

Nutzung heterogener Funknetze für mobilen Teleservice

Prof. Dr.-Ing. Clemens Westerkamp, Dipl.-Ing. (FH) Bernd Ramler, Dipl.-Inf. (FH) Ronald Wendler,
FH Osnabrück, E-Mail {c.westerkamp, b.ramler, r.wendler}@fhos.de

Kurzfassung

Der Wartungszustand von Flugzeugen wird ständig durch aufwändige Inspektionen überprüft. Beim Erkennen eines Problems kann es dauern, bis der Servicetechniker die Ursache findet. In schwierigen Fällen werden entfernte Experten per Telefon und Fax konsultiert, um dem Problem auf die Spur zu kommen. Mobile Rechner und Funknetze in Verbindung mit einer intelligenten Software bieten in solchen Fällen eine Alternative. Dazu wurde eine Teleservice-Software (MMA - Multimedia Maintenance Assistance) mit verschiedenen Funktionen zur entfernten Zusammenarbeit entwickelt. Das folgende Bild zeigt die Software im Einsatz an einem Flugzeug:

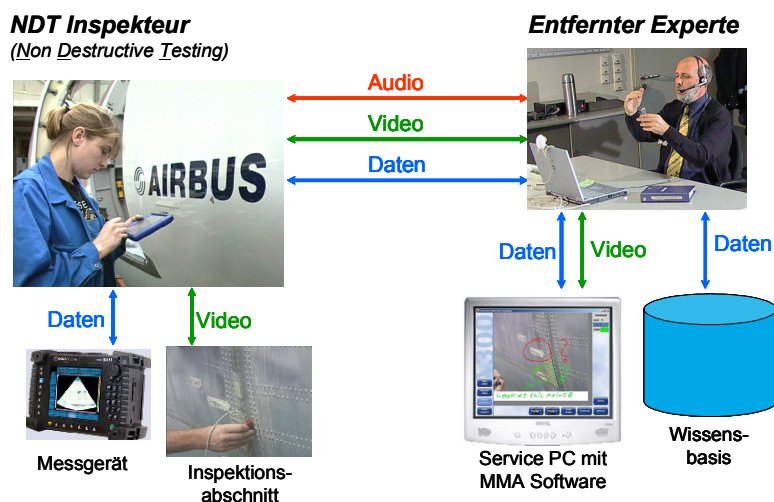


Bild 1 Kommunikation zwischen MMA-Teleservice-Software und Service-Zentrale

Die Service-Technikerin (links) benötigt zu einem schwierigen Inspektionsfall Unterstützung von einem Experten in der Service-Zentrale (rechts). Dazu hat sie die Möglichkeit, vorab einen Service-Bericht mit Ergebnissen aus Messgeräten und Bildern aus Digitalkameras zu erstellen und übertragen. Dann baut sie eine Teleservice-Konferenz mit Audio-/Videokommunikation und weiteren Kooperationsdiensten auf. Der Experte hat Zugriff auf eine umfangreiche Service-Datenbank, aus der er bei Bedarf Bildmaterial und Dokumentation in die Diskussion einblenden kann. Der vorliegende Beitrag untersucht aus Anwendungssicht, wie unterschiedliche Funknetze unter Berücksichtigung technischer und organisatorischer Einschränkungen für mobilen Teleservice genutzt werden können.

1 Einleitung

1.1 Mobiler Teleservice mit der MMA-Software

Die MMA-Software wird vorwiegend auf mobilen Geräten mit Fingerbedienung, zum Beispiel Tablet PCs oder Web-Panels genutzt. Sie ist modular gestaltet und lässt sich problemlos an neue Anwendungsgebiete anpassen. Dadurch wird es möglich, Expertenwissen schnell an entfernte Standorte zu transportieren, denn häufig bietet die interaktive Zusammenarbeit mit Bildern und Live-Video Vorteile gegenüber E-Mail, Fax und Handy. Außerdem können Experten

mit langjähriger Erfahrung ihr Know-How an mehreren Orten einsetzen.

