

WCDMA basiertes Kommunikationssystem für die Flugsicherung

Dipl.-Ing. Ingo Willimowski, Dipl.-Ing. Frank Meyering
IMST GmbH, Carl-Friedrich-Gauß-Straße 2, 47475 Kamp-Lintfort, Germany
E-Mail: meyering@imst.de, Internet: www.imst.de und www.ist-star.eu

Kurzfassung

Im 6. Rahmenprogramm der EU wird im Projekt STAR untersucht, ob ein Wideband CDMA basiertes Kommunikationssystem für die Flugsicherung (ATM – Air Traffic Management, ATC – Air Traffic Control) möglich ist. Dazu werden die vorgegebenen operationellen Rahmenbedingungen analysiert und eine Architektur für ein zukünftiges digitales Funkssystem entworfen. Um einen nahtlosen Übergang von der noch auf längere Zeit sich in Betrieb befindlichen VHF-Technik zu gewährleisten, wird untersucht, ob der Ansatz eines Software Defined Radio für beide Betriebsarten umsetzbar ist. Ein prototypisches System wird in Labor- und Flugtests das Konzept validieren. In diesem Beitrag wird der Entwicklungsstand des Projektes vorgestellt.

Stand der Technik

Derzeit wird zur Kommunikation zwischen den Bodenstationen und den Flugzeugen sowie auch der Flugzeuge untereinander (ATM – Air Traffic Management, ATC – Air Traffic Control) in erster Linie analoge Technik eingesetzt, die im VHF-Band betrieben wird. Es werden dabei Kanäle mit 8,33 kHz Bandbreite genutzt. Das Verfahren VDL (VHF Digital Link), bei welchem eine (eingeschränkte) Datenkommunikation möglich ist, stößt – wenn es um die Anforderungen moderner Kommunikationsdienste geht – an Grenzen. Dieses weit verbreitete System birgt auch Limitationen in der spektralen Effizienz und weist eine sehr eingeschränkte Abhörsicherheit sowie Störfestigkeit auf.

Damit ist eine langfristige Migration auf ein leistungsfähigeres Systemkonzept angeraten. Es werden derzeit verschiedene Systeme vorgeschlagen und von den zuständigen Gremien evaluiert.

Im 6. Rahmenprogramm der EU wird im Projekt STAR (Secure ATM CDMA Software Defined

Radio) untersucht, ob ein Wideband CDMA (Code Division Multiple Access) basiertes Kommunikationssystem für die Flugsicherung möglich ist. Dazu werden die vorgegebenen operationellen Rahmenbedingungen analysiert und eine Architektur für ein zukünftiges digitales Funkssystem entworfen. Um einen nahtlosen Übergang von der noch auf längere Zeit sich in Betrieb befindlichen VHF-Technik zu gewährleisten, wird untersucht, ob der Ansatz eines Software Defined Radio (SDR) für beide Betriebsarten umsetzbar ist. Ein prototypisches System wird in Labor- und Flugtests das Konzept validieren.

Operationelle Bereiche

Für die Abwicklung der Kommunikation ist der Luftraum in verschiedene operationelle Bereiche unterteilt (vergleiche auch Abbildung 1).

Im Bereich APT (Airport) findet die Kommunikation mit allen sich am Boden bzw. auf den Rollfeldern befindlichen Flugzeugen statt. Für dieses Sze-

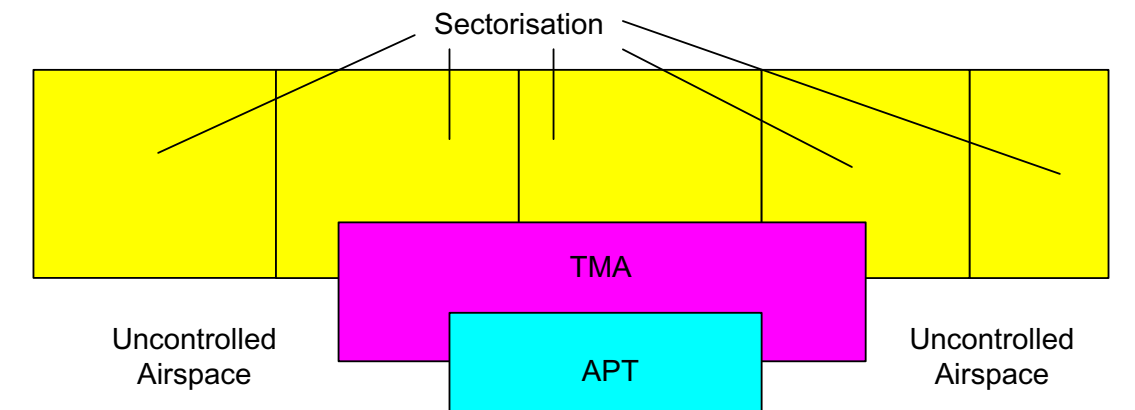


Abbildung 1: Operationelle Bereiche [3]

