

Die „Sprechende Sitzschiene“ – Demonstrator der 3. Generation

Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer
Prodekan Fakultät Elektrotechnik
und Informationstechnik (E+I)
Studiendekan EIM, EI-BB

Badstraße 24
77652 Offenburg
Tel. 0781 205-208
E-Mail: felhauer@hs-offenburg.de

1965: Geboren in Heidelberg
Studium der Elektrotechnik/Nachrichtentechnik
an der Universität Kaiserslautern
1990: Diplom
1990–1994: wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für hochfrequente Signalverarbeitung der Universität Kaiserslautern
1994: Promotion über neuartige Verfahren zur hochgenauen Vermessung von Funkkanälen mit Bandspreizsignalformen
1994–1999: Systemingenieur und Projektleiter im Zentralbereich Technik der DaimlerChrysler Aerospace AG, Ulm
Seit 1999: Professor an der Hochschule Offenburg für das Fachgebiet Funknetze und Telekommunikationstechnik, Leiter des Labors Telekommunikationstechnik
Seit 2001: Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Offenburg
Seit 2006: Prodekan und Studiendekan in der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik der Hochschule Offenburg
Forschungsgebiete: Funkkommunikation und Satellitennavigation



2.2 Die „Sprechende Sitzschiene“ – Demonstrator der 3. Generation

Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer
Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ
Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele

Abstract

The research project „Speaking Seat Rail“ deals with the development of a novel communication system for aircraft in-flight entertainment. The key innovation is to use structures that are essential parts of the airframe for data transfer such as seat rails. Those rails can easily be formed to fulfill the function of a hollow waveguide that transports microwave signals without any wire. A waveguide as part of the seat rail would provide enormous benefits for aircrafts, such as a large bandwidth and consequently high data rates, no problems with electromagnetic compatibility, unlimited flexibility of seat configuration, mechanical robustness with associated increase of reliability and additional advantages related to aircrafts such as reduction of weight and costs. Recently, an improved demonstrator with full Ethernet compatibility has been developed at the University of Applied Sciences Offenburg. This 3rd generation demonstrator was exhibited at the trade fair Aircraft Interiors Expo 2011 in Hamburg and nominated for the Crystal Cabin Award 2011.

Einleitung

Die mediale Unterhaltung der Passagiere in Flugzeugen während des Flugs

mit In-flight Entertainment IFE-System wird für Fluggesellschaften immer wichtiger. Somit steigen auch die Anforderungen an ein IFE-System hinsichtlich Datenrate, Zuverlässigkeit und Flexibilität.

Ziel des Projekts „Sprechende Sitzschiene“ ist es, Multi-Media-Daten innerhalb eines IFE-Systems berührungslos über die Sitzschiene eines Flugzeugs zu den Passagiersitzen zu übertragen. Ein erster einfacher Demonstrator wurde bereits 2009 einem internationalen Fachpublikum auf der Paris Air Show in Le Bourget präsentiert. Ein weiterentwickeltes System hat bereits auf der Aircraft Interiors Expo 2010 in Hamburg für Aufsehen in der Fachwelt gesorgt. Der neueste Demonstrator der 3. Generation, siehe Abbildung 2.2-1, nutzt nun modernste Übertragungstechnologien auf der Basis der Mehrträgermodulation OFDM für eine zuverlässige Datenübertragung, wie sie z. B. auch beim Digitalen Fernsehen (DVB) oder bei Mobilfunktechnologien der 4. Generation (LTE) Anwendung finden und zeichnet sich darüber hinaus durch eine volle Ethernet-Kompatibilität aus. Dadurch lassen sich alle bekannten Multi-Media-Anwendungen einfach mit diesem System realisieren.

Systemarchitektur

Die Systemarchitektur des realisierten Demonstrators der 3. Generation ist in Abbildung 2.2-2 dargestellt [2]. Die Nutzer (Passagiere) sind jeweils über eine Client-Transceiver-Einheit und einen Koppelhohlleiter ohne feste Kabel- oder



Abb. 2.2-1: „Sprechende Sitzschiene“ – Demonstrator der 3. Generation

Steckverbindung mit der Sitzschiene verbunden. Über den in die Sitzschiene integrierten Hohlleiter werden die hochfrequenten Signale zu bzw. von einem Server über eine Master-Transceiver-Einheit übertragen.

