

# Mobile Ad-Hoc Funknetze für die Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation

Christian Cseh, Reinhold Eberhardt, Walter Franz

DaimlerChrysler AG  
Forschung Information und Kommunikation,  
Kommunikationssysteme RIC/TC  
Postfach 2360  
89081 Ulm

{Christian.Cseh | Reinhold.Eberhardt | Walter.Franz}@DaimlerChrysler.com

**Abstract:** Das Forschungsprojekt *FleetNet – Internet on the Road* zielt auf den Einsatz von mobilen Ad-hoc-Netzen für die Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation. Anwendungsgebiete sind sicherheitsrelevante Fahrerassistenzsysteme, dezentrale Floating-Car-Data-Anwendungen, sowie Kommunikations- und Internetdienste. Die Auswahl einer Funkhardware, die Entwicklung von geeigneten Kommunikationsprotokollen sowie die prototypische Demonstration der entwickelten Lösungen sind die Hauptziele.

Wesentlich zu lösende Problemstellungen umfassen die Entwicklung von positionsbasierten Routingalgorithmen, das Kanalzugriffsproblem, die Bestimmung und Anpassung einer geeigneten Funkhardware und die Kommunikation ins Internet über stationäre FleetNet-Stationen.

## 1. Einleitung

Mobilität, d.h. Ortswechsel und insbesondere schneller Ortswechsel in Kraftfahrzeugen führt zu der Notwendigkeit, Daten aus der unmittelbaren Fahrzeugumgebung kontinuierlich aufzunehmen und zu verarbeiten. Heute geschieht dies im wesentlichen durch die visuelle Wahrnehmung. Ist diese durch besondere Umstände nicht möglich (z.B. Stau hinter einer Kurve), so entsteht ein Gefahrenpotential. Neben diesem Informationsbedarf, welcher das Lenken eines Fahrzeuges und somit insbesondere den Fahrer betrifft, besteht bei den Passagieren häufig der Wunsch nach Informationen über den Ort an dem man sich vorbei bewegt. Auch hier verlassen wir uns heute auf unsere visuelle Wahrnehmung.

Im Forschungsprojekt *FleetNet-Internet on the Road* werden Lösungen erarbeitet, um Daten direkt zwischen Fahrzeugen auszutauschen mit dem Ziel, die visuelle Wahrnehmung durch die Übermittlung von elektronischen Daten, zu ergänzen und zwar genau um Daten aus dem unmittelbaren Fahrzeugumfeld. Die zwischen den Fahrzeugen ausgetauschten Daten werden dort übertragen, wo sie generiert, konsumiert und benötigt werden (Lokalitäts-Prinzip). Hierzu wird der Ansatz eines Ad-hoc-Funknetzes zur Inter-Fahrzeug-Kommunikation verfolgt. Dieser Beitrag beschreibt die Schwerpunkte, Ziele und erste Ergebnisse von FleetNet.

Das Projekt „FleetNet – Internet on the Road“ befaßt sich mit der Entwicklung einer Kommunikationsplattform zum Austausch von Daten zwischen Fahrzeugen oder zwischen Fahrzeugen und stationären FleetNet-Systemen. FleetNet wurde von einem Konsortium aus folgenden Partnern initiiert: DaimlerChrysler AG, FhI FOKUS, NEC Europe Ltd., Robert Bosch GmbH, Siemens AG und TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH. Weiterhin sind in das Projekt die Universitäten Hannover, Karlsruhe, Mannheim und die TU Hamburg-Harburg eingebunden. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. FleetNet läuft von September 2000 und bis Dezember 2003 [FEL01]. Das Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung und Standardisierung einer Kommunikationsplattform für ein Inter-Fahrzeug Ad-hoc-Funknetz [FN02].