Die Benutzeroberfläche der Software ist für einfache Fingerbedienung optimiert, kann aber auch problemlos auf Notebooks und Desktop-PCs genutzt werden. Für die Audio-/Videokonferenz wird neben kommerziell erhältlichen Software-Komponenten auch eine Open-Source-Bibliothek verwendet. Die Integration mit der technischen Dokumentation, bestehenden IT-Lösungen und verschiedenen Mess- und Prüfgeräten wird vorangetrieben. Die Kommunikation zu entfernten Standorten geschieht durch lokale Funknetze, die teilweise mit öffentlichen Kommunikationsnetzen verbunden sind. Die Nutzung eines lokalen LAN- oder

ISDN-Anschlusses ist vorteilhaft, aber wichtige Teile der Software sind auch in Mobilfunknetzen nutzbar. Die Erfahrungen mit den Eigenschaften verschiedener Funk- und Kommunikationsnetze sollen in diesem Beitrag bezogen auf den gewählten Anwendungsfall näher beleuchtet werden.

2 Architektur

Der interne Aufbau der Teleservice-Software MMA ist in folgendem Bild 2 ersichtlich:

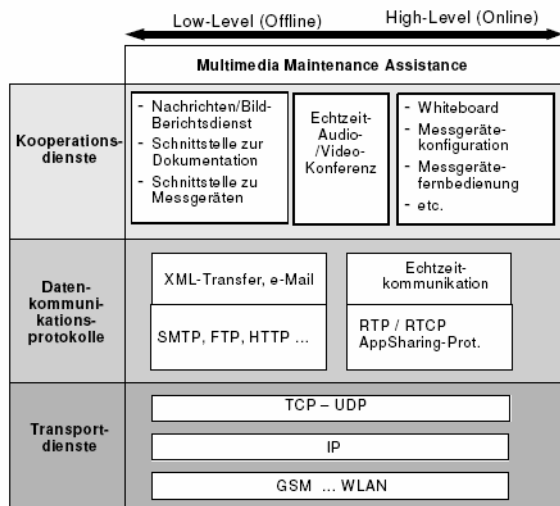


Bild 2 Architektur der Teleservice-Software MMA

Anwendungsseitig sind Offline-Dienste wie z.B. Berichtstransfer mit Schnittstellen zu Messgeräten und Online-Dienste wie z.B. Videokommunikation zu unterscheiden. Die zugehörigen Datenkommunikationsprotokolle setzen auf TCP/UDP auf. Für die späteren Betrachtungen der Eigenschaften der Funknetze sind FTP für die Durchsatzmessung und RTP oder vergleichbare Protokolle für die Latenz-Messungen bei der Audio-/Videokommunikation wichtig.

Verschiedene funkbasierte Datenkommunikationswege bilden die Grundlage der IP-basierenden Kommunikation.

3 Genutzte Funknetze

3.1 Randbedingungen

Da die beteiligten Partner netzwerktechnisch in unterschiedlichen Organisationen beheimatet sind, kann keine direkte IP-Verbindung mit allen notwendigen Ports hergestellt werden. Zwar gibt es bei großen PKW- und Flugzeugherstellern Bestrebungen, VPNs bzw. Extra-Nets für besondere Nutzergruppen wie Zulieferer zu nutzen. Von einer weltweiten Durchdringung solcher Ansätze ist man allerdings noch weit ent-

fernt. Bei der Realisierung der Kommunikation mit entfernten Standorten sind aber auch technische Schwierigkeiten zu überwinden. Einfache VPN-Ansätze können keine garantierte Dienstgüte zur Verfügung stellen. Bei der Echtzeitkommunikation werden aber Verzögerungen von mehr als 200ms als störend empfunden, ab 400ms ist eine fehlerfreie Kommunikation deutlich beeinträchtigt. Es werden daher im Folgenden einige Netzwerkvarianten betrachtet, die ohne den Zugriff auf lokale Netzinfrastruktur auskommen, indem ISDN-Anschlüsse oder öffentliche Mobilfunknetze genutzt werden.