nario ist als Systemvorschlag für die Kommunikation von der europäischen Behörde EUROCONTROL bereits die WiMAX-Technologie ausgewählt worden und wird damit im Rahmen von STAR nicht betrachtet.

Das Gebiet TMA (Terminal Manoevring Area) beinhaltet die Phasen Start (take off) und Landung (Landing) eines Fluges und ist deshalb in unmittelbarer Nähe des Flughafens zu finden.

ENR (En-Route) umfasst den durch die Flugsicherung kontrollierten Luftraum zur Bewegung von Fluggerät zwischen den Flughäfen. Dieser ist in verschiedene Sektoren unterteilt, welche von unterschiedlichen Sendern auf verschiedenen Frequenzen versorgt werden. Beim Verlassen eines Sektors muss also der Transceiver im Flugzeug auf die neue Frequenz abgestimmt werden. Diese Prozedur geschieht heute noch manuell. Üblicherweise wird ein Sektor von einem Mitarbeiter der Flugsicherung betreut und alle sich in diesem Sektor befindlichen Flugzeuge können die Kommunikation zwischen ihm und den anderen Flugzeugen mitverfolgen.

STAR Projektrahmen

Projektziele

Das Projekt hat sich sieben Ziele gesetzt:

1. ein sicheres breitbandiges Kommunikationssystem für die Flugsicherung zu entwickeln,
2. ein repräsentatives Testsystem, bestehend aus einer Basis- und einer Flugzeugstation, im WCDMA Modus aufzusetzen,
3. einen Prototypen für eine Multi-Mode-Flugzeugstation basierend auf einer SDR-Plattform zu entwickeln,
4. Forschungen zur Kapazität und zur Dienstgüte des WCDMA-Systems in Relation zum VDL-Mode 2 durchzuführen,
5. in Labor- und Feldtests das System zu verifizieren und zu validieren,
6. vorbereitende Standardisierungsarbeit zu leisten und
7. den Systemvorschlag den relevanten Akteuren im Rahmen der Verbreitung der Projektergebnisse nahezubringen

Projektlaufzeit und -konsortium

Das Vorhaben wurde 2006 gestartet und wird Anfang 2009 mit der Durchführung der Feldtests mit einem Versuchsflugzeug der niederländischen NLR und deren Auswertung abgeschlossen.

Als Projektpartner sind beteiligt:

- » drei Großunternehmen (THALES Communications, AGILENT, ERICSSON)
- » drei kleinere und mittlere Unternehmen (IMST, Green Hills, ERCOM)
- » eine Universität und ein R&D Lab (Universidad Politecnica de Madrid and NLR)
- » eine nationale Flugsicherungsbehörde (DFS)
- » sowie assoziierte Partner und die europäische Behörde EUROCONTROL, welche die Systemlösung bei der ICAO (International Civil Aviation Organization) vertritt.

STAR Systemkonzept

Besonderheiten der Einsatzbedingungen

In [1] sind die Anforderungen an zukünftige Funk-systeme für die Flugsicherung, klassifiziert nach Anforderungen generischer Natur, an die Sprachkommunikation und an die Datenkommunikation, definiert worden. Als Basis für die Architektur des Kommunikationssystems dient die des UMTS, wie von 3GPP spezifiziert. Einige Einsatzbedingungen unterscheiden sich von denen im klassischen Mobilfunk, im Folgenden sollen davon einige, die Auslegung der Luftschnittstelle betreffende, vorgestellt werden: Das ATC/ATM Kommunikationssystem muss aufgrund der größeren Bewegungsgeschwindigkeiten mit höheren Dopplerverschiebungen umgehen können. In Tabelle 1 sind zu erwartende Frequenzversätze zusammenfassend abgebildet. In den ersten beiden Datenzeilen der Tabelle sind die Verhältnisse für den UMTS-basierten Mobilfunk dargestellt. In den folgenden Zeilenpaaren finden sich die Parameter für ATM/ATC in L- und C-Band. Es zeigt sich, dass selbst im L-Band schon Frequenzversätze auftreten, die dem Mehrfachen im Vergleich zum Einsatzbereich Mobilfunk entsprechen. Die Signalverarbeitung in Basis- und Flugzeugstation muss dahingehend ausgelegt werden,