## **2. Andere ergänzende Arbeiten**

Auf der Europäischen Ebene wurde Mitte des Jahres 2000 das Projekt CarTALK2000 initiiert, welches auf die Verbesserung der Fahrsicherheit und des Komforts basierend auf Inter-Fahrzeug-Kommunikation abzielt. In CarTALK2000 kooperieren: DaimlerChrysler AG (D), Centro Ricerche FIAT (I), SIEMENS (I), Robert Bosch GmbH (D), Netherlands Organization for Applied Scientific Research (NL), Universität Köln (D) und die Universität Stuttgart (D). Das Projekt wird durch die Europäische Kommission im Rahmen des Programms Information Society Technologies (IST) gefördert. CarTalk2000 startete im August 2001 und hat eine Laufzeit von 3 Jahren. Der Fokus des Projekts CarTALK2000 liegt bei der Erforschung von sicherheitssteigernden Anwendungen, die durch Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation ermöglicht werden. CarTALK2000 wird die Kommunikationsplattform von Fleetnet nutzen.

## **3. Ziele und Herausforderungen**

Die Ziele von FleetNet sind die Entwicklung eines Systems zur Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation, die Implementierung eines Demonstrators mit entsprechenden Anwendungen, die Entwicklung von Markteinführungsstrategien, sowie das Einbringen der Ergebnisse in die Standardisierung.

Ein offenes System und idealer Weise internationale Standards für die Inter-Fahrzeug-Kommunikation sind anzustreben, da zahlreiche Anwendungen einen hohen Ausstattungsgrad unabhängig von Hersteller und Modell benötigen. Eine Anwendung, bei der dieser Zwang zur Standardisierung besonders deutlich zu Tage tritt, ist, wenn ein Fahrzeug vor einem zweiten auf der Autobahn plötzlich stark bremst. In diesem Fall muss das folgende Fahrzeug die übermittelten Bremsdaten interpretieren können, unabhängig von Marke und Hersteller des bremsenden Fahrzeuges.

In Abbildung 1 wird das Kommunikationsszenario von FleetNet dargestellt. Neben der direkten Kommunikation zwischen zwei Fahrzeugen ist es notwendig, Datenpakete über mehrere Fahrzeuge hinweg zu übermitteln, da nicht sichergestellt werden kann, dass alle an der Kommunikation beteiligten Fahrzeuge sich in direkter Funkreichweite befinden. Dies erfordert ein besonders effizientes Routingprotokoll, welches die sich schnell ändernde Netztopologie erfassen und mögliche Übertragungspfade auch über mehrere Fahrzeuge hinweg auffinden kann.

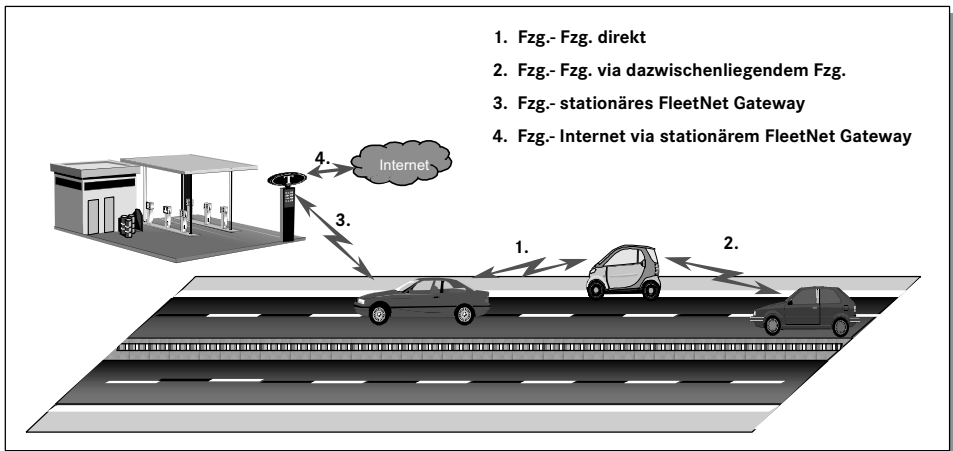


Abbildung 1: FleetNet Kommunikationsszenario

Innerhalb von FleetNet wird weiterhin die Übertragung zwischen vorbeifahrenden Fahrzeugen und stationären FleetNet-Stationen realisiert (Punkt 3 in Abbildung 1). Die verwendeten Kommunikationsprotokolle müssen in der Lage sein, das kurze Zeitfenster für die Übertragung möglichst effizient zu nutzen. Die Kommunikation zu den stationären FleetNet-Systemen wird konzeptionell noch erweitert, indem die stationären Funkknoten auch einen Zugang zum Internet realisieren können. Dieser erlaubt die Kommunikation mit dem Internet nur während eines kurzen Zeitfensters. Danach ist die Verbindung unterbrochen und wird ggf. beim nächsten Gateway weitergeführt. Im FleetNet-Projekt wird diese Kommunikation als Internet-Integration bezeichnet und entsprechende Mechanismen werden entworfen.

