

Flexible Kommunikations- und Informationslösungen für eine optimierte Einsatzführung von Interventionskräften

Christian Raffelsberger¹, Martina Umlauf¹, Andreas Kercek¹, Alexander Almer²,
Thomas Schnabel², Patrick Luley²

Abstract: Im Rahmen des Projektes „4C4FirstResponder“ wird die Entwicklung einer Kommunikations- und Informationslösung zur optimierten Einsatzführung von Interventionskräften angestrebt. Dazu werden multisensorale Daten (Text, Audio, Bilder, Video, etc.) generiert, zu einem Lagebild zusammengeführt sowie rollenbasiert verteilt (an mobile Teams, Einsatzleitung, etc.). Kern der Kommunikationslösung ist ein Kommunikationsmanager, der TETRA und andere Netzwerktechnologien integriert, die Vorteile aller Technologien nutzen kann und Daten entsprechend von QoS-Anforderungen über diese verschiedenen Technologien verschickt. Eine weitere wichtige Komponente der Lösung ist eine Szenarien-orientierte Darstellung der Daten und Bedienung auf (mobilen) Endgeräten. Das Projekt verfolgt einen agilen Entwicklungsansatz und startete mit einer Bedarfserhebung bei den Endbenutzern (Einsatzkräfte). Damit konnte eine erste Identifikation von Einsatzszenarien und Anwendungsfällen erfolgen und ein Architekturentwurf des Systems und des Kommunikationsmanagers erstellt werden, welche in dieser Arbeit vorgestellt werden.

Keywords: First Responder, Breitbandkommunikation, TETRA, mobile Assistenzsysteme, echtzeitnahe Lagebild, mobile Einsatzzentrale, Kommunikationsmanager.

1 Einleitung und Motivation

Komplexe Anforderungen an Einsatzkräfte durch sehr unterschiedliche und sich oft dynamisch verändernde Sicherheitslagen, bei gleichzeitiger Anforderung eines effizienten Personaleinsatzes, erfordern einen gezielten Einsatz von neuen Informations- und Kommunikationslösungen [LH08], [PP08]. Die echtzeitnahe Erstellung eines aktuellen Lagebildes, mobile multisensorale Assistenzlösungen sowie eine stabile Sprach- und Datenkommunikation unterstützen das koordinierte Zusammenwirken unterschiedlicher Einheiten bzw. Einsatzkräfte und sind somit wesentliche Faktoren für eine optimierte Einsatzführung und damit für einen gezielten und effizienten Einsatz [Ge10]. Daher sind umfangreiche nationale und internationale Innovationsbestrebungen und Forschungsaktivitäten im Gange, um Einsatzkräfte mit umfangreicher Sensorik und neuen Kommunikationsmöglichkeiten auszustatten (siehe Abschnitt 2).

¹ Lakeside Labs, Lakeside B04, 9020 Klagenfurt, {raffelsberger | umlauf | andreas.kercek}@lakeside-labs.com

² JOANNEUM RESEARCH, Steyrergasse 17, 8010 Graz, {firstname.lastname}@joanneum.at

TETRA ist der derzeit eingesetzte digitale, sichere Funkstandard für Einsatzkräfte in Österreich und in vielen europäischen Staaten. TETRA eignet sich jedoch lediglich für die Übertragung von Sprache und Textnachrichten, bietet jedoch nicht genügend Bandbreite für komplexe multimediale Dienste. Es gibt zwar internationale Aktivitäten die Bandbreite von TETRA zu erhöhen [St11], aber wie in [Fe13] beschrieben, existiert eine Reihe von technischen, organisatorischen sowie wirtschaftlichen Faktoren, die eine rasche Umsetzung erschweren.

Als Kern des hier beschriebenen Projekts 4C4FirstResponder wird daher eine flexible, multimediale Kommunikationslösung angestrebt, die neben TETRA auch Breitband Technologien wie UMTS/LTE und WiFi einbindet. Dies ermöglicht eine Szenarienorientierte und zeitoptimierte Koordination von First Respondern und Einsatzstäben (Polizei, Feuerwehr, Rettung, Hilfsorganisationen, Sicherheitspersonal, etc.). In einem im Rahmen des Projekts durchgeführten User Workshop (siehe Abschnitt 3) wurden Anforderungen der Einsatzkräfte erhoben, wobei die Verwendung von TETRA als zentrales Kriterium zur Sicherstellung der Kommunikationssicherheit identifiziert wurde. Daher wird TETRA als sichere Übertragungstechnik im Projekt berücksichtigt (siehe Abschnitt 4.2).

Mobile Sicherheitskräfte werden als „Human Sensor“ eingebunden, um eine effizientere Interaktion zwischen der Einsatzzentrale und den mobilen Teams zu ermöglichen. Die Ausstattung mit körpergetragenen Sensoren und Videokameras sowie mobilen Displays („handheld“ oder „helmet-mounted“) sind dabei grundlegende Voraussetzungen. Mobile Einsatzteams sind somit Sensoren und Akteure zugleich und ermöglichen so optimierte Datengewinnung und vernetzte Einsatzführung (siehe Abschnitt 4.1). Ein wesentlicher Faktor ist die situationsbezogene, fokussierte Unterstützung der Einsatzkräfte durch mobile Assistenzsysteme und die Vermeidung von „Ablenkung“ durch digitale Systeme.