Band	Speed Drift (km/h)	Oscillator Drift (ppb)	Carrier Frequency (GHz)	Doppler Shift (kHz)	Oscillator Shift (kHz)	Total Shift (kHz)
UMTS	120	150	2,17	0,241	0,326	0,567
	250	150	2,17	0,502	0,326	0,828
L	1570	150	1,164	1,70	0,175	1,87
	2220	150	1,164	2,40	0,175	2,57
C	1570	150	5,15	7,51	0,773	8,28
	2220	150	5,15	10,6	0,773	11,4

Tabelle 1: Maximale Frequenzversätze [4]

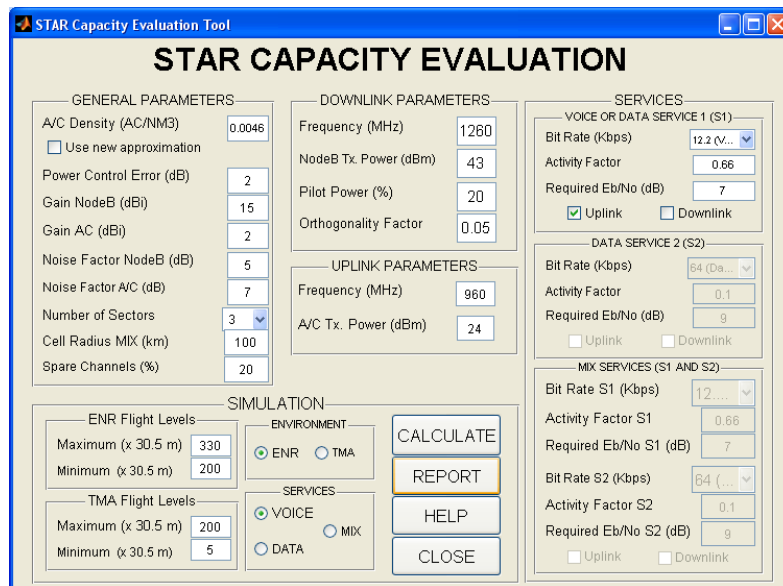


Abbildung 2: Simulationstool für Systemkapazität [6]

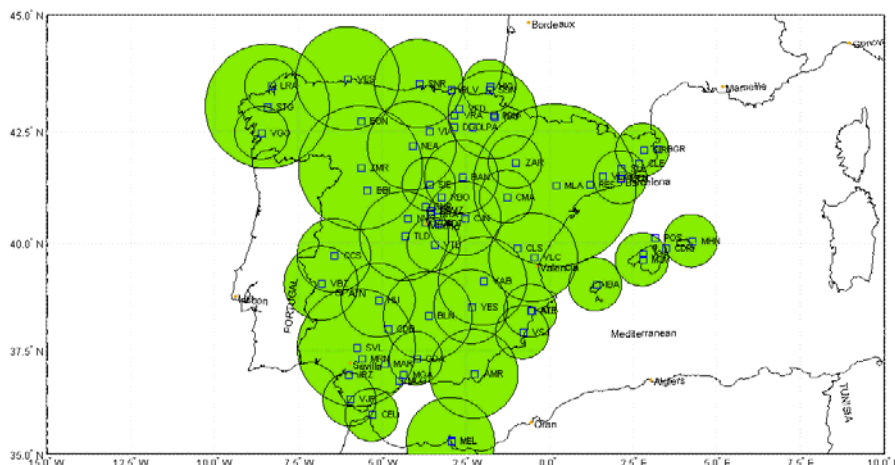


Abbildung 3: Beispiel einer Betrachtung zur Netzabdeckung [6]

derartige Frequenzversätze zu kompensieren. Die bei einem derartigen Anwendungszweck notwendigen größeren Funkzellen haben auch Auswirkungen auf das Timing des Funksystems. Vor allem der Zufallszugriff über den RACH (Random Access Channel) und die schnelle Regelung der Sendeleitung (fast power control loop) werden beeinflusst. Während bei der Leistungsregelung sich das Problem etwas durch den Fakt entschärft, dass in der Regel von LOS (Line of Sight) Bedingungen ausgegangen werden kann, müssen die RACH-Prozeduren auf das veränderte Timing angepasst werden, da die Standardprozeduren, wie in 3GPP definiert, sonst die Funkzelle auf einen Radius von 240 km limitieren würden.