## 4. Applikationen und Dienste

Die Applikationen und Dienste, welche das FleetNet-Kommunikationssystem unterstützen wird, werden in folgende drei Kategorien unterteilt: *i)* Kooperative Fahrerassistenzsysteme, *ii)* dezentrale Floating Car Data Anwendungen, *iii)* Kommunikations- und Informationsdienste. Die verschiedenen Anwendungen stellen unterschiedliche Anforderungen an das Kommunikationssystem im Hinblick auf Bandbreite, Verzögerung, Reichweite, Zuverlässigkeit und Positionsgenauigkeit. Im folgenden werden die Kategorien kurz beschrieben.

### 4.1 Kooperative Fahrerassistenzsysteme

Kooperative Fahrerassistenzsysteme unterstützen den Fahrer, indem sie Sensordaten zwischen Fahrzeugen übermitteln, um z.B. Fahrdaten wie Brems- oder ESP-Daten oder Informationen über den Fahrbahnzustand anderen Fahrzeugen bereit zu stellen. Zum Beispiel kann im Falle eines Unfalls oder einer Notbremsung eine Warnmeldung an nachfolgende Fahrzeuge gesandt werden. Eine solche Meldung kann sogar mit Hilfe des Gegenverkehrs entgegen der ursprünglichen Fahrtrichtung transportiert werden, um sich dem Störfall nähernde Fahrzeuge frühzeitig zu warnen [BH00]. Innerhalb des CarTalk2000 Projektes, dessen Schwerpunkt auf der Erforschung von Anwendungen aus dieser Kategorie liegt, wurden für diese Anwendungsklasse drei weitere Untergruppen identifiziert, nämlich: *a)* Informations- und Warnfunktionen, wie z.B. der Gefahrenwarner, *b)* kommunikationsbasierte Abstandskontrolle, z.B. intelligenter Tempomat, *c)* kooperative Fahrerassistenzsysteme, z.B. Spurwechsel- oder Kreuzungsassistent.

Die Anwendungen dieser Kategorie demonstrieren auf anschauliche Weise die lokale Relevanz der ausgetauschten Daten. Zur Realisierung werden Positionsinformationen der Fahrzeuge, eine ortsbezogene Adressierung von Fahrzeugen, eine geringe Übertragungsverzögerung und ein zuverlässiger Datenaustausch benötigt. Die benötigte Bandbreite zur Realisierung dieser Anwendungen ist im allgemeinen gering.

### 4.2 Dezentrale Floating-Car-Data-Applikationen

Bestehende Floating-Car-Data (FCD)- Dienste basieren auf einer Dienstzentrale, welche die Daten von unterschiedlichen Fahrzeugen sammelt und die daraus gewonnenen Erkenntnisse über den Verkehrszustand via Broadcast an alle Teilnehmer zurücksendet. So kann z.B. aus mehreren Nachrichten über „stehende Fahrzeuge“ auf einem Streckenabschnitt auf einen Stau geschlossen und eine entsprechende Staumeldung an die angeschlossenen Teilnehmer des FCD Dienstes geschickt werden [Fr01].