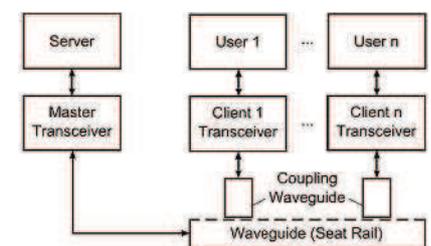


Abb. 2.2-2: Systemarchitektur

Die Sitzschiene selbst besteht aus speziellen Legierungen, die eine hohe mechanische Festigkeit bei gleichzeitig geringem Gewicht und hoher Korrosionsbeständigkeit haben. Umfangreiche Messungen und Analysen haben ergeben, dass selbst unter ungünstigen Be-

dingungen die Dämpfung der Signale im Hohlleiter der Sitzschiene geringer als 1,5 dB/m ist, wobei selbst ein geringer horizontaler, vertikaler oder axialer Versatz beim Übergang von einer Sitzschiene zur anderen zu einer für das Powerbudget unkritischen Erhöhung der Dämpfung führt.

Eine besondere Herausforderung ist das elektrische und mechanische Konzept des Koppelhohlleiters, über den die Signale berührungslos in die Sitzschiene sowohl ein- als auch ausgekoppelt werden. Angestrebt wurde ein Koppelmechanismus, der einerseits mechanisch robust ist und über den andererseits möglichst geringe HF-Leistung nach außen in die Flugzeugkabine abgestrahlt wird, und das bei einer im gesamten Frequenzbereich möglichst konstanten Signalkoppeldämpfung. Nach umfangreichen Berechnungen und Feldsimulationen u. a. mit CST Microwave Studio konnte ein Koppelhohlleiter realisiert werden, der alle oben genannten Anforderungen erfüllt, siehe Abbildung 2.2-3.

Die Struktur der Transceiver-Einheiten in Abbildung 2.2-2 ist in Abbildung 2.2-4 dargestellt. Die vom Server bzw. Nutzer bereitgestellten Ethernet-Daten werden zunächst in einer Ethernet-Bridge in Transport-Streams (TS), wie sie bei DVB-T verwendet werden, umkonfiguriert.

Nach Fehlerschutzkodierung werden die Daten dieser Transportstreams im Sendezweig (rechts) mit der bereits im Demonstrator der 2. Generation eingesetzten Mehrträgermodulation OFDM auf eine Mittenfrequenz von zunächst 1,3 GHz moduliert. Anschließend werden die Signale in das eigentliche nutzerspezifische Sendefrequenzband hochgemischt und über einen Zirkulator in den Koppelhohlleiter mit einer Leistung von ca. 1mW abgestrahlt.

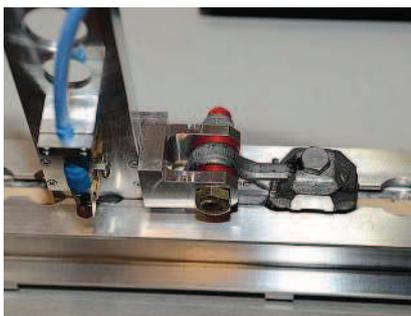


Abb. 2.2-3: Koppelhohlleiter

Im Empfängerzweig (links) wird das empfangene Signal entsprechend invers verarbeitet [1]. Die Grenzeempfindlichkeit des Empfängers beträgt dabei ca. -75dBm.

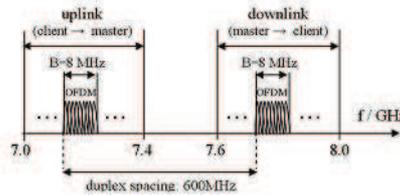


Abb. 2.2-5: Frequenzplan

Der genaue Frequenzplan ist in Abbildung 2.2-5 dargestellt. Für den Up- und Downlink werden jeweils Frequenzbänder der Bandbreite 400MHz im Frequenzbereich zwischen 7GHz - 8GHz genutzt. Innerhalb dieser beiden Frequenzbänder belegt jeder Nutzer exklusiv ein Frequenzband der Bandbreite 8 MHz, so dass insgesamt 50 voll duplex Übertragungskanäle zur Verfügung stehen. Aufgrund der sehr großen nutzbaren Bandbreite in einem Hohlleiter könnte diese gesamte Übertragungskapazität jedoch noch problemlos erweitert werden.