Detaillierte Aussagen zur größeren Kapazität eines WCDMA-Systems für die Flugsicherung im Vergleich zu VDL 2 auf der Basis des im Projekt ent-

standenen Simulationstools (siehe Abbildung 2) sind u.a. in [2] zu finden. Als Ergebnis dieser Betrachtungen ist ein Beispiel einer Netzabdeckungsplanung unter Nutzung vorhandener Standorte von Sendern für die Flugzeugnavigation (DME) für Spanien in Abbildung 3 dargestellt.

STAR Netzarchitektur

Es wird eine flache Architektur, wie sie in den neueren auf LTE/SAE basierenden Releases umgesetzt ist, angestrebt. Die STAR Long Term Architecture ist in Abbildung 4 dargestellt.

Das STAR Funkzugangnetz SRAN (STAR Radio Access Networks) besteht aus den Kernkomponenten SNB (STAR Node B), der Basisstation, welche die Funkversorgung sicherstellt, und dem SAGW

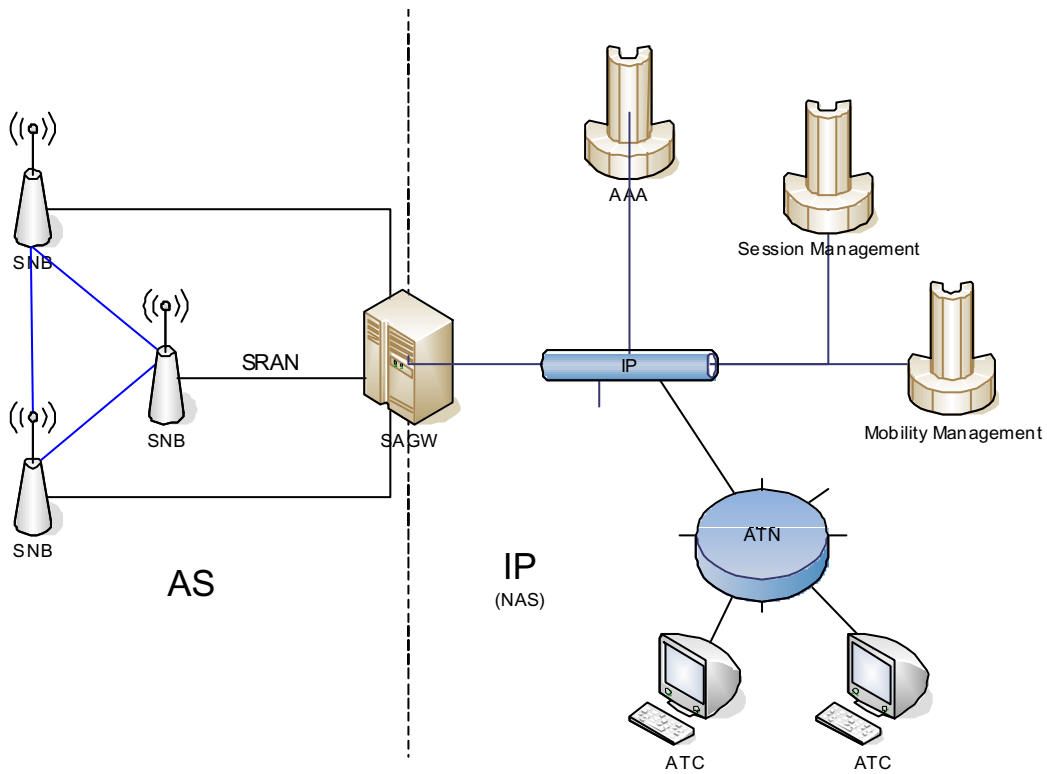


Abbildung 4: STAR Long Term Architecture [5]