3.2 Wireless LAN mit ISDN

Die am häufigste genutzte Funknetzvariante ist Wireless LAN.

In viele mobile Endgeräte ist eine WLAN-Karte bereits eingebaut. Auch wenn der Zugriff auf die lokale Netzwerkinfrastruktur in der Regel technisch oder organisatorisch nicht realisierbar ist, kann eine Verbindung nach außen über einen ISDN-Anschluss organisiert werden. Dies geschieht über einen WLAN-Accesspoint mit ISDN-Anschluss wie in Bild 3 zu sehen ist:

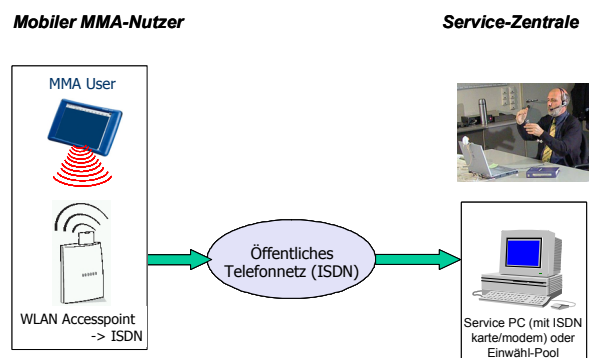


Bild 3 Kommunikation mit Wireless LAN und ISDN

Vom mobilen System wird die Verbindung zur Gegenstelle über Wireless LAN und ISDN (64 oder 128kBit/s) hergestellt. Der entfernte Service-PC ist entweder über eine eingebaute ISDN-Karte oder einen Einwahlpool erreichbar. Die bei WLAN häufigste Datenrate ist 11MBit/s. Die tatsächlich nutzbare Datenrate soll Gegenstand der späteren Netzwerkuntersuchungen sein.

3.3 DECT-Strecke mit ISDN

In einigen Organisationen sind Wireless LAN (und Bluetooth) nicht erlaubt, Schnurlostelefone sind jedoch zugelassen. Der darin verwendete DECT-Standard ermöglicht auch Datenübertragung mit typischerweise 64 bzw. 128kBit/s. Die Kommunikations-

struktur ist der in Bild 3 vergleichbar. Auch die DECT-Strecke soll den Untersuchungen der Netzwerkeigenschaften unterzogen werden.

3.4 GSM/ISDN-Verbindung

In manchen Fällen ist lokal kein ISDN-Anschluss verfügbar. GSM-Verbindungen sind jedoch möglich und erlauben Datenkommunikation mit 9,6kBit/s. Gebündelte GSM-Kanäle bieten bei Nutzung des HSCSD-Standards höhere Datenraten, sind aber nicht bei allen Mobilfunkanbietern verfügbar. Die Nutzung von GPRS wird erschwert durch die fehlende Möglichkeit, Punkt-zu-Punkt-Verbindungen aufzubauen. Weiterhin sind bei GPRS Verzögerungen bis zu 2s zu beachten. Das GSM-Mobilfunkszenario ist in folgendem Bild ersichtlich:

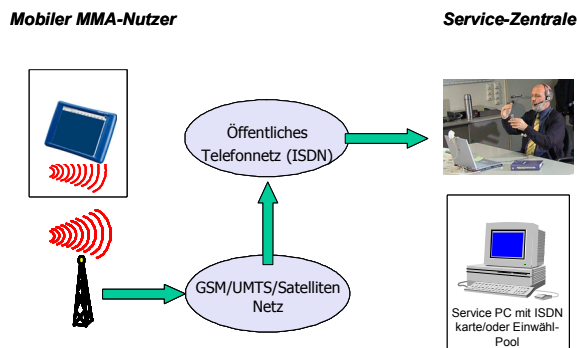


Bild 4 Kommunikation über Mobilfunknetze

Vergleichbare Varianten sind mit Satellitenkommunikation (Inmarsat/Globalstar etc.) realisierbar. Bei niedrigen Datenraten müssen Einschränkungen in der Audio- und Videoqualität hingenommen werden. Bei 1-2 Bildern/Sekunde ist aber eine lokale Orientierung möglich, um den mobilen Anwender an die richtige Stelle zu leiten. Detailbetrachtungen werden (bei angehaltenem Video) durch parallel übertragene, hoch aufgelöste Standbilder ermöglicht.