Wesentliches Verbesserungspotential in Bezug auf existierende Lösungsansätze besteht in folgenden Bereichen:

- Sichere und robuste Übertragung von Multimediatdaten auch unter rauen Umgebungsbedingungen und im Fall, dass manche Übertragungstechniken nicht bzw. nicht permanent zur Verfügung stehen. Sowie eine flexible Anpassung der Kommunikationstechnologie an diese wechselnden Rahmenbedingungen (dynamische Einbindung von Hierarchien, wechselnde QoS-Anforderungen, dynamisch auftauchende / verschwindende Netze/Verbindungen).
- Szenarien-fokussierte, einsatztaugliche Bedienung und User Interfaces sowie Prozesseinbindung von mobilen Unterstützungssystemen. Dabei ist eine optimale gruppen- und rollenorientierte Vernetzung und Datenverteilung erforderlich.
- Die Anforderungen und die Akzeptanz der Kommunikationslösungen und mobilen Unterstützungssysteme sowie die bedarfsträgerechte und rollenorientierte Einbindung der Einsatzorganisationen und der involvierten Gruppen sollen in 4C4FirstResponder umfangreich untersucht werden. Diese empirisch gesicherten

individuellen Wahrnehmungsprofile sollen dann in eine sogenannte „konvergente Lagebildarstellung“ Eingang finden.

2 Verwandte Arbeiten

Forschung im Bereich neuer Kommunikationstechnologien für Notfalleinsätze ist ein breites Feld. Die meisten Ansätze gehen von einem (Total-) Ausfall der bestehenden kommerziellen Kommunikationsinfrastruktur aus und präsentieren Alternativen, vor allem aus den Bereichen mobiles Ad-Hoc Networking (MANET), opportunistische bzw. verzögerungstolerante Netze (DTN) sowie hybride Ansätze [Le11], [MC13], [RH13], [Re15].

Visionen für pan-europäische Systeme, um die Zusammenarbeit verschiedener Einsatzorganisationen in Großschadensszenarien zu verbessern, werden in [Do15], [Gr14], [He14] und [Ku15] beschrieben. Ähnlich zu 4C4FirstResponder wird in [Gr14] eine Integration von mehreren Kommunikationsnetzen vorgeschlagen. Der Fokus dieser Arbeiten liegt allerdings auf Großschadenslagen, während 4C4FirstResponder auf kleinere, öfter wiederkehrende Einsätze abzielt.

ServalMesh [GS13] ist eine DTN-basierte Plattform, die auf Android Smartphones läuft und sich sowohl an Betroffene wie auch an Einsatzkräfte richtet. [Ji11] stellt eine DTN-basierte Middleware Architektur vor, mit dem Ziel existierende Systeme wie TETRA zu ergänzen, um die Einbindung von Freiwilligen mit Android Mobilgeräten zu ermöglichen. [LCL16] beschreibt ein System mit Android Mobilgeräten, das Mobilfunknetze mit Ad-hoc- und opportunistischen Netzen vereint. Im Gegensatz zu 4C4FirstResponder liegt der Fokus bei diesen Ansätzen auf der Kommunikation zwischen Einsatzkräften und Betroffenen (z.B. verschüttete Personen nach Erdbeben) bzw. Betroffenen untereinander.

Ein Kommunikationssystem für Feuerwehren auf Basis von mobilen Geräten und drahtlosen Routern und Erfahrungen aus Übungseinsätzen werden in [Ng15] präsentiert. Das System besteht neben den mobilen Endgeräten aus einem Ad-hoc Netzwerk zur Vernetzung von Fahrzeugen am Einsatzort und ermöglicht die Einbindung einer Einsatzzentrale per UMTS/LTE. Im Gegensatz zu 4C4Responder bleibt jedoch TETRA ungenutzt.

Im EU FP7 Projekt E-SPONDER [Ca03], [Wal14] wurden Körpersensoren für Einsatzkräfte entwickelt und getestet. Die weitere Netzwerkstruktur ist an die typischen Hierarchieebenen angepasst: die Ersthelfer sind untereinander und mit einer mobilen Einsatzzentrale vernetzt und diese wiederum mit der zentralen Einsatzleitung. Im Gegensatz zu 4C4FirstResponder wird im E-SPONDER System sämtliche Sprachkommunikation zwischen den Einsatzkräften über ein Voice-Over-IP System abgewickelt.

Um den Benutzer- und Umgebungskontext im Einsatzfall einzubeziehen und eine optimale Anpassung des Systems zu ermöglichen, wurden verschiedene elektronische Assistenzsysteme vorgestellt [BL12], [Ca12]. Die Einbeziehung von sogenannten Head Mounted Displays [Wi05] oder Smart Glasses als Unterstützung für First Responder in speziellen Szenarien gewinnt stark an Aufmerksamkeit. Beispielsweise wird ein Smart Glasses Prototyp im Projekt “Augmented Reality Tools for Improved Training of First Responders”³ beschrieben, wobei Einsatzkräfte mit Smart Glasses ausgestattet werden, um Videos des Einsatzortes zu übertragen sowie Echtzeitinformationen zu erhalten. Mobile, zum Teil körpergetragene Sensoren sind ein weiteres Mittel um Einsatzkräfte zu unterstützen [Go12], [Ta12]. Die in 4C4FirstResponder zu entwickelnden Assistenzsysteme werden auf diese Erfahrungen aufbauen.

