Das RMDA-Protokoll stellt eine einheitliche Schnittstelle zum Erstellen, Beitreten, Verlassen und Löschen von Gruppen zur Verfügung. Darüber hinaus löscht RMDA Gruppennachrichten, wenn diese erfolgreich übermittelt wurden, und spart somit Speicherressourcen im DTN. Dies erfordert einen kontinuierlichen Informationsaustausch, um die aktuelle Anzahl der Gruppenmitglieder auf dem neuesten Stand zu halten.

Abbildung 3 zeigt die RMDA-Protokollarchitektur unter Bezugnahme auf das Schichtenmodell. RMDA befindet sich in der DTN-Ebene und ist in verschiedene Module aufgeteilt. Das erste Modul ist das Gruppenmanagement-Modul (*Group Management*). Dieses Modul ist verantwortlich für das Erstellen und Löschen von Gruppen sowie zur Verwaltung von Gruppenmitgliedern. Das zweite Modul ist das Übertragungsmanagement-Modul (*Transmission Management*), das für die zuverlässige Übertragung von Multicastnachrichten verantwortlich ist.

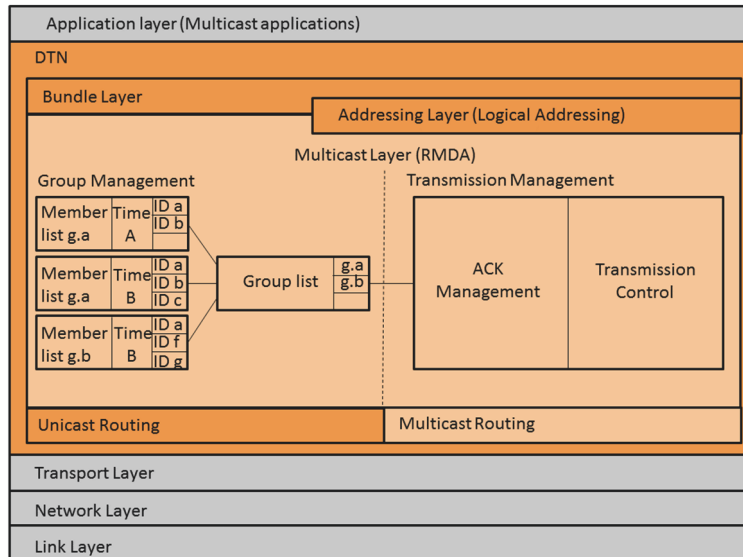


Abbildung 3: Schichten mit RMDA

Gruppenmanagement-Modul

Das Gruppenmanagement bildet die Grundlage für das Übertragungsmanagement. Jeder DTN-Knoten speichert die Gruppenliste, in der alle Gruppen gespeichert werden und die Mitglieder-liste, in der alle Gruppenmitglieder registriert sind. Die Gruppen werden mit eindeutigen Gruppenadressen gekennzeichnet. Alle Gruppenmitglieder erhalten einen *Endpoint Identifier* (EID), welcher im RFC 4838 [3] vorgeschlagen wird. Die Struktur des EIDs folgt den Regeln für *Uniform Resource Identifiers* (URI) [4]. Ein Beispiel für eine RMDA-Gruppenadresse ist `dtn://rmdagroup.feuerwehr`.

Eine Mitgliederliste zeigt die lokale Sicht eines Knotens über die aktuelle Gruppenmitgliedszahl zum Zeitpunkt des Erstellens der Liste. Für die Berechnung des Algorithmus im Übertragungsmanagementmodul werden mehrere Listen benötigt. Kommt ein Knoten in Kontakt mit einem anderen Knoten, wird die Gruppenliste aktualisiert und eine neue Mitgliederliste erzeugt. Je mehr dieser Mitgliederlisten gespeichert werden, umso genauer kann die Schätzung erfolgen. Eine größere Listenanzahl bedeutet gleichzeitig einen höheren Speicherbedarf. Deshalb wurde der voreingestellte Wert der maximalen Listenspeicherung *MaxMemberlist* auf 10 eingestellt.