Das folgende Kapitel soll aus Sicht der Teleservice-Anwendung zeigen, welche Eigenschaften die verschiedenen Funknetze aufweisen. Wichtige Kriterien sind dabei:

- erzielbarer Durchsatz
- Verzögerung ausgedrückt im Round Trip Delay (RTT)
- Jitter (Variation der Verzögerung)
- Reichweite der drahtlosen Funkstrecke

4 Untersuchungen der Funknetze und Ergebnisse

4.1 Wireless LAN

Zur Untersuchung wurde ein Industrienotebook mit eingebauter Antenne und Monitorprogramm für das SNR eingesetzt. Als Empfangsstation diente ein mit PCMCIA-Karte und ca. 5cm Antennenstummel versehener handelsüblicher WLAN-Accesspoint, an den anstelle der ISDN-Verbindung der Service-PC über Ethernet angeschlossen war. Dies geschah, da die Untersuchung auf den WLAN-Teil beschränkt werden sollte. Zur Beurteilung der Gesamtverzögerung müssen also die Eigenschaften der ISDN-Strecke ergänzt werden.

4.1.1 Durchsatzmessungen bei Wireless LAN

Zur Beurteilung des Durchsatzes in Abhängigkeit vom Signal-Rauschverhältnis SNR wurde ein FTP-Dateitransfer, wie er beim Standbildtransfer vorkommt, herangezogen. Das SNR wurde per Software aus der Wirelless-LAN-Karte ausgelesen. Parallel wurde die Bruttodatenrate in der Feldstärkenanzeige der Wirelless-LAN-Karte beobachtet. Die folgende Tabelle zeigt die ermittelten Zusammenhänge:

Angezeigte Datenrate	Tatsächlicher FTP-Durchsatz	SNR
1 MBit/s	16 - 640 kBit/s	9 - 11 dB
5,5 MBit/s	0,8 - 2 MBit/s	18 - 27 dB
11 MBit/s	1,2 - 3,8 MBit/s	32 - 50 dB

Man sieht, dass von den theoretischen 11 MBit/s max. die Hälfte tatsächlich nutzbar sind. Gründe hierfür sind im Protokoll-Overhead und weiteren Verlusten zu suchen, die in [1] näher ausgeführt sind.

Für den Einsatz im Teleservice sind die Datenraten mehr als ausreichend, zumal Einbrüche der Datenrate nicht sofort zum Verbindungsabbruch führen.

4.1.2 Round Trip Time (RTT) bei Wireless LAN

Die Verzögerung ist ein wichtiger Parameter bei der Echtzeitkommunikation. Betrachtet wird die Round Trip Time (RTT), da sie die Zeit bis zur Reaktion eines Gesprächspartners charakterisiert. Gemessen wird aus Sicht der Anwendung an der Socket-Schnittstelle für UDP-Pakete. Dadurch sind die Verzögerungsbeiträge der darunter liegenden Protokollschichten einge-

schlossen. Um eine realistische Beurteilung zu ermöglichen, wurde eine für Audio/Videokommunikation typische Paketlänge gewählt. Dies ist aufgrund der Notwendigkeit, Audio/Video-Frames vollständig zu dekodieren, unumgänglich.

Bei gutem SNR (35dB) ergibt sich folgende Häufigkeitsverteilung bei einer Gesamtzahl von 6000 übertragenen Paketen:

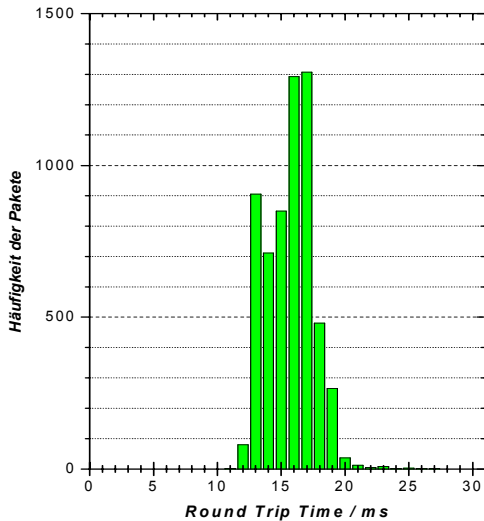


Bild 5 Verteilung der Round Trip Time (RTT) bei gutem SNR (35dB) bei Wireless LAN

Der Mittelwert liegt bei ca. 16ms bei einem max. Jitter von +/-4ms. Diese Werte sind für Echtzeitkommunikation ausgezeichnet. Die Verteilung bei mittlerem SNR (15dB) und ansonsten gleichen Randbedingungen zeigt Bild 6:

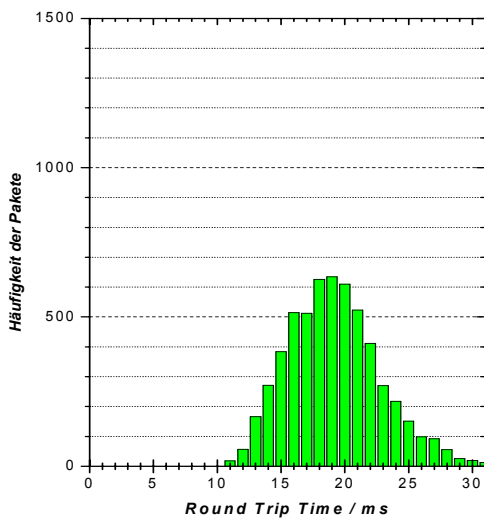


Bild 6 Verteilung der Round Trip Time (RTT) bei mittlerem SNR (15dB) bei Wireless LAN

Die Verzögerung ist etwas angestiegen und der Jitter liegt nun bei +/-8ms, beides sind aber unkritische Werte.

Bei schlechtem SNR (8dB) steigt die Verzögerung deutlich an (teilweise über 1s), wie in Bild 7 zu sehen ist:

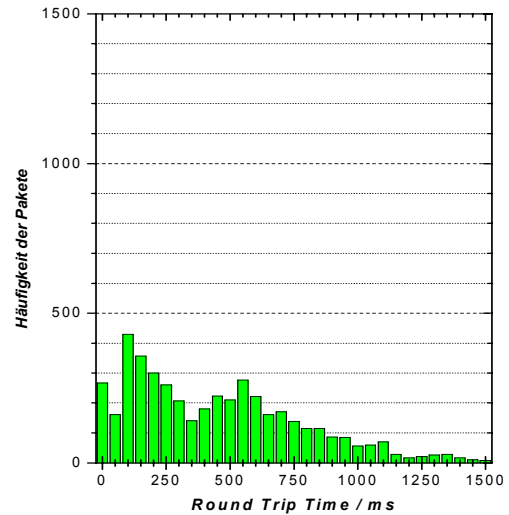


Bild 7 Verteilung der Round Trip Time (RTT) bei schlechtem SNR (8dB) bei Wireless LAN

Auch der Jitter lässt eine vernünftige Kommunikation unmöglich werden. Systeme und Protokolle zur Multimediatechnik sind in der Lage, den Verlust einzelner Pakete zu kompensieren. Bündelfehler, also der Verlust aufeinander folgender Pakete, führen jedoch zu mehr oder weniger erkennbaren Beeinträchtigungen. Daher ist von großer Bedeutung, wie sich die Wahrscheinlichkeit von Bündelfehlern bei schlechtem SNR auswirkt. Dies ist in folgendem Bild zu sehen:

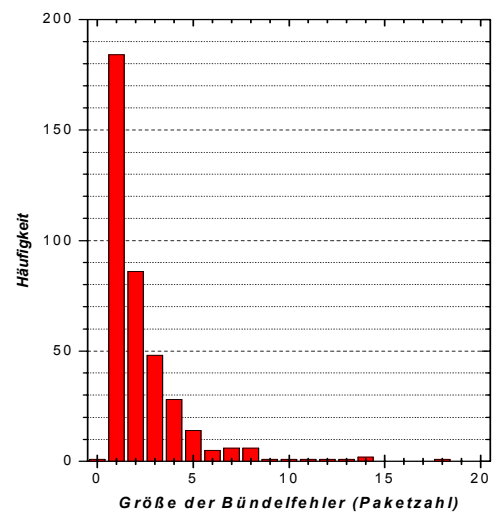


Bild 8 Verteilung der Bündelfehlergröße bei schlechtem SNR (8dB)

Generell führen zwei oder drei aufeinander folgende Paketfehler zu einer Beeinträchtigung der Audio- und Videoqualität.

4.1.3 Reichweite bei Wireless LAN

Die Reichweitemessung wurde aus einem ca. 20m hohen Gebäude in ein nach außen offenes Gelände ausgeführt. An den Reichweitengrenzen wird das SNR zusehends schlechter, allerdings konnte die Audio/Video-Kommunikation selbst bei kurzzeitiger Unterbrechung der WLAN-Verbindung ohne Neuanwahl fortgesetzt werden.

4.2 DECT und ISDN

Die Durchsatzmessungen zeigten, dass der B-Kanal voll genutzt wird, also 64kBit/s erreicht werden. Kanalbündelung führte (anscheinend wegen Fehlern in der Treiber-Software) zu suboptimalen Ergebnissen. Da die Anwendung mit 64kBit/s bereits befriedigend arbeitet, ist die Betrachtung weiterer Eigenschaften von Interesse.

4.2.1 Durchsatzmessungen DECT

Durchsatzmessungen zeigten, dass der B-Kanal voll genutzt wird, also 64kBit/s erreicht werden.

4.2.2 Round Trip Time (RTT) bei DECT

Das folgende Bild 9 zeigt, dass bei der Nutzung von DECT die Verzögerung deutlich größer als bei Wireless LAN ist und stärker streut:

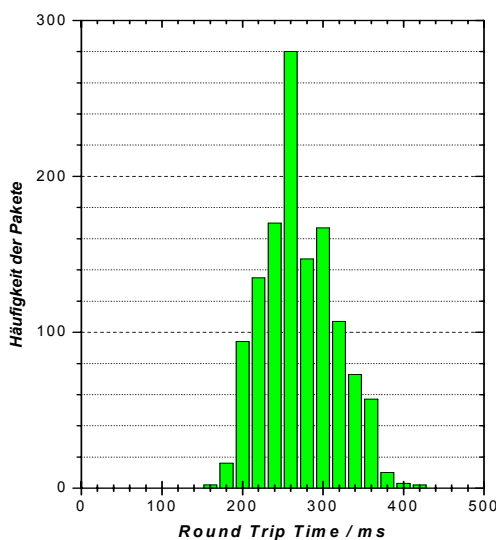


Bild 9 Verteilung der Round Trip Time (RTT) bei gutem SNR (35dB) bei DECT

Es wurde mit den vom Hersteller vorgeschlagenen Standardprotokollen gearbeitet. Die stark gestiegene Verzögerung ist durch zusätzlichen Protokoll-Overhead nur teilweise erklärbar und legt weitere Untersuchungen in tieferen Protokollschichten und mit anderen DECT-Modulen nahe. Die Verzögerung ist für Echtzeitkommunikation noch ausreichend und bei den eingesetzten Software-Bibliotheken zur Audio-/Videokommunikation war der Jitter ausgleichbar.

4.2.3 Reichweite DECT

Die Reichweitemessung wurde wie bei Wireless LAN qualitativ ermittelt. Es zeigte sich, dass eine doppelt so hohe Reichweite (ca. 200m im Freifeld) wie bei Wireless LAN erzielt werden kann. An den Grenzen bricht die Verbindung aber schlagartig ab und muss (typischerweise manuell) wieder aufgebaut werden.