Wie sich gezeigt hat, ist die Zusammenarbeit mit Endanwendern beim Entwurf eines solchen Systems sehr wichtig [Ch12], [Ch13], [Ge10]. Aus dieser Erfahrung heraus ist auch für 4C4FirstResponder eine frühe Einbindung von Einsatzkräften vorgesehen (siehe Abschnitt 3).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei Kommunikations- und Assistenzlösungen in diesem Bereich typischerweise bereits bekannte Protokolle (z.B. TCP/IP, HTTP) und kommerzielle Endgeräte (Laptops, PDAs, Smartphones) zum Einsatz kommen. Weiters werden oftmals bestehende Netze mit Ad-hoc Netzwerken bzw. DTN oder hybriden DTN/MANET Netzwerken erweitert.

3 Der 4C4FirstResponder Ansatz

Aus der Erfahrung anderer Projekte (siehe Abschnitt 2) hat sich gezeigt, dass eine frühe Einbindung der Endanwender (Feuerwehr, Polizei, Rettungskräfte, etc.) wichtig ist, daher wird ein agiler Entwicklungsansatz verfolgt. Es werden den Endanwendern über den gesamten Entwicklungsverlauf Demonstratoren zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe des Nutzerfeedbacks werden sowohl Anforderungen als auch Entwicklungsergebnisse iterativ angepasst. So wird sichergestellt, dass am Ende des Projektes Verfahren und Lösungen entstehen, die für die Zielgruppen einen wesentlichen Mehrwert darstellen.

Um den agilen Prozess in Gang zu bringen, fand zu Beginn des Projektes ein halbtägiger Workshop statt, bei dem die Endanwender die aus ihrer Sicht wichtigsten Anwendungsfälle sowie ihre Anforderungen darlegen konnten. An dem Workshop nahmen sechs Vertreter der Polizei sowie ein Feuerwehrkommandant teil.

Am Beginn des Workshops wurden die Nutzer zu ihren derzeitigen Arbeitsabläufen sowie eingesetzten Technologien befragt. Dabei hat sich herausgestellt, dass TETRA für die Kommunikation sensibler Daten zwingend gefordert wird. Beispielsweise sollen Einsatzbefehle nur über TETRA übertragen werden. Neben der bestehenden

³ <http://srl.mcgill.ca/projects/responder/>

Sprachkommunikation sehen die Einsatzkräfte in vielen Szenarien den Bedarf an der Einbindung weiterer Kommunikationsmodalitäten, wie Multimedia oder Sensordaten. In unklaren Situationen können diese Daten hilfreich sein, da Sprachkommunikation alleine nicht immer ausreicht. Als Beispiel wurde genannt, dass die Einsatzzentrale oftmals über Luftaufnahmen verfügt, diese aber nicht den Einsatzkräften vor Ort zur Verfügung stehen. Diese Bilder würden jedoch helfen die Einsatzziele besser zu beschreiben, wodurch Missverständnisse der reinen Sprachkommunikation ausgeräumt werden könnten. Eine weitere Anforderung in diesem Zusammenhang ist die Geo-Referenzierung dieser Daten, um die Darstellung in einer Karte zu ermöglichen.

Basierend auf diesen Anforderungen, wurde gemeinsam mit den Einsatzkräften über Szenarien diskutiert, bei denen diese Anforderungen bisher oft nur unzureichend erfüllt werden. Dabei wurden mehrere Szenarien genannt: spontane Demonstrationen, „Flashmobs“ oder z.B. Fußballspiele, bei denen sich große Fangruppen zwischen Bahnhof, Stadion und Innenstadt bewegen. Diese Szenarien sind in der räumlichen Ausdehnung schwer planbar, wodurch oftmals ein hohes Informationsdefizit in den unterschiedlichen Einsatzsituationen herrscht. Daten und Informationen für eine gezielte und effiziente Einsatzführung sind meist nicht zeitnah und in der erforderlichen Qualität vorhanden bzw. können nicht zeitgerecht an Personen und Teams verteilt werden, was die Koordination geeigneter Maßnahmen im Falle von kritischen Situationen erschwert. Hier würde eine kamerabasierte Lagebilderstellung hilfreich sein.

Ein weiteres, oft genanntes Problem bei Einsätzen ist die Überlastung mit Information, die zu schlechterer Effizienz führen kann. Dieses Problem taucht bei allen Szenarien und Anwendungsfällen auf und ist auch ein wesentlicher Aspekt, der bei den Entwicklungen im Rahmen des Projektes berücksichtigt werden muss.

4 Systemkonzept

Wie zuvor beschrieben, liegt der Schwerpunkt des Projekts einerseits in der Vernetzung und Demonstration der Einsatzfähigkeit von Kommunikationsmöglichkeiten unter Einbindung von Breitbandkommunikationslösungen sowie dem digitalen BOS⁴ Funkstandard TETRA. Andererseits in der Vernetzung von mobilen Sicherheitskräften, ausgestattet mit körpergetragenen Sensoren, Videokameras und mobilen Displays. Die für Einsatzszenarien notwendige Kommunikationssicherheit wird dabei durch einen Kommunikationsmanager (KomMan) gewährleistet, der in kritischen Bereichen TETRA als sichere Übertragungstechnik nutzt. Abb. 1 gibt einen Überblick der geplanten Module bzw. Systemkomponenten für die „Mobile Einsatzzentrale“ und die „Mobilen Unterstützungssysteme“. Wesentlich dabei ist, dass die „Mobile Einsatzzentrale“, je nach Konfiguration, sowohl in einer mobilen Kommandozentrale (z.B. Führungscontainer) als auch bei Abschnittskommandanten (z.B. Kommandofahrzeug) eingesetzt werden kann.