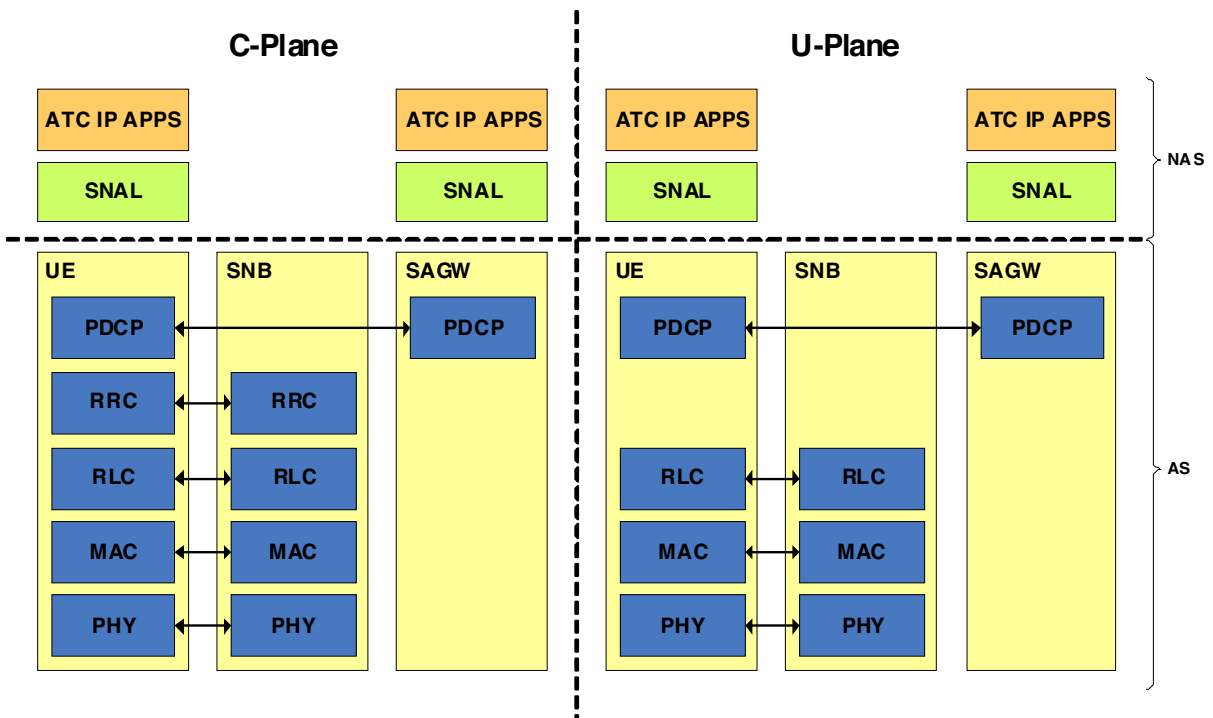


Abbildung 5: STAR Protocol Architecture [5]

(STAR Access Gateway), dem Bindeglied zum STAR Kernnetz.

Das IP-basierte STAR Kernnetz beinhaltet Server für die AAA-Services (Authentication, Authorization, Accounting), das Session Management für die Verwaltung der Verbindungen und die Mobilitätsverwaltung. Es bindet gleichfalls das (proprietäre)

ATN (Air Traffic Network) an, welches sich evolutionär aus dem derzeitigen System der Funksicherung weiterentwickelt. Diese Architektur, basierend auf dem Internet Protokollen (IP), erleichtert auch die Anbindung des für die Versorgung der APT-Area zuständigen Funkzugangnetzes auf der Basis des WiMAX-Standards.

Protokollarchitektur

Die Protokollarchitektur des STAR Systems folgt weitestgehend derjenigen wie in 3GPP LTE/SAE definiert. In Abbildung 5 ist die Protokollarchitektur der Luftschnittstelle für die Steuerungsdaten (C-Plane, im Bild links) und die Nutzerdaten (U-Plane, im Bild rechts) dargestellt. Zwischen den IP-basierten ATC-Applikationen zur Sprach- und Datenübertragung und den 3GPP-basierten Transportmechanismen ist ein STAR Network Adaption Layer (SNAL) angesiedelt. Er realisiert die Umsetzung zwischen beiden Schichten und ist im SAGW lokalisiert. Eine Übersicht über den SNAL und dessen Interfaces ist in Abbildung 6 zu finden.