Ein solcher Dienst lässt sich auch ohne eine zentrale Dienstzentrale durch Einsatz eines dezentralen Inter-Fahrzeug-Kommunikationssystem realisieren, welches die vorhandenen Ortsinformationen zur Verbreitung der Verkehrsdaten nutzt. Damit kann der Einsatz von Servicezentralen und eine teure Kommunikation über zellulare Mobilfunknetze vermieden werden. Daten, die für eine bestimmte Strecke relevant sind, können auf einfache Weise entgegen der Richtung des Verkehrsflusses gesendet werden. Auf diese Weise erhalten nachfolgende Fahrzeuge Verkehrsinformationen über vorausliegende Streckenabschnitte. Falls das Fahrzeug mit einer digitalen Karte ausgestattet ist und somit die Fahrtroute bekannt ist, kann eine Anfrage entlang der geplanten Strecke verschickt werden, um Daten über den Verkehrsfluß, das Wetter oder alternative Routen zu erhalten. Die Anforderungen an das Inter-Fahrzeug-Kommunikationssystem sind mittlere Bandbreite, geringe Positionsgenauigkeit, geringe Zuverlässigkeit der Datenübertragung und niedrigere Priorität. Da die Datenübertragungen dieser Anwendungen regelmäßig erfolgen, kann für zukünftige Übertragungen eine Reservierung für den Kanalzugriff erfolgen.

### **4.3 Kommunikations- und Informationsdienste**

Innerhalb des FleetNet-Projekts werden zusätzlich zu den Assistenz- und dezentralen FCD-Anwendungen auch Kommunikations- und Informationsdienste betrachtet. So können zum Beispiel Passagiere im Fond mit Passagieren anderer Fahrzeuge chatten oder online spielen. Weitere Anwendungen umfassen die Übertragung von geschäftlichen Daten aus Nutzfahrzeugen oder gewerblich genutzten Fahrzeugen. Im Gegensatz zur statischen Darstellung von Firmeninformationen, z.B. dem Aufdruck von Namen und Telefonnummern auf Nutzfahrzeugen, können in Zukunft dynamische Informationen an interessierte Insassen in anderen Fahrzeugen verschickt werden. Durch das Konzept der stationären FleetNet-Gateways am Straßenrand, bietet FleetNet die Möglichkeit des Marketings entlang der Straße. Firmen können stationäre FleetNet Gateways installieren um Marketinginformationen an potentielle Kunden zu senden, die mit Ihren Fahrzeugen das Gateway passieren. Einkaufszentren oder Schnellrestaurants können ihre Kunden bei der Einfahrt auf das Gelände über ihre aktuellen Angebote informieren oder sogar direkt Bestellungen aufnehmen [Ro01]. Durch den Zugang zum Internet können Passagiere Marketinginformationen erhalten, während sie über das Gateway online sind.

Diese Dienste werden über die Standard-Internetprotokolle abgewickelt, so dass ein Best-Effort Dienst zur Verfügung steht, wie er aus dem Internet bekannt ist. Der Bandbreitenbedarf für diese Anwendungen ist hoch und die Kommunikationsreichweite hängt von der Position des Kommunikationspartners ab. Daher ist eine Anpassung der Sendereichweite notwendig, um einen optimalen Datendurchsatz auch bei unterschiedlicher Fahrzeugdichte zu erzielen.

## 5. Technische Herausforderungen

In den vorhergehenden Abschnitten wurden mögliche Anwendungsgebiete eines mobilen Ad-hoc-Funknetzes für die Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation vorgestellt.

Bis vor kurzem konnte das Vorhandensein einiger entscheidender Komponenten für ein mobiles Ad-hoc-Funknetz für Fahrzeuge nicht vorausgesetzt werden. Die wichtigste dieser Komponenten ist ein genügend genaues System zur Positionsbestimmung der Fahrzeuge. FleetNet macht sich diesen technologischen Fortschritt zu Nutze, indem Positionsdaten zum Aufbau des mobilen Ad-hoc-Netzes mit einbezogen werden. So können zum einen die Routingprotokolle, welche bisher Flooding-Strategien zur Bestimmung eines Übertragungspfades verwenden (Route Requests, [RoTo99]), die Positionen der benachbarten Fahrzeuge bei der Weiterleitung von Datenpaketen berücksichtigen. Zum anderen kann ein Adressierungsschema realisiert werden, das eine positionsabhängige Adressierung, wie z.B. „an alle rückwärtigen Fahrzeuge“, erlaubt.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Auswahl einer geeigneten Funkhardware, wobei die Mobilität der Fahrzeuge, die Verfügbarkeit eines Frequenzbandes und der Schnittstellen für die Protokollimplementierung berücksichtigt werden müssen. Innerhalb des Projekts FleetNet soll keine neue Funkhardware entwickelt werden, sondern die entwickelten Kommunikationsprotokolle werden vielmehr auf eine bestehende Hardware aufsetzen.

