

# ISDN im Transrapid

## Beispielprojekt der ikon GmbH: ISDN für den Transrapid

**Dieser Artikel zeigt beispielhaft ein Projekt aus dem Bereich Telekommunikation, das heute typischerweise mit Embedded Systemen und modernen Echtzeitbetriebssystemen realisiert wird. Die ikon GmbH in Ulm hat sich auf die Durchführung solcher Projekte spezialisiert, vor allem mit Komponenten für die Kommunikation über ISDN, ATM, Frame Relay und verwandten Protokollen. Der Bau der Strecke Hamburg - Berlin ist zwar derzeit noch politisch umstritten, dennoch scheint der Transrapid ein interessantes Verkehrsmittel zu sein, das mittelfristig den überfüllten Luftraum entlasten könnte. Auf jeden Fall bietet er ein technisch hochinteressantes Konzept, das wohl unabhängig von der aktuellen Diskussion weiterentwickelt wird. Dabei wird die nächste Fahrzeuggeneration auf der Teststrecke im Emsland über ein Kommunikationssystem verfügen, das es ermöglicht, handelsübliche Euro-ISDN Endgeräte für die Betriebskommunikation und die Verbindung der Fahrgäste mit dem Rest der Welt einzusetzen.**



Für den Transrapid wurde von der EADS ein redundantes Funksystem im 38-GHz Frequenzband entwickelt, das auch bei den hohen erreichbaren Geschwindigkeiten einen reibungslosen Wechsel der Funkbereiche während der Fahrt ermöglicht. Dieses Funksystem wird für die Betriebsleittechnik eingesetzt und dient daneben auch der Sprach- und Datenkommunikation mit den Fahrzeugen.

Das Funksystem besteht aus einer Funkzentrale, mehreren Funkdezentralen, den Basisstationen mit den Funkmasten und den Mobilstationen in den

Fahrzeugen (siehe Bild 2). Von der Funkzentrale aus wird das gesamte Funknetz gesteuert. An die Funkzentrale sind die Dezentralen für die Versorgung der Funkbereiche entlang der Strecke über redundante Lichtwellenleiterverbindungen angeschlossen. Die Dezentralen organisieren die Telegrammübertragung an die in ihrem Bereich befindlichen Fahrzeuge und ordnen die empfangenen Telegramme den entsprechenden Fahrzeugen zu. An jede Dezentrale sind mehrere Basisstationen auf den Funkmasten entlang des Fahrwegs mit redundanten LWL-Verbindungen angeschlossen. Dabei werden Antennen mit Richtcharakteristik verwendet, die die Funkenergie entlang der Strecke bündeln. Die Mobilstationen in den Fahrzeugen sind ebenfalls redundant ausgelegt, um eine gleichzeitige Kommunikation mit mehreren Basisstationen zu ermöglichen.

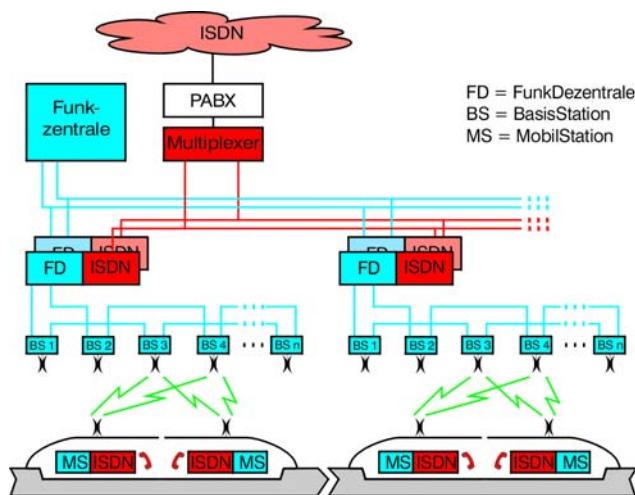
Die Aufgabe der ikon GmbH war es, sich an das bestehende Funksystem anzukoppeln und eine Übertragung mehrerer ISDN-Kanäle pro Fahrzeug zu ermöglichen.