⁴ BOS - Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben

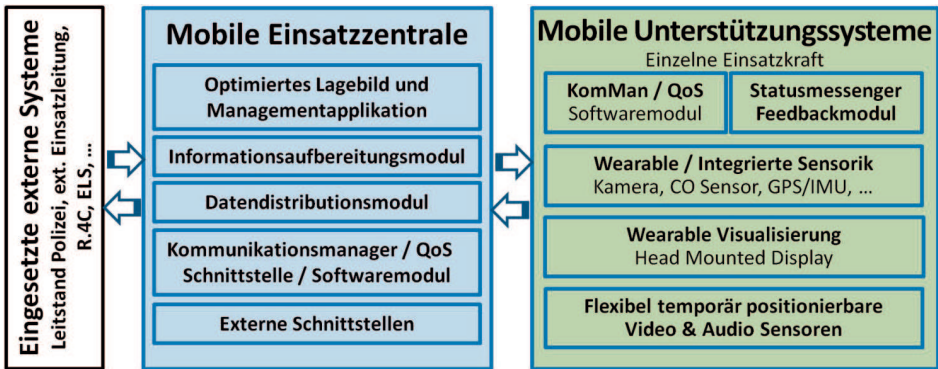


Abb. 1: Schematische Darstellung der 4C4FirstResponder Systemkomponenten.

Nachfolgend werden einige der Kernkomponenten des 4C4FirstResponder-Systems im Detail beschrieben.

4.1 Mobile Assistenzsysteme und Lagebilddarstellung

Um die Kommunikation und Handlungsabläufe für die Einsatzkräfte zu optimieren, ist ein kontextsensitives AR-Assistenz- und Feedbacksystem geplant, welches sich dynamisch an die individuelle Einsatzsituation der Nutzer anpasst und bedarfsorientiert relevante Informationen dem Sehfeld überlagert.

Mobile Sicherheitskräfte werden hierbei als „Human Sensor“ eingebunden und haben auch die Möglichkeit, auf Sensorinformationen zuzugreifen. Mobile Einsatzteams sind somit Sensoren und Akteure zugleich und ermöglichen eine optimierte Datengewinnung und vernetzte Einsatzführung. Die Evaluierung von geeigneter Hardware auf Basis der definierten Nutzeranforderungen sowie Usability-Tests von „Head mounted“ Display Lösungen in spezifischen Einsatzszenarien sind dabei wichtige Projektziele.

Das geplante Feedbacksystem umfasst, neben der Erfassung von Vital- und Umgebungsdaten der Einsatzkräfte, auch die Echtzeitübertragung von videogestützten Lageberichten an die übergeordnete Kommunikationseinheit oder direkt zu weiteren Einsatzkräften. Ergänzt wird das Feedbacksystem durch ein kontextsensitives Assistenzsystem mit minimaler Nutzerinteraktion, welches relevante Informationen direkt im Sehfeld der Einsatzkräfte einblendet. Speziell in stressreichen Situationen, in denen die Aufnahme- und Handlungsfähigkeit beschränkt sind [CN08], kann eine solche Assistenz ein effektives und intuitives Feedback- und Informationssystem darstellen. Um die dynamische Darstellung der richtigen Information im Sehfeld zu ermöglichen, ist das automatische Erkennen des Kontexts der jeweiligen Einsatzkraft und ihrer situationsbezogenen Bedürfnisse eine große Herausforderung, welche im Projekt behandelt wird. Basis der Kontexterkenkung stellen die Daten der am Körper getragenen Sensorik dar. Hierbei wird eine Reihe von Bio- und Kontextsignalen (Atemfrequenz, Puls, Hautwiderstand, Position und Geschwindigkeit) mittels Messgurt und Armband in

Echtzeit erfasst und verarbeitet. Beispiele für Hardware, die diese Aufgaben durchführen kann, sind etwa der Brustgurt Bioharness-3 von Zephyr⁵ und das Armband Empatica E4⁶. Herausfordernd dabei sind die Echtzeitverarbeitung einer Vielzahl komplexer Sensorinputs und deren Wechselwirkung untereinander. Diese Aspekte werden im Zuge des Projekts mit Modellen und Algorithmen, die mit einer dynamischen Umgebung umgehen können, angesprochen.

Multisensorale Daten (Bilder, Videos, Text, akustische Informationen) sowie situationsbezogene Informationen der mobilen Einsatzkräfte (Position, Status, Situation, etc.) ergeben auf Basis von kartographischen Referenzdaten ein umfassendes Lagebild. Die Funktionalität des Kommunikationsmanagers (siehe Abschnitt 4.2) gewährleistet die echtzeitnahe Zusammenführung von unterschiedlichen Informationsquellen und damit eine neue Qualität eines aktuellen Lagebildes zur Unterstützung von zeitkritischen Entscheidungsprozessen. Die Entwicklung einer mobilen, intelligenten Einsatzzentrale, welche z.B. in einem Führungscontainer oder Kommandofahrzeug zum Einsatz kommt, ermöglicht den Nutzern einen rollenorientierten Zugang zur aktuellen Lageinformation. Die mobile Einsatzzentrale inkludiert ein Lagebild- und Managementmodul, dient der Erfassung, aktuellen Visualisierung und Verteilung der Lageinformation und Situationsdaten. In Abstimmung mit dem nachfolgend beschriebenen Kommunikationsmanager werden zur Verfügung stehende Bandbreiten und Kommunikationstechnologien berücksichtigt und Daten entsprechend aufbereitet, um einen optimierten Informationsaustausch zu realisieren.