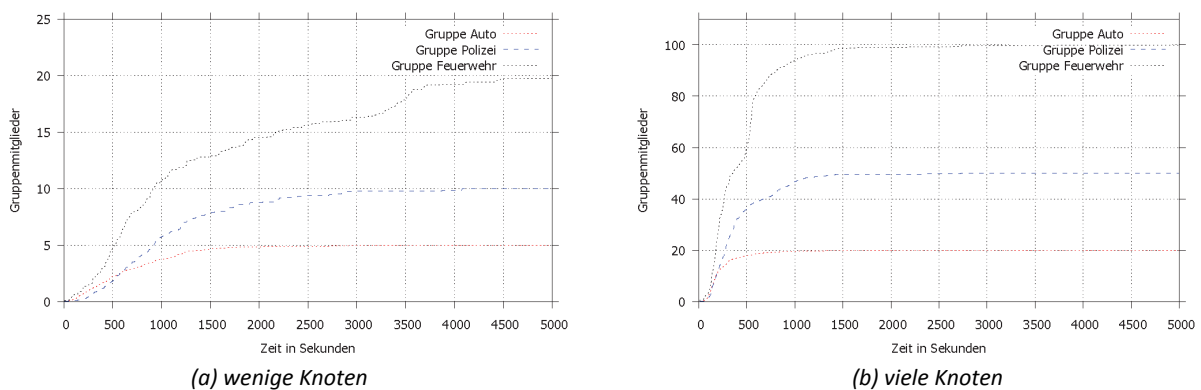


Abbildung 4: Listenaustausch mit Erreichen des stabilen Zustandes

In Katastrophenszenarien wechselt die Anzahl der Gruppenmitglieder nur selten. Deshalb geht das RMDA-Protokoll davon aus, dass nach einem bestimmten Zeitraum nach Erstellen einer Gruppe ein stabiler Zustand von Gruppenmitgliedern erreicht wird.

Abbildung 4 zeigt ein Beispiel eines Listenaustausches mit einer geringen Knotendichte im Vergleich zu einer hohen Knotendichte. Diese Simulation wurde mit dem extra für DTNs entwickelten Netzwerksimulator *Opportunistic Networking Environment* (ONE) [5] durchgeführt. Es ist zu erkennen, dass bei einer hohen Knotendichte der stabile Zustand schneller eintritt als bei wenigen Knoten, obwohl im Szenario 4b viel mehr Knoten der Gruppe beitreten.

Übertragungsmanagement-Modul

Eine Nachricht, die charakteristisch für Multicast ist, wird an alle Gruppenmitglieder gesendet. Die Nachricht und die entsprechenden Quittungen (ACKs) werden für die entsprechende Weiterleitung gespeichert. Bei der Multicastübertragung in DTNs ist nicht erkennbar, wann alle Gruppenmitglieder die Nachricht erhalten haben. Deshalb kann es passieren, dass die Nachrichten quasi unendlich lang gespeichert werden. Das Übertragungsmanagement-Modul enthält einen neuen Algorithmus, der dem Grad der Zuverlässigkeit schätzt. Auf Grundlage dieser Schätzung werden die Nachrichten gelöscht, wenn der gewünschte Grad der Zuverlässigkeit erreicht ist.

- 1) $tr.gr = \lceil mean_{t>0}\{me.gr(t)\} \rceil - \lceil mean_{t>t_g}\{me.gr(t)\} \rceil$
- 2) $co = \lceil mean_{t>0}\{me.gr(t)\} \rceil * \frac{100-dr}{100}$
- 3) $ra.gr = (tr.gr > 0) ? tr.gr + co : co$
- 4) $ack.gr.me \geq me.gr_{t_g} - ra.gr - 1$

Der Parameter dr (voreingestellt sind 80%) legt den gewünschten Grad der Zuverlässigkeit fest. Wichtig für den RMDA-Algorithmus ist, dass die Geschichte der Anzahl der Gruppenmitglieder bekannt ist.

Auf der Grundlage dieses Wissens berechnet jeder Knoten einen Bereich $ra.gr$, wie viele Quittungen erwartet werden. Das bedeutet, dass die durchschnittliche Anzahl der Mitglieder über alle Verlaufsdatensätze ($mean_{t>0}\{me.gr(t)\}$) der gewünschten Gruppe berechnet und durch die durchschnittliche Anzahl der Mitglieder, ab dem nächsten Zeitpunkt des Sendens der Nachricht zu einer Mitgliederliste ($mean_{t>t_g}\{me.gr(t)\}$) subtrahiert werden.

Daraus ergibt sich der aktuelle Trend ($tr.gr$). Wenn der Trend abnimmt, wird der Bereich ($ra.gr$) größer sein. Der Koeffizient (co) ist ein Korrekturfaktor, der durch den Grad der Zuverlässigkeit beeinflusst wird. Der Koeffizient wird durch den Mittelwert über alle Mitgliederlisten dr -Parameters berechnet. Ist die Anzahl der empfangenen ACKs ($ack.gr.me$) größer oder gleich der Anzahl der Mitglieder zum nächsten Zeitpunkt der gespeicherten Mitgliederliste minus des berechneten Bereichs, wird angenommen, dass die Multicastnachricht erfolgreich übertragen wurde und diese Nachricht sowie die dazu gehörenden Quittungen werden gelöscht. Somit ist wieder Platz für neue Nachrichten.

Zusammenfassung

Das RMDA-Protokoll unterstützt die Zusammenarbeit zwischen MANETs und DTNs mit dem Fokus der Verbesserung der zuverlässigen Multicastübertragung. Dies ermöglicht die effiziente Kommunikation zwischen verschiedenen Rettungsdiensten, ist die Basis für erfolgreiche Rettungsmissionen und unterstützt somit die Rettung von Menschenleben.