Weitere technische Aufgaben umfassen den Einbau des Kommunikationssystems in die Demofahrzeuge und die prototypische Implementierung von Anwendungen, die den Nutzen der Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation zeigen. Hierbei ist eine an die besonderen Bedürfnisse angepasste Mensch-Maschine-Schnittstelle von entscheidender Bedeutung. Insbesondere intelligente und leistungsfähige Systeme zur Spracherkennung bieten die Möglichkeit zur Unterstützung des Fahrers mit geringer Ablenkung vom Fahrgeschehen. TEMIC TELEFUNKEN microelectronic GmbH, ein führender Hersteller von Spracherkennungssystemen ist ein Projektpartner in FleetNet und entwickelt neue Strategien für die verteilte Spracherkennung. Hierbei wird ein Kommunikationssystem genutzt, um das Spracherkennungssystem verteilt und somit leistungsstärker realisieren zu können.

## 5.1 Funkhardware

Wie oben erwähnt, sollen die neuen Kommunikationsprotokolle für mobile Ad-hoc-Netze auf bestehender Funkhardware implementiert werden. Die entscheidenden Anforderungen an die Funkhardware sind eine Übertragungsrate vom mindestens 1 Mbit/s, eine Sendereichweite von mindestens 500 m, Benutzung eines verfügbaren lizenzfreien Frequenzbandes und die Verfügbarkeit von offenen Schnittstellen für die Protokollimplementierung. Folgende Technologien wurden als mögliche Lösungen identifiziert: WLAN Techniken wie IEEE 802.11 [IEEE99] und HIPERLAN2 ([ET99], [Kh00]), UMTS-Funkhardware welche im Zeitduplex-Mode arbeitet (UTRA-TDD, Siemens AG, [Ha00]) sowie ein proprietäres System der Robert Bosch GmbH namens Funkwarner (ein Gefahrenwarner basierend auf Broadcastnachrichten).

Im Projekt FleetNet wurde die UTRA-TDD-Funkhardware des Projektpartners Siemens AG als Funkhardware ausgewählt. Zudem wird in FleetNet auch an dem Ansatz gearbeitet, Radarsysteme zur Kommunikation von Daten zu nutzen. Solche Radarsysteme, welche z.B. unter dem Markennamen Distronic vertrieben werden, werden heute zur Erfassung von Abständen zwischen Fahrzeugen eingesetzt. Dieser Ansatz ist im Vergleich zur Nutzung eines konventionellen Funksystems relativ neu. Grundlegende Probleme bei diesem Ansatz sind noch ungelöst und werden derzeit in FleetNet untersucht [KR00]. Der Vorteil beim Einsatz von Radarsystem liegt darin begründet, dass derartige Systeme heute bereits in einigen Fahrzeugserien implementiert sind und zukünftig sicherlich verstärkt zum Einsatz kommen werden, was das Problem der Markteinführung wesentlich entschärft.

Im folgenden wird nun die UTRA-TDD-Funkhardware dargestellt und die Problemstellungen bei der Anpassung dieser ursprünglich für ein zentral organisiertes, zelluläres Funksystem konzipierten Technologie beschrieben.