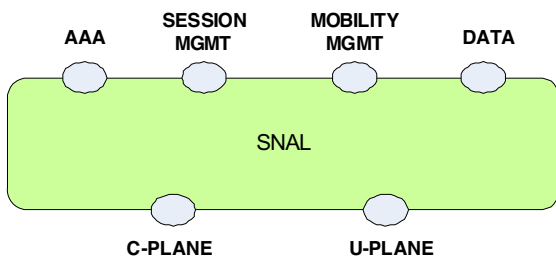


Abbildung 6: STAR Network Adaption Layer (SNAL) [5]

STAR Demonstrationssystem

Zur Verifizierung und Validierung des Systemkonzeptes wird ein prototypisches Demonstrationssystem aufgebaut. Dieses wird einer umfangreichen Erprobung in einer Laborumgebung unterzogen, um dann abschließend bei einem Flug in einem Versuchsflugzeug der niederländischen NLR unter

realen Bedingungen erprobt zu werden. Eine Übersicht über das Demonstrationssystem ist in Abbildung 7 dargestellt.

Für den Test der VHF-Kommunikation wird auf der Infrastrukturseite verfügbare kommerzielle Technik eingesetzt, welche über einen Kanalsimulator mit der Flugzeugstation kommuniziert.

Die STAR-Infrastruktur für den WCDMA-Modus besteht aus einem Emulator für das Kernnetz (Core Network, CN) und den RNC (Radio Network Controller) sowie einer kommerziellen Basisstation, die mittels Frequenzumsetzer auf den Frequenzbereich für das STAR-System im L-Band abgestimmt ist.

Radio Access Type	Frequency
VHF	118-137 MHz
WCDMA	DL: 967 MHz (Basisstation zu Flugzeug) UL: 1153,5 MHz (Flugzeug zu Basisstation)

Tabelle 2: Betriebsfrequenzen für den Demonstrator

Für das STAR Demonstrationssystem ist die Nutzung von zwei 5 MHz-Frequenzbändern im L-Band vorgesehen. Eine Analyse der dort vorherrschenden Frequenzbelegung und der Rückwirkungen mit anderen Funkdiensten ergab die in Tabelle 2 aufgeführten Betriebsfrequenzbereiche, vergleiche auch Abbildung 8. Die Flugzeugstation ist mit einem Software Defined Radio ausgestattet, welches in beiden Betriebsmodi VHF und WCDMA arbeitet. Die Application Server stellen die Nutzdaten zur Übertragung bereit bzw. nehmen diese von der anderen Kommunikationsseite entgegen.