Literatur

- [1] H. Gossain, N. Nandiraju, K. Anand, and D. Agrawal, "Supporting MAC layer multicast in IEEE 802.11 based MANETs: issues and solutions," in *Local Computer Networks*, 2004. 29th Annual IEEE International Conference, Nov. 2004, pp. 172–179.
- [2] P. Begerow, S. Schellenberg, J. Seitz, T. Finke, and J. Schroeder, "Reliable Multicast in Heterogeneous Mobile Ad Hoc Networks," in *Workshop on Self-Organized Communication in Disaster Scenarios (SoCoDiS) in conjunction with Networked Systems 2013*, Mar. 2013. [Online]. Available: <http://journal.ub.tu-berlin.de/eceasst/article/viewFile/811/806>
- [3] V. Cerf, S. Burleigh, A. Hooke, L. Torgerson, R. Durst, K. Scott, K. Fall, and H. Weiss, "Delay-Tolerant Networking Architecture," RFC 4838 (Informational), Internet Engineering Task Force, Apr. 2007. [Online]. Available: <http://www.ietf.org/rfc/rfc4838.txt>
- [4] T. Berners-Lee, R. Fielding, and L. Masinter, "Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax," RFC 3986 (INTERNET STANDARD), Internet Engineering Task Force, Jan. 2005, updated by RFC 6874. [Online]. Available: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3986.txt>
- [5] A. Keränen, J. Ott, and T. Kärkkäinen, "The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation," in *2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques (Simutools)*. ICST, Mar. 2009, Article No. 55.

Danksagung

Mein Dank gilt auch in diesem Jahr wieder allen Vortragenden und dem Fachgebiet Kommunikationsnetze unter der Leitung von Herrn Prof. Jochen Seitz.

Ganz besonders aber möchte ich an dieser Stelle Herrn Michael Heubach danken - unserem langjährigen Schatzmeister des TKM e.V. und verantwortlichem Organisator dieses und vieler vergangenen Workshops.

Er hat in besonderer Weise und über viele Jahre den Verein in vielfältiger Weise unterstützt und unseren TKM-Workshop immer wieder zu einem Highlight werden lassen.

Ihr

Dr. Wolfram Rink

Autorenverzeichnis

Vorträge:

Referent	Seite
Rink, Wolfram [Dr.-Ing.] wolfram.rink@deutschebahn.com Operativer Chefarchitekt (IT), Architekturteam IT-Betrieb (T.SVP5) DB System GmbH Schlachthofstrasse 80 99085 Erfurt	3
Glingener, Christoph [Dr.-Ing.] cglingener@advaoptical.com Chief Technology Officer ADVA Optical Networking Fraunhoferstr. 9a 82152 Martinsried/Munich	6
Wenzel, Marco [Dipl.-Ing.] marco.wenzel@iis.fraunhofer.de Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS Abteilung Kommunikationsnetze Nordostpark 93 90411 Nürnberg	11
Evers, Florian [Dr.-Ing.] florian.evers@iis.fraunhofer.de Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS Abteilung Kommunikationsnetze Nordostpark 93 90411 Nürnberg	18
Zebralla, Daniel [M.Sc.] daniel.zebralla@continental-corporation.com Continental Automotive GmbH A S&T A CDS TD F Osterhofener Str. 10 93055 Regensburg	22
Dr. Roger Knorr [Dr.-Ing.] Roger.Knorr@de.ibm.com Business Development Executive IBM Deutschland IBM Allee 1 71137 Ehningen	26

<p>Etling-Ernst, Martina [RAin] mee@etling-ernst.de Kanzlei Etling-Ernst Rechtsanwälte Geibelstraße 74 40235 Düsseldorf</p>	28
<p>Schmidt, Christoph [Dipl.-Phys.] Christoph.Schmidt@controlware.de Controlware GmbH Waldstraße 92 63128 Dietzenbach SMARVIS GmbH Sondershäuser Landstraße 27 99974 Mühlhausen</p>	32
<p>Schaumann, Jan kontakt@stiltrainer.de Business-Etikette Kommunikation Werteorientierte Teamentwicklung Schlossstr. 50 12165 Berlin (Steglitz)</p>	34
<p>Seitz, Jochen [Prof. Dr.-Ing.] Jochen.Seitz@tu-ilmenau.de TU Ilmenau FG Kommunikationsnetze Helmholtzplatz 2 98693 Ilmenau</p>	36

Forschungspapers

Referent	Seite
Hasan, Mais [Dipl.-Ing.] mais.hasan@tu-ilmenau.de	38
Renhak, Karsten [Dipl.-Ing.] karsten.renhak@tu-ilmenau.de	44
Hager, Markus [M.Sc.] markus.hager@tu-ilmenau.de	54
Krug, Silvia [M.Sc.] silvia.krug@tu-ilmenau.de	60
Al-Rubaye, Atheer [M.Sc.] atheer.al-rubaye@tu-ilmenau.de	68
Aymen Dawood Al Ani [M.Sc.] aymen-dawood.al-ani@tu-ilmenau.de	76
Begerow, Peggy [Dipl.-Ing. (FH)] peggy.begerow@tu-ilmenau.de	87