UTRA-TDD [3G01a] bietet eine große Flexibilität im Hinblick auf asymmetrische Datenflüsse, erlaubt die Funkübertragung über genügend große Distanzen, unterstützt die für FleetNet geforderten Datenraten und die hohen Relativgeschwindigkeiten der Fahrzeuge. Ein weiteres wichtiges Argument für den Einsatz von UTRA-TDD als Basis für die Inter-Fahrzeug-Kommunikation ist die Verfügbarkeit eines exklusiven, lizenzfreien Frequenzbandes in Europa (2010–2020 MHz), das je nach Auslegung zwei oder mehrere getrennt operierende Kanäle erlaubt. Die Auslegung von UTRA-TDD für zelluläre Funknetze macht jedoch die Entwicklung eines Ad-hoc-Modus für mobile Teilnehmer ohne Basisstation notwendig. UTRA-TDD bietet eine Sendereichweite von ca. 1 km und Datenraten zwischen 384 kbps und 2 Mbps, abhängig von den absoluten und relativen Geschwindigkeiten der kommunizierenden Fahrzeuge. UTRA-TDD bietet nicht nur technologische Vorteile, sondern erlaubt auch eine hohe Wirtschaftlichkeit durch die zu erwartende Serienproduktion der UTRA-TDD-Komponenten nach der Einführung von UMTS.

## 5.2 Kommunikationsprotokolle

Wie bereits in den vorhergehenden Kapiteln erläutert, werden im *Projekt FleetNet - Internet on the Road* Kommunikationsprotokolle für mobile Ad-hoc-Netze entwickelt. Diese umfassen *i)* den Zugriff auf den Funkkanal, *ii)* Fehlererkennung und -korrektur (ARQ) *iii)* positionsbasiertes Routing, *iv)* dynamische Kanalzuteilung und *v)* Protokolle zur Kommunikation via FleetNet-Gateways mit Servern im Internet.

Da Routing und Kanalzugriff die größten Herausforderungen darstellen, werden die Ansätze zur Lösung dieser Fragestellungen des weiteren näher beschrieben.

### 5.2.1 Kanalzugriffsprotokoll

Die Anforderungen an ein MAC-Protokoll sind vielseitig, da das Protokoll anwendungsgesteuerte Parameter, wie z.B. Priorität oder maximale Verzögerung, berücksichtigen muss. Zusätzlich müssen die folgenden drei Hauptprobleme in Bezug auf das Funksystem beachtet werden:

*i)* Häufiger Wechsel der Netztopologie und Rahmensynchronisation. Da die Geschwindigkeit der Fahrzeuge 200 km/h überschreiten kann, führt dies zu einem sehr dynamischen Netz. In einem solchen Netz ist es schwierig, eine Rahmen- oder Slotsynchronisation wie sie UTRA-TDD benötigt wird, zu erreichen. Eine mögliche Lösung, die derzeit im Projekt verfolgt wird, basiert auf einer gemeinsamen Zeitbasis für alle Fahrzeuge. Diese wird aus dem GPS-Signal abgeleitet. Ist ein Fahrzeug längere Zeit außerhalb der Erreichbarkeit der GPS-Signale, so gewinnt es die Zeitbasis durch Kommunikation mit anderen Fahrzeugen unter Einsatz eines dezentralen Algorithmus.

*ii)* Hidden-Station-Problem. Das Hidden-Station-Problem ist ein bekannter Effekt, welcher bei Carrier-Sense-Kanalzugriffsverfahren auftritt und welcher den Kanaldurchsatz dramatisch reduzieren kann [ToK175]. Bekannte Lösungen für das Hidden-Station-Problem sind unter anderem die Kombination von Request-to-Send (RTS) und Clear-to-Send (CTS)-Signalen, wie sie z.B. beim IEEE 802.11-Systemen eingesetzt werden, sowie Busy-Tone-Lösungen, welche die Kanalbelegung z.B. in eigens dafür vorgesehenen Frequenzbändern signalisieren. Auch im Nutzfrequenzband können durch die Signalisierung der Slotbelegung an alle Nachbarn reservierte Slots erkannt werden und so das Hidden-Station-Problem für die laufende Übertragung umgangen werden [P195].

*iii)* Near-far-Problem. Aufgrund des eingesetzten CDMA-Verfahrens ist UTRA-TDD vom Near-far-Problem betroffen, was die Entwicklung eines verteilten MAC-Protokolls weiterhin erschwert.