4.2 Kommunikationsmanager

Eine wichtige Komponente der 4C4FirstResponder Systemarchitektur ist der Kommunikationsmanager. Dieser wählt anhand der aktuellen Eigenschaften der verfügbaren Kommunikationskanäle, QoS-Anforderungen der Applikationen und Charakteristika der zu übertragenden Daten, die passenden Kommunikationsnetze aus. Der Kommunikationsmanager agiert dabei als Vermittler zwischen den Anforderungen der Applikationen einerseits und den verfügbaren Kommunikationsnetzen andererseits. Bei der Auswahl von geeigneten Kommunikationskanälen arbeiten verschiedene Instanzen des Kommunikationsmanagers, die auf den verschiedenen Hierarchieebenen eingesetzt werden, zusammen und treffen Entscheidungen in einer dezentralen und selbstorganisierenden Weise. Abb. 2 zeigt die Einbindung des Kommunikationsmanagers in die Hierarchieebenen des 4C4FirstResponder Gesamtsystems.

⁵ <https://www.zephyranywhere.com/products/bioharness-3>

⁶ <https://www.empatica.com/e4-wristband>

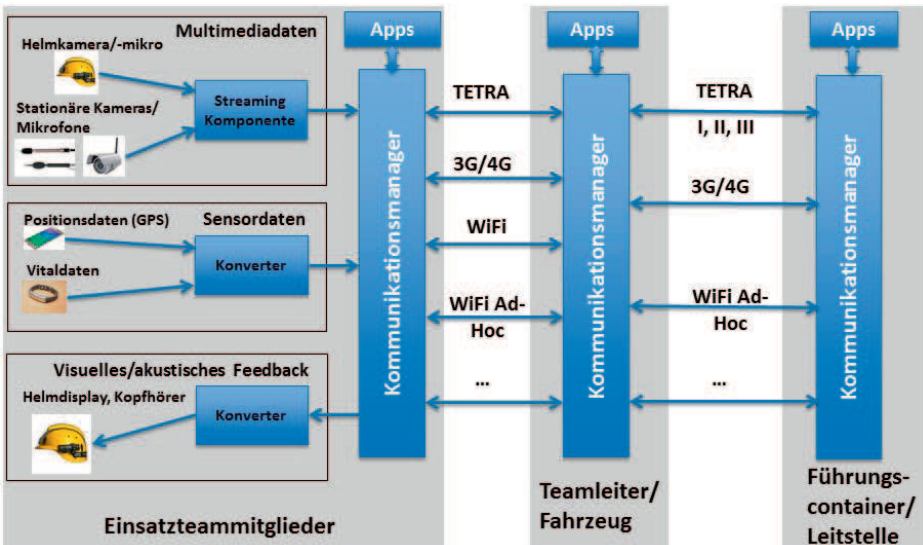


Abb. 2: Einbettung des Kommunikationsmanagers in die verschiedenen Hierarchieebenen.

Der Kommunikationsmanager wird als Software-Lösung realisiert, die auf verfügbarer Standard-Hardware eingesetzt werden kann (z.B. auf Android Smartphones, oder Linux-basierten Routern) und dabei soweit wie möglich auf bestehende Netzwerkprotokolle zurückgreift.

Die Architektur des Kommunikationsmanagers ist in Abb. 3 dargestellt. Der „Netzwerk Monitor“ sammelt laufend Informationen über die Netzwerkschnittstellen. Diese Informationen werden einerseits vom „Scheduler-Modul“ des lokalen Kommunikationsmanagers bei der Auswahl der Schnittstellen verwendet. Andererseits werden diese auch im Netzwerk verteilt (Discovery-Modul), damit eine Koordination der Kommunikationsaufgaben ermöglicht wird. Außerdem werden die Statusinformationen den Applikationen bereitgestellt, damit diese darstellen können, welche Art der Datenübertragung verfügbar ist (z.B. nur Text, falls nur eine TETRA Verbindung verfügbar ist). Der Kommunikationsmanager unterstützt auch eine Priorisierung von Kommunikationsaufgaben. Dies ist insbesondere in Situationen notwendig, in denen die Netzwerkressourcen nicht ausreichen, um alle Kommunikationsanforderungen zu erfüllen. Die Priorität der Daten wird dabei anhand von Applikations- bzw. Benutzervorgaben festgelegt.

Wie zuvor beschrieben, wird der Kommunikationsmanager auf mehreren Hierarchieebenen eingesetzt. Um aktuell verfügbare Kommunikationspartner zu finden, besitzt der Kommunikationsmanager ein Discovery-Modul, welches andere Instanzen des Kommunikationsmanagers in den verfügbaren Kommunikationsnetzen findet. Darüber hinaus hat das Discovery-Modul die Aufgabe, Informationen wie z.B. Netzwerkadressen der Kommunikationspartner zu sammeln und im Netzwerk zu verteilen.