Innerhalb eines nutzer-spezifischen Frequenzbands der Bandbreite 8 MHz werden OFDM-modulierte Signale mit folgenden Parametern übertragen.

Anzahl OFDM Unterträger	$N=1704$
Anzahl Datenträger	$N_D=1512$
Unterträgerabstand	$\Delta f=4,462\text{kHz}$
OFDM Symboldauer	$T_{\text{OFDM}}=0,224\text{ms}$
OFDM Symbolalphabet	QPSK, 16QAM, 64QAM
Schutzintervall	$T_C/T_{\text{OFDM}}=1/32$

Mit diesen Einstellparametern lässt sich eine maximale Datenrate pro Nutzer von $R=31,67 \text{ Mbit/s}$ erreichen, was selbst für die Übertragung eines TV-Kanals in HD-Qualität ausreichend ist.

Vergleich mit konkurrierenden Technologien

Im Vergleich zu leitungsgebundenen Übertragungsverfahren (z. B. basierend auf Glasfasern) bietet das innovative, patentrechtlich gesicherte Systemkonzept der „Sprechenden Sitzschiene“ aufgrund der berührungslosen Übertragung ohne Steckverbindungen den Fluggesellschaften eine größtmögliche Flexibilität

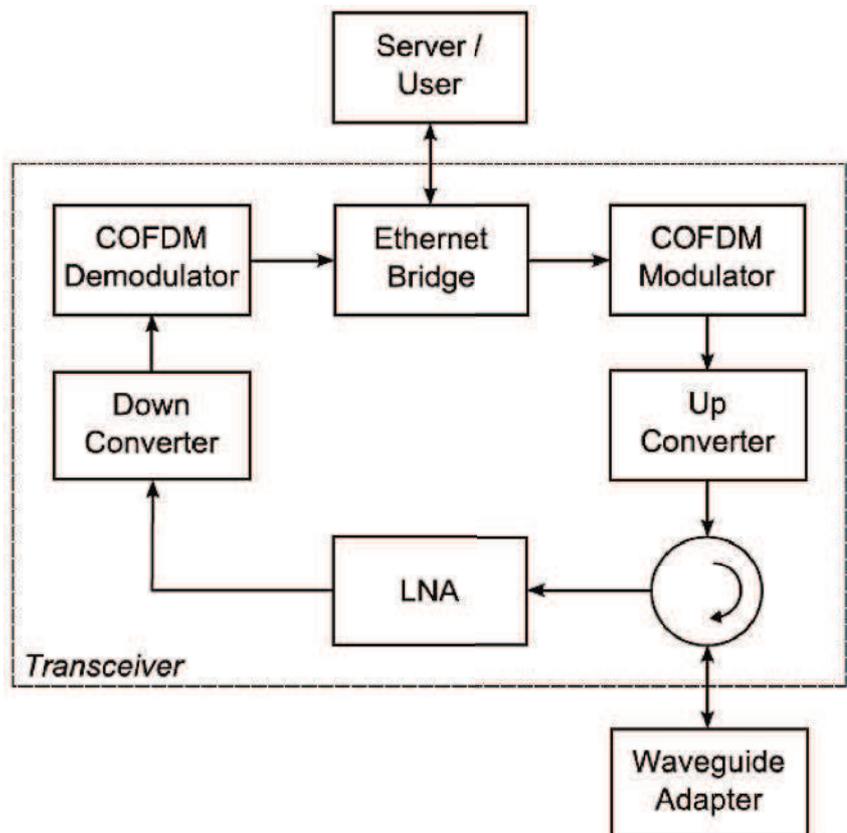


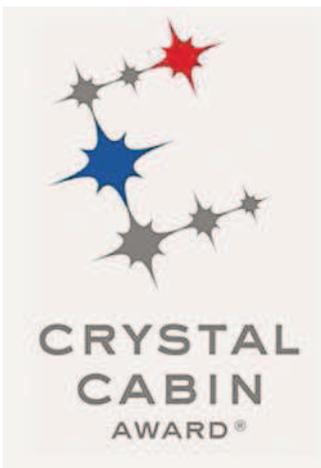
Abb. 2.2-4: Struktur der Transceiver-Einheiten

bei der Anordnung der Passagiersitze entlang der Sitzschiene [3], [4].