Bis zum jetzigen Zeitpunkt wurden einige grundlegende Erweiterungen der UTRA-TDD MAC-Schicht für den Einsatz in Ad-hoc-Netzen entwickelt. Folgende Arbeitsannahme wurde im Rahmen des FleetNet Projekts getroffen: Die grundlegende UTRA-TDD-Rahmen- und Zeitschlitzstruktur wie in [3G01a] beschrieben, wie auch der Spreading Code Tree, wie in [3G01b] definiert, werden beibehalten. Weiterhin ist geplant, eine bestimmte Anzahl von Slots innerhalb eines Rahmens für hochprioritäre Anwendungen, wie z.B. kooperative Fahrerassistenzsysteme, zu reservieren. Auf den verbleibenden Teil des Rahmens kann dann dynamisch zugegriffen werden, indem verschiedene Fahrzeuge temporär Slots für Anwendungen mit niedriger Priorität belegen. Die Grenze zwischen diesen beiden Bereichen ist variabel. Um die negativen Auswirkungen des Near-far-Problems zu verringern, wird die Anzahl der von verschiedenen Stationen gleichzeitig benutzbaren Spreading Codes begrenzt [Lo01].

### **5.2.2 Routingprotokolle**

Routing in mobilen Ad-hoc-Netzen ist eine schwierige Aufgabe, da sich die Netztopologie dynamisch ändert. Ein entsprechender Routingansatz sollte daher einen hohen Grad an Adaptivität im Hinblick auf die Dynamik des Netzes aufweisen. Auf der anderen Seite ist die Skalierbarkeit des Ansatzes von großer Bedeutung. Diese beiden gegensätzlichen Ziele beschreiben die Hauptschwierigkeit im Umfeld von FleetNet-Systemen, da in entsprechenden Szenarien eine große Anzahl von mobilen Stationen unterstützt werden müssen. Da das Vorhandensein eines GPS-Positionsbestimmungssystems im Fahrzeug vorausgesetzt werden kann, wurde ein positionsbasierter Ansatz für das Routing gewählt, welcher einige Vorteile bezüglich Adaptivität und Skalierbarkeit gegenüber klassischen proaktiven oder reaktiven Ansätzen bietet [RoTo99]. Bei positionsbasiertem Routing wird der Zielknoten sowohl durch einen eindeutigen Identifikator als auch durch seine Position adressiert, wobei das eigentliche Routing unter Nutzung der Positionsdaten erfolgt. Dazu muss eine zwischenliegende Station zum Weiterleiten eines Pakets „nur“ ihre eigene und die Position ihrer Nachbarn innerhalb der Sendereichweite kennen. In der Literatur sind verschiedene Strategien zur Weiterleitung beim positionsbasierten Routing bekannt ([MWH01], [Mo00]). Dabei wird die Routenwahl, im Gegensatz zum topologiebasierten Routing, für jedes Paket individuell und bei jedem Routingvorgang neu während der Weiterleitung („on the fly“) bestimmt. Der eindeutige Identifikator wird für die eindeutige Auflösung im Zielgebiet verwendet. Ein Nachteil des positionsbasierten Routings ist jedoch, dass ein Mechanismus zur Verbreitung von Positionsinformationen der Kommunikationspartner bereitgestellt werden muss. Ferner muss ein Dienst implementiert werden, welcher die Abbildung von der Adressstruktur der höheren Schichten (in FleetNet IP-Adressen) auf die aktuelle Position des Empfängers vornimmt. Derzeit wird das Routing in FleetNet nur anhand der Positionsdaten durchgeführt. In einem späteren Schritt ist angedacht, auch topologische Daten, wie Straßenkarten zu nutzen. Hierbei müssen dann allerdings Navigationssystem-Funktionen vorausgesetzt werden können.

### 5.3 Internet-Integration

Ein weiteres Problemfeld, welches in FleetNet betrachtet wird, ist die Anbindung von Fahrzeugen an das Internet unter Nutzung stationärer FleetNet-Stationen (FleetNet-Gateways). Diese erlauben dann insbesondere vom Straßenrand Marketingdaten zu den Fahrzeugen zu übertragen (elektronisches Info-Schild). Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die Fahrzeuge unter Umständen nur kurzzeitig Funkkontakt zu den Gateways besitzen. d.h. Internet-Sessions werden schnell unterbrochen und ggf. bei dem nächsten Gateway wieder aufgenommen. Zur Lösung dieser Aufgabe wird eine Proxy-Architektur festnetzseitig vorgesehen und die Daten werden vorab entsprechend der Bewegung des Fahrzeuges zu dem Gateway übermittelt, welches mit höchster Wahrscheinlichkeit als nächstes erreicht werden wird. Ein entsprechendes Handling der Internet-Verbindungen auf Schicht 4 ist ebenfalls notwendig.