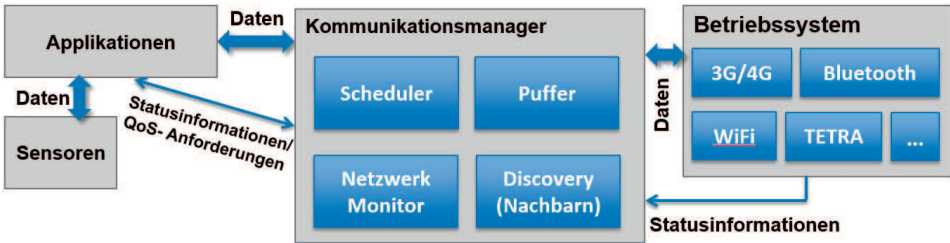


Abb. 3: Architektur des Kommunikationsmanagers.

Aufgrund der lokal gesammelten Statusinformationen und empfangenen Informationen von anderen Kommunikationsmanagern, werden die von den Applikationen übergebenen Daten versendet. Da die vorhandenen Netzwerkressourcen nicht immer ausreichen um Daten sofort zu senden, werden Daten in einem Puffer zwischengespeichert. Die Auswahl welche Daten wann gesendet werden, wird vom Scheduler-Modul getroffen. Dabei werden die QoS-Anforderungen und vorgegebenen Prioritäten berücksichtigt.

Die Unterstützung von mehreren Kommunikationsschnittstellen ist eine wesentliche Aufgabe des Kommunikationsmanagers. Dadurch kann die Bandbreite mehrerer Schnittstellen aggregiert und der Ausfall einzelner Schnittstellen kompensiert werden, oder eine optimierte Wahl der Schnittstelle erfolgen (z.B. „WiFi Offloading“ um Daten nicht über evt. teure Mobilfunknetze zu übertragen). Trotz dieser Möglichkeiten und der Verbreitung von mobilen Geräten, die über mehrere Schnittstellen verfügen, wird die Multischnittstellen-Kommunikation (auch Multipfad-Kommunikation) von den meisten Standard Netzwerk- und Transportprotokollen und Applikationen nicht unterstützt. Daher wurden in den letzten Jahren verschiedene Ansätze vorgestellt, die eine bessere Nutzung mehrerer vorhandener Schnittstellen ermöglichen [Ha15]. Die vorgeschlagenen Lösungen arbeiten auf verschiedenen Schichten des OSI-Schichtenmodells, wobei die meisten Ansätze in der Transport- oder Applikationsschicht implementiert sind. Bei der Entwicklung des Kommunikationsmanagers kann daher auf bestehende Arbeiten auf dem Gebiet der Multi-Schnittstellenkommunikation und Datencharakterisierung zurückgegriffen werden.

Ein prominenter Ansatz ist Multipath TCP (MP-TCP) [Ra12], bei dem eine TCP-Verbindung auf mehrere Pfade (bzw. mehrere Schnittstellen) aufgeteilt werden kann. Der Vorteil von MP-TCP ist, dass keine Änderungen auf Applikationsebene notwendig sind. MP-TCP setzt allerdings eine Änderung des Betriebssystems auf Sender- und Empfängerseite voraus. Ein weiterer Nachteil ist die Middlebox-Problematik [Ra12], bei der Knoten entlang eines Pfades zwischen Sender und Empfänger MP-TCP Segmente verändern oder blockieren können. Andere Ansätze [Ki14], [Ta15] basieren auf HTTP und sind somit in der Applikationsschicht implementiert. HTTP bietet durch die Verwendung des „Range“-Headers die Möglichkeit, bestimmte Teile einer Ressource auszuwählen. Durch Verteilen der HTTP Anfragen auf unterschiedliche Schnittstellen, kann die Bandbreite dieser Schnittstellen aggregiert oder zwischen verschiedenen

Schnittstellen gewechselt werden, um z.B. Ausfälle zu kompensieren. Der Vorteil von HTTP liegt vor allem in der weiten Verbreitung und Unterstützung des Protokolls. So verwenden bereits viele Applikationen HTTP zur Datenübertragung und können somit einfach um Multipfad-Kommunikation erweitert werden [Ki14]. Im Bereich von mobilen Netzen, haben Deng et al. [De14] ein Transportmodul vorgestellt, das versucht eine optimale Kommunikationsstrategie zu finden. Die Strategie wird dabei auf Basis einer Vorhersage von Netzwerkcharakteristika (z.B. Signalstärke, durchschnittlicher Datendurchsatz) und Zielvorgaben der Applikation, wie „minimiere Verzögerung“ oder „maximiere Bandbreite“, gewählt. Bei einem ähnlichen Ansatz [Hi10] können Applikationen die Art der Datennutzung festlegen (z.B. Hintergrundverkehr, der höhere Latenzzeiten erlaubt, oder Interaktive Nutzung), damit die für diese Nutzungsart beste Kombination von Netzwerkanälen gewählt wird.

Bei Gesprächen mit Vertretern verschiedener Einsatzorganisationen (siehe Abschnitt 3) hat sich gezeigt, dass die Anforderung besteht, gewisse Vorgaben zur Datenübertragung (z.B. Priorität der Daten, Sicherheitsanforderungen) machen zu können. Aus diesem Grund sind Multipfad-Ansätze, die aus Sicht der Applikation transparent arbeiten nicht geeignet. Eine wichtige Aufgabe besteht daher in einer Untersuchung inwieweit sich bestehende Multipfad-Ansätze auf Einsatzszenarien umlegen lassen.

Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass seitens der Einsatzkräfte die Akzeptanz für die Verwendung von kommerziellen Netzen zur Übermittlung von missionskritischen Informationen fehlt. Außerdem ist die Nutzung von TETRA Sprechfunk ein wesentlicher Bestandteil heutiger Einsatzprozedere. Im Gegensatz zu anderen Architekturen für moderne Einsatzmanagementsysteme (siehe Abschnitt 2), wird TETRA daher bei der 4C4FirstResponder Architektur berücksichtigt. Die Integration von TETRA und kommerziellen Breitbandnetzen kann auf mehrere Arten erfolgen: *Integrated TETRA Gateway*, *On-Site TETRA Gateway* und *Off-Site TETRA Gateway*.

Beim integrierten TETRA Gateway werden Geräte eingesetzt, die über alle notwendigen Kommunikationsschnittstellen verfügen. Der Nachteil dieser Lösung ist, dass bestehende Geräte ausgetauscht werden müssen, was wenig praktikabel ist. Alternativ könnte das Peripheral Equipment Interface (PEI) verwendet werden, das es anderen Geräten ermöglicht, ein TETRA Gerät als Gateway zu verwenden. Der Nachteil hierbei wäre allerdings, dass die Einsatzkraft ein zusätzliches Gerät tragen müsste, was von den Nutzern im Workshop kritisch gesehen wurde. Das TETRA Gateway könnte auch vor Ort, z.B. in einem Fahrzeug, eingesetzt werden. Die Kommunikation zwischen Einsatzkraft und TETRA Gateway erfolgt dabei über ein lokales Netzwerk, wie z.B. WiFi. Alternativ könnte das TETRA Gateway auch an einem externen Standort (z.B. der Einsatzzentrale) eingesetzt werden. Hierbei ist man allerdings von einer bestehenden Kommunikationsinfrastruktur wie z.B. LTE abhängig, damit eine Einsatzkraft das TETRA Gateway erreichen kann. Da durch diese Abhängigkeit die Robustheit der Kommunikation negativ beeinflusst wird, liegt der Fokus im Projekt auf den ersten beiden Lösungsansätzen (Integrated bzw. On-Site TETRA Gateway).

5 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde das 4C4FirstResponder Projekt vorgestellt. Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer flexiblen Kommunikationslösung, die eine innovative Lagebilderstellung und optimierte Einsatzführung ermöglicht. Dabei werden Nutzer auf allen Ebenen, vom Einsatzteammitglied bis zur Einsatzführung, in einer Einsatzleitzentrale eingebunden. Mobile Sicherheitskräfte werden mit körpergetragenen Sensoren und Videokameras, sowie mobilen Displays ausgestattet und somit als „Human Sensor“ eingebunden. Auf Basis der Ergebnisse des Workshops mit verschiedenen Bedarfsträgern wurde ein Architekturentwurf vorgestellt. Basierend auf dieser Architektur wird gerade ein erster Prototyp erstellt, der in realen Tests mit Einsatzkräften getestet werden soll. Der Fokus liegt auf der Demonstration der Einbindung mehrerer Netzwerke zur Kommunikation zwischen der Einsatzzentrale und einem Abschnittskommandanten, der mit einem einsatztauglichen Tablet ausgestattet ist. Dabei soll die Übermittlung von Multimediainformationen im Rahmen eines typischen Einsatzprozederes getestet werden, um Feedback zu Nutzerschnittstellen zu erhalten und weitere Anforderungen zu erheben.

In weiterer Folge wird ein kamerabasiertes System zur Verbesserung des lokalen Lagebildes entwickelt. Das System besteht aus einem mobilen Rechner, der an einer Teleskopstange montiert wird. Dadurch ermöglicht das System die Aufnahme von Bildern und Videos aus einer erhöhten Position. Zusätzlich enthält das System Geo- und Lagesensoren, damit sowohl der Standort als auch die Blickrichtung der Aufnahme ermittelt werden können. Dadurch ist es möglich die Aufnahmen innerhalb einer Karte zu verorten. Die Aufnahmen werden dann vom Kommunikationsmodul (siehe Abschnitt 4.2) weiter versendet.

Um Informationsüberflutung zu vermeiden, sollen die gesammelten Daten rollenbasiert gefiltert werden. Nutzer haben hierbei auch die Möglichkeit in den Filterprozess einzugreifen. Eine Herausforderung, die in diesem Zusammenhang gelöst werden muss, ist Interaktionsmöglichkeiten zu finden, die einerseits die Einsatzkräfte nicht überfordern, es ihnen aber andererseits ermöglichen, bestimmte Informationen als besonders wichtig hervorzuheben.

Das Projekt wird voraussichtlich bis Ende 2017 laufen.

Danksagung: Dieses Projekt wird finanziert im Sicherheitsforschungs-Förderprogramm KIRAS vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit). Die Autoren danken den Projektpartnern Eurofunk Kappacher, Dräger Austria, IFR, FFW Gumpoldskirchen, Karl-Franzens-Universität Graz (Institut für Soziologie) und dem Bundesministerium für Inneres (Sektion I).