4.3 GSM-Mobilfunk und HSCSD

Für Mobilfunknetze wurden Untersuchungen bisher nur qualitativ durchgeführt. Im GSM-Bereich beträgt die reine Netzverzögerung an der UDP-Schnittstelle bereits 400-600ms, hinzu kommt jedoch ein erheblicher Beitrag aufgrund der langen Paketdauer. Hier wäre alternativ die Nutzung einer paketlosen Übertragung, wie sie z. B. im ITU-Standard H.324m (u.a. bei UMTS im Einsatz) vorgeschlagen wird, zu überlegen. UMTS-Netze sind sowohl leitungs- als auch paketorientiert nutzbar. Erste Versuche auf paketorientierter Basis zeigten, dass die Verzögerung akzeptabel ist (ca. 230ms, wovon 60ms auf die Paketlänge entfallen) und der Jitter +/-25ms beträgt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der Beitrag zeigt, dass die Funkanbindung für mobilen Teleservice eine komplexe Aufgabe ist. Je nach organisatorischen und technischen Einschränkungen kommen Kombinationen aus lokaler und Weitverkehrskommunikation oder eine integrierte Mobilfunkanbindung zum Einsatz. Die dabei zu berücksichtigenden Eigenschaften der Funkstrecke wurden am Beispiel Wireless LAN und DECT im Hinblick auf die Echtzeit-Audio-/Videokommunikation aufgezeigt.

Die Arbeiten zu diesem Projekt wurden von der Arbeitsgruppe Innovative Projekte des Ministeriums für Wissenschaft und Kultur des Landes Niedersachsen unter der Fördernummer FA. 2002.510 gefördert. Zusätzliche Unterstützung wurde durch den Focal Point for Structural Health Monitoring (SHM) der AIRBUS

Deutschland GmbH direkt und im Rahmen des EU-Projektes INDeT (GRD1-2001-40177, 7/2002 – 5/2005) - Integration of Non Destructive Testing (IN-DeT) geleistet. Weitere Unterstützung kam von der Höft&Wessel GmbH und dem Siemens AG Geschäftsbereich Central Technology. Allen Projektpartnern sei hiermit herzlich gedankt.

7 Literatur

- [1] Sikora, Axel. Wireless LAN, Addison-Wesley, 2001
- [2] Westerkamp, C.; Wendler, R.: Online-Collaboration for pen based computers, International Forum on Applied Wearable Computing, Bremen, 2004. gleichzeitig Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, Heidelberg (erscheint 2005).
- [3] Westerkamp, C.; Jung, K.: Schlanker TCP/IP-Stack und Video-Transport für Embedded-Internet-Systeme, Entwicklertag Embedded Internet 2002, München, 2002.
- [4] White, C.; Westerkamp, C.: Wireless Multimedia Networking for Embedded Systems, in Andrew Porter: Proceedings of the Embedded Systems Congress, London, Electronic Design Automation Ltd, 2002.
- [5] White, C.; Westerkamp, C.: Wireless Audio/Video/Data Communication for Embedded and Mobile Systems, in: Grote, Caspar, Ester, Renate: Tagungsband der Embedded Intelligence 2002, Poing WEKA Fachzeitschriftenverlag 2002, S. 251-260.
- [6] Westerkamp, C.; Fütterer, C.: Portable Bibliothek zur Audio- und Videokompression und -übertragung, in: Grote, Caspar, Ester, Renate: Tagungsband des DSP-Kongress 2001, Poing WEKA Fachzeitschriftenverlag, 2001, S. 61-68.
- [7] Hengst, M.; Westerkamp, C.: Multimedialer Teleservice, in: Maßberg, Wolfgang; Hermesen, Martin; Zuther, Magnus (Hrsg.): TELec – Multimedialer TeleService: Technik – Organisation – Vermarktung – Erfahrungsberichte, Aachen: Shaker, 2000, S. 63-76.
- [8] Westerkamp, C.: Kosimulation von Software und Hardware in der Telekommunikation, in: Mitteilungen aus dem Arbeitskreis Simulation technischer Systeme, RWTH Aachen; AG Simulationstechnik (ASIM) in der Gesellschaft für Informatik (GI), 1999.