## 6. Literaturverzeichnis

- [IEEE99] IEEE Std 802.11b-1999 (Supplement to ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 Edition) Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band.
- [BH00] Briesemeister, L.; Hommel, G.: Role-Based Multicast in Highly Mobile but Sparsely Connected Ad Hoc Networks. Proc. MobiHOC 2000, Boston, 11. August 2000.
- [FN02] <http://www.fleetnet.de>, WWW-Auftritt des Projektes FleetNet- Internet on the Road.
- [Fr01] Franz, W.: Reducing the number of transmissions in Floating Car Data Services. Proc. ITS World Congress 2001, Sydney, 30. Sep. – 4. Okt. 2001.
- [FEL01] Franz, W.; Eberhardt R.; Luckenbach, T.: FleetNet – Internet on the Road. Proc. ITS World Congress 2001, Sydney, 30. September – 4. Oktober 2001.
- [Ha00] Haardt, M. et al.: The TD-CDMA Based UTRA TDD Mode. IEEE Journ. on Selected Areas in Communications, Vol. 18, No. 8, August 2000, pp 1375-1384.
- [ET99] ETSI-BRAN: High Performance Radio Access Local Area Network-Type 2 (System Overview), ETSI, DTR/BRAN-00230002, Sophia Antipolis, 1999.
- [Kh00] Khun-Jush, J. et al.: HIPERLAN type 2 for broadband wireless communication. Ericsson Review, No. 02, 2000 (<http://www.ericsson.com/review>).
- [KR00] Klotz, M.; Rohling, H.: 24 GHz Radar Sensors for Automotive Applications. 13th International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications, MIKON 2000, Wroclaw, 22.-24. Mai 2000.
- [Lo01] Lott, M. et al.: Medium Access and Radio Ressource Management for Ad hoc Networks based on UTRA TDD. Proc. MobiHoc 2001, Long Beach, 4.-5. Oktober 2001.
- [MWH01] Mauve, M.; Widmer, J.; Hartenstein, H.: A survey on position-based routing in mobile ad hoc networks. IEEE Networks, Vol. 15, No. 6, November 2001.
- [Mo00] Morris, R. et al.: A scalable ad hoc wireless network system. Proc. 9th ACM SIGOPS European workshop: Beyond the PC: New Challenges for the Operating System, Kolding, September 2000
- [PBM00] Passmann, C.; Brenzel, C.; Meschenmoser, R.: Wireless vehicle to vehicle warning system. SAE 2000 World Congress, Detroit, März 2000.

- [Pl95] Plenge, C.: The Performance of Medium Access protocols for Inter-vehicle Communication Systems. Proc. ITG-Fachtagung "Mobile Kommunikation", Neu-Ulm, 26.-28. September 1995.
- [Ro01] Rosen, C.: McDonald's Tests Wireless Payment Technology. Information Week, 8. Januar 2001, <http://www.telecomlibrary.com/article/IWK20010108S0004>
- [RoTo99] Royer, E. M.; Toh, C.-K.: A Review of Current Routing Protocols for Ad-Hoc Mobile Wireless Networks. IEEE Personal Communications Magazine, Vol. 6, No. 2, April 1999, pp 46-55.
- [ToK175] Tobagi, F. A.; Kleinrock, L.: Packet Switching in Radio Channels: Part II – the Hidden Terminal Problem in Carrier Sense Multiple-Access Modes and the Busy-Tone Solution. IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-23, No.12, 1975, pp.1417-1433.
- [3G01a] 3GPP TS 25.221: Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (TDD), V4.0.0, 2001.
- [3G01b] 3GPP TS 25.223: Spreading and modulation (TDD), V4.0.0, 2001.