Literaturverzeichnis

- [BL12] Bauer, G.; Lukowicz, P.: Can smartphones detect stress-related changes in the behaviour of individuals? In: Proc PERCOM Workshops, 2012.
- [Ca03] Casoni M. et al.: An Ad-hoc Emergency Network for Crisis Events. In: Proc. Future Network and Mobile Summit, 2013.
- [Ca12] Campbell, A.: From Smart to Cognitive Phones. In: IEEE Pervasive Computing, Vol. 11(3), 2012.
- [Ch12] Chipara O. et al.: WIISARD: A Measurement Study of Network Properties and Protocol Reliability during an Emergency Response. In Proc. MobiSys, 2012.
- [Ch13] Chenji, H., et al: DistressNet: A Disaster Response System Providing Constant Availability Cloud-like Services. In: Elsevier AdHoc Networks, Vol. 11(8), 2013.
- [CN08] Chittaro, L.; Nadalutti, D.: Presenting Evacuation Instructions on Mobile Devices by Means of Location-Aware 3D Virtual Environments. In: Proc. Mobile HCI, 2008.
- [De14] Deng, S.; et al: All Your Network Are Belong to Us: A Transport Framework for Mobile Network Selection. In: Proc. ACM HotMobile, 2014.
- [Do15] Dorfinger P. et al.: A Flexible Self-Aligning Communication Solution for Multinational Large Scale Disaster Operations. In Proc. IARIA ICN, 2015.
- [Fe13] Ferrus R. et al.: Public Safety Mobile Broadband: A Techno-Economic Perspective. In: IEEE Vehicular Technology Magazine, Vol. 8(2), 2013.
- [Ge10] George S.M. et al.: DistressNet: A Wireless Ad Hoc and Sensor Network Architecture for Situation Management in Disaster Response. In: IEEE Communications Magazine, Vol. 48(3), 2010.
- [Go12] Gomes, P. et al.: Vital Analysis: Annotating sensed physiological signals with the stress levels of first responders. In: Proc. IEEE EMBC, 2012.
- [Gr14] Grazia, C.A. et al.: Integration between Terrestrial and Satellite Networks: the PPDR-TC Vision. In Proc. IEEE WiMob Workshop EN4PPDR, 2014.
- [GS13] Gardner-Stephen, P. et al.: The serval mesh: A platform for resilient communications in disaster & crisis. In: Proc. IEEE GHTC, 2013.
- [Ha15] Habak, K. et al.: Bandwidth Aggregation Techniques in Heterogeneous Multi-Homed Devices: A Survey. In: arXiv:1309.0542v3, 2015.
- [He14] Hellwagner H.: The BRIDGE Project - Bridging Resources and Agencies in Large-Scale Emergency Management. In: IEEE STCSN E-Letter, Vol. 2(1), 2014.
- [Hi10] Higgins, B.D. et al.: Intentional Networking: Opportunistic Exploitation of Mobile Network Diversity. In: Proc. MobiCom, 2010.
- [Ji11] Jiang, P. et al.: Publish/Subscribe Delay-Tolerant Message-Oriented Middleware for Resilient Communication. In: IEEE Communications Magazine, Vol. 49(9), 2011.
- [Ki14] Kim, J. et al.: Multi-source Multipath HTTP (mHTTP): A Proposal. In Proc. Sigmetrics, 2014.

- [Ku15] Kuhnert M. et al.: Next Generation, Secure Cloud-based Pan-European Information System for Enhanced Disaster Awareness. In: Proc. ISCRAM, 2015.
- [LH08] Lachner J.; Hellwagner H.: Information and Communication Systems for Mobile Emergency Response. In: Springer LNBIP, Vol 5, 2008.
- [LCL16] Lu, Z.; Cao, G.; La Porta, T.: Networking Smartphones for Disaster Recovery. In: Proc. PerCom, 2016.
- [Le11] Legendre, F. et al: 30 years of wireless Ad Hoc networking research: What about humanitarian and disaster relief solutions? What are we still missing? In: Proc. ACWR, 2011.
- [MC13] Martín-Campillo, A. et al.: Evaluating opportunistic networks in disaster scenarios. In: Journal of Network and Computer Applications, Vol. 36(2), 2013.
- [Ng15] Nguyen T.A.B. et al.: Hybrid Communication Architecture for Emergency Response - An Implementation in Firefighter's Use Case. In: Proc. PerCom Workshops, 2015.
- [PP08] Portmann M.; Pirezada A.A.: Wireless Mesh Networks for Public Safety and Crisis Management Applications. In: IEEE Internet Computing, Vol. 12(1), 2008.
- [Ra12] Raiciu, C. et al.: How hard can it be? Designing and implementing a deployable multipath TCP. In: Proc. USENIX NSDI, 2012.
- [Re15] Reina, D.G., et al: A Survey on Multihop Ad Hoc Networks for Disaster Response Scenarios. Intl. Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 2015, 2015.
- [RH13] Raffelsberger, C.; Hellwagner, H.: Overview of Hybrid MANET-DTN Networking and its Potential for Emergency Response Operations. In: ECEASST, Vol. 56, 2013.
- [St11] Stepler, M., et al.: Evolution of TETRA. White Paper, P3 communications GmbH, 2011. URL: <http://www.tetra-applications.com/26973/whitepapers/Evolution%20of%20TETRA.pdf>, letzter Zugriff: 22.06.2016
- [Ta12] Talavera, G. et al.: Protecting Firefighters with Wearable Devices. In: Proc. UCAM, 2012.
- [Ta15] Tang, Z., et al.: An Application Layer Protocol for Energy-Efficient Bandwidth Aggregation with Guaranteed Quality-of-Experience. In: IEEE Trans. On Parallel and Distributed Systems, Vol. 26(6), 2015.
- [Wi05] Wilson, J. et al.: Design of Monocular Head-Mounted Displays for Increased Indoor Firefighting Safety and Efficiency. In: Proc. SPIE, Vol 5800, 2005.