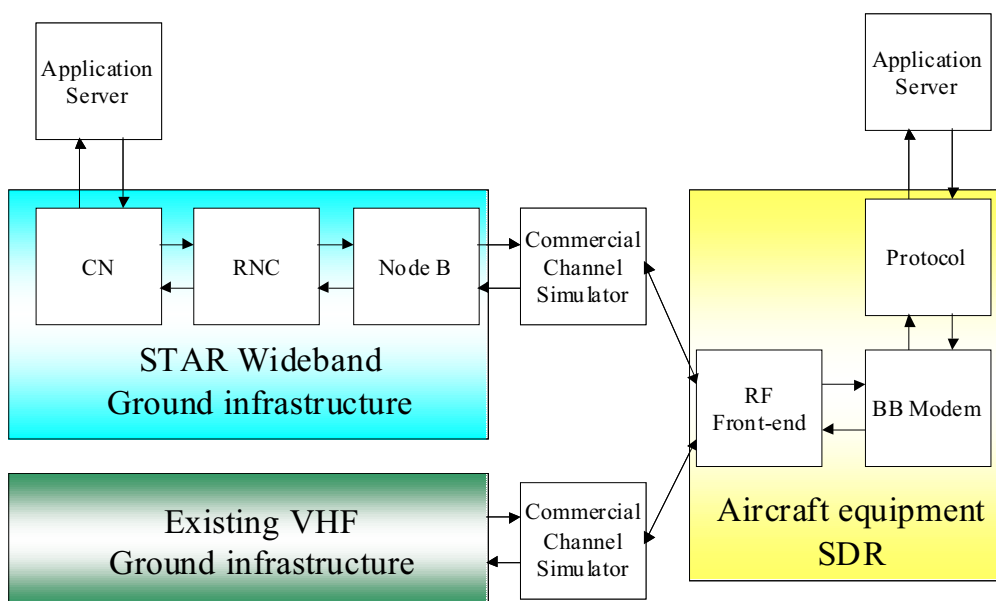


Abbildung 7: STAR Demonstrationssystem

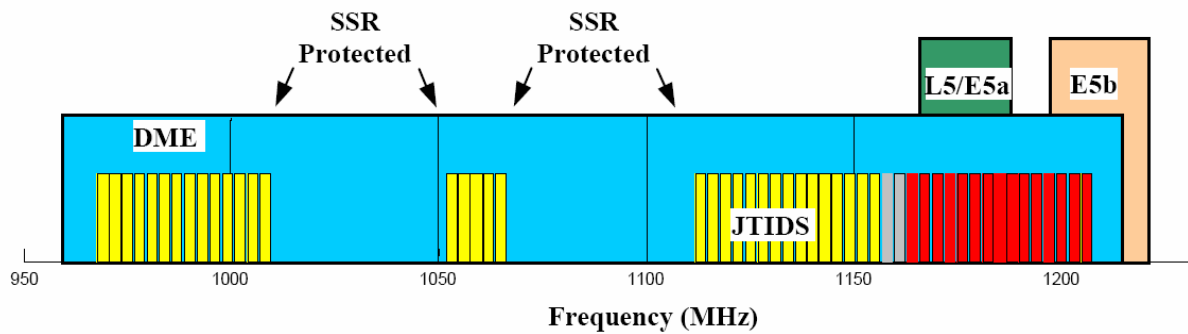


Abbildung 8: Frequenzzuweisungen im Band 960 bis 1215 MHz [4]

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wurde ein im Rahmen des EU-Projektes STAR entwickeltes Konzept für den digitalen Flugfunk auf der Basis eines WCDMA-Systems und der Nutzung der Software Defined Radio Technologie vorgestellt. Die besonderen Einsatzbedingungen wurden betrachtet und die Architektur des zukünftigen Systems sowie des prototypischen Demonstrators wurden aufgezeigt. Die Arbeiten, die in diesem Aufsatz dargestellt wurden, werden durch die Europäische Kommission im 6. Forschungsrahmenprogramm unterstützt: Priority 1.3.1.4a Co-operative Air Traffic Management, Contract № AST5-CT-2006-030824.

Literatur

- [1] ICAO AMCP/7 – WP81: General System Requirements (Voice and Data Link)
- [2] Ramón, Miguel Calvo; Rodríguez-Osorio, Ramón Martínez; Ahmed, Bazil Taha, Jiménez, Juan José Iglesias: Capacity of a UMTS System for Aeronautical Communications. 11th WSEAS International Conference on COMMUNICATIONS (July 26-28, 2007)
- [3] STAR Deliverable D1.1 Traffic Classes Definition and Specification
- [4] STAR Deliverable D2.1 Wideband Air Interface Requirement Definition
- [5] STAR Deliverable D4.1 STAR Network Architecture
- [6] STAR Deliverable D4.2 Capacity Evaluation Results

Abkürzungen

3G	3 rd Generation Public Land Mobile Network
3GPP	3 rd Generation Partnership Project
AAA	Authentication, Authorization, Accounting

APT	Airport
AS	Access Stratum
ATC	Air Traffic Control
ATM	Air Traffic Management
ATN	Air Traffic Network
CDMA	Code Division Multiple Access
CN	Core Network
DL	Downlink
DME	Distance Measuring Equipment
ENR	En-Route
ICAO	International Civil Aviation Organization
IP	Internet Protocol
JTIDS	Joint Tactical Information Distribution System
LOS	Line of Sight
LTE	Long Term Evolution
MAC	Multiple Access Control
NAS	Non Access Stratum
PDCP	Packet Data Convergence Protocol
PHY	Physical Layer
RACH	Random Access Channel
RNC	Radio Network Controller
RRC	Radio Resource Control
SAE	Service Architecture Evolution
SAGW	STAR Access Gateway
SDR	Software Defined Radio
SRAN	STAR Radio Access Network
SNAL	STAR Network Adaption Layer
SNB	STAR Node B
SSR	Secondary Surveillance Radar
STAR	Secure ATM CDMA Software Defined Radio
TMA	Terminal Manoeuvring Area
UE	User Equipment
UL	Uplink
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VDL	VHF Digital Link
VHF	Very High Frequency
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access