Im Vergleich zu alternativen Funktechnologien basierend auf z. B. WLAN wird bei der „Sprechenden Sitzschiene“ aufgrund der äußerst geringen Dämpfung des Hohlleiter-Mediums in der Sitzschiene eine mehr als hundertfach geringere Sendeleistung benötigt, was wiederum zu einer drastisch reduzierten Störstrahlung in die Flugzeugkabine führt. Darüber hinaus ist das System äußerst robust gegenüber mechanischen Toleranzen in der Fertigung, im Aufbau und im Betrieb. Die wesentlichen Vor- und Nachteile verschiedener im Rahmen von IFE-Systemen eingesetzter Technologien sind in Tabelle 1 qualitativ aufgelistet. Die Angaben in dieser Tabelle verdeutlichen, dass die „Sprechende Sitzschiene“ die Vorteile konkurrierender Technologien vereint, deren Nachteile aber vermeidet.

Auszeichnung

Das Projekt „Sprechende Sitzschiene“ wurde als Finalist für den Crystal Cabin Award 2011 nominiert. Der Crystal Cabin Award der Freien und Hansestadt Hamburg gilt als der weltweit bedeutendste internationale Innovationspreis für herausragende Produkte und Konzepte im Bereich der Flugzeugkabine.



Bei der finalen Entscheidung, bei der das Projektteam die „Sprechende Sitzschiene“ im Rahmen der Leitmesse Aircraft Interiors Expo 2011 in Hamburg einer internationalen Jury vorgestellt hat, siehe Abbildung 2.2-6, hat es zwar „nur“ für den zweiten Preis gereicht, aber bereits die Nominierung für den Crystal Cabin Award gilt in Fachkreisen als hohe Auszeichnung und darf als Anerkennung der innovativen Projektidee und

	Kabel (LWL etc.)	Wireless (WLAN etc.)	Sprechende Sitzschiene
Flexibilität bei der Anordnung der Sitze	-	+	+
Hohe Datenrate / Nutzer	+	-	+
Mechanische Robustheit	-	+	+
EMC	+	-	+
Einfache Installation	-	-	+

Tabelle 1: Vergleich konkurrierender Technologien



Abb. 2.2-6: Die „Sprechende Sitzschiene“ am Messestand der Leitmesse Aircraft Interiors Expo 2011 in Hamburg

der bisher erzielten Projektergebnisse an der Hochschule Offenburg verstanden werden.

Dank

Die Autoren danken dem Auftraggeber für dieses erfolgreiche Forschungsprojekt der Firma PFW Aerospace AG, Speyer für die stets konstruktive Zusammenarbeit. Weiterhin gilt der Dank der Firma HBH Microwave GmbH, Stutensee, für die gute Zusammenarbeit bei der Realisierung der Sende- und Empfangseinheiten.

Referenzen

[1] Schüssele L., Felhauer T., Christ A., Klausmann T.: Die „Sprechende Sitzschiene“ für In-flight Entertainment Systeme in Passagierflugzeugen, *Horizonte* 37 (ISSN: 1432-9174), S.10 – 14, März 2011

- [2] Schüssele L., Felhauer T., Christ A., Klausmann T., Kaufmann A.: A Novel Broadband Communication System for Aircraft In-flight Entertainment Applications, 2011 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting, Erlangen, Juni 2011
- [3] Kaufmann A., Christ A., Felhauer T., Schüssele L., Klausmann T., Weber C.: Seat rails for Aircrafts. Patentanmeldung beim European Patent Office, München (Patent-No. 10014472.4-2422), 10.11.2010
- [4] Kaufmann A., Christ A., Felhauer T., Schüssele L., Klausmann T., Weber C.: Seat Rail Coupling. Patentanmeldung beim European Patent Office, München (Application-No. 13/027,049), 14.02.2011