An die ISDN-Technik wurden dabei folgende Anforderungen gestellt:

- Bereitstellung mehrerer S0-Schnittstellen mit Euro-ISDN Protokoll im Fahrzeug für die Betriebs- und die Fahrgastkommunikation.
- Kompression der Sprachkanäle der Betriebskommunikation für die Funkübertragung im Verhältnis 4:1 zur Reduzierung der Bandbreite im Funkkanal.
- Anbindung an das redundante Funksystem der EADS.
- Kommunikation mit den Funkrechnern zur Definition der Fahrzeug-Kanal Zuordnung.
- Konzentration der ISDN-Daten aller im Funkbereich befindlichen Fahrzeuge in der Funkdezentrale.
- Trennung der Betriebs- und der Fahrgastkommunikation in der Dezentrale.

# ISDN im Transrapid

- Übertragung der ISDN-Daten der Dezentralen über E1-Schnittstellen (32 Kanäle à 64kbit/s - gesamt 2 MBit/s), die sich über am Markt verfügbare Konverter oder ATM-Switche für die Verbindung zwischen den Dezentralen auf Lichtwellenleiter umsetzen lassen.
- Realisierung einer ISDN-Bus-Funktionalität zwischen den Dezentralen, die es ermöglicht, die Daten eines Fahrzeugs in mehreren Funkbereichen gleichzeitig zu übertragen. Damit werden lästige Aussetzer beim Wechsel des Funkbereichs vermieden.
- Umsetzung der E1-Schnittstellen von den Dezentralen auf eine ISDN- Primärmultiplexschnittstelle (2 MBit/s - 30 B-Kanäle) mit Euro-ISDN Protokoll für den Anschluss an eine handelsübliche Nebenstellenanlage oder an das öffentliche ISDN-Netz in der Zentrale.
- Redundante Versorgung der ISDN-Verbindungen von der Zentrale zu den Dezentralen.
- Rugged Design der Komponenten, vor allem für den Einsatz im Fahrzeug.
- Aufbau als einzelne Einfach-Europakarte im Fahrzeug, maximal zwei Einfach- Europakarten in Zentrale und Funkdezentrale zur Integration in das bestehende 19" System.



**Bild 2 - Aufbau des Funksystems**

Nach anfänglichen Diskussionen über die Möglichkeiten des Einsatzes von Kaufkomponenten war schnell klar, dass nur eine Eigenentwicklung der Hardware in Frage kommt.

Ein Ziel der Entwicklung war dabei, ein möglichst ähnliches Design für die Komponenten in Zentrale, Dezentrale und Fahrzeug zu erreichen, da damit Hard- und Softwarekosten niedrig gehalten werden können. Ein weiteres Einsparpotential ergab sich durch die Verwendung der gleichen Hardwareplattform für Zentrale und Dezentrale, da deren Schnittstellen weitestgehend identisch sind.

Die zentrale Entscheidung der eingesetzten CPU fiel auf den MPC860 von Motorola, da mit ihm sehr effiziente Hardwaredesigns möglich sind und bei ikon bereits große Teile der ISDN-Software dafür existierten. Beide Boards (Zentrale/Dezentrale und Fahrzeug) wurden mit 4 MB Flash und 8 MB RAM bestückt. Die Anbindung an das Funksystem erfolgt durch jeweils 2 Motorola 56303 DSPs und DPRAMs.

Das Board für den Konverter im Fahrzeug (siehe Bild 3 oben) wurde zusätzlich mit 3 ISDN-SO-Schnittstellen ausgestattet. Diese wurden mit den aktuellen 4-fach ISDN-Controllern von Siemens (IDEC und QUAT-S) realisiert, die über die IOM-2 (ISDN Oriented Modular) Schnittstelle an einen SCC (Serial Communication Controller) des MPC860 angeschlossen sind. Ein weiterer 56303 DSP wurde für die Kompression der Sprachkanäle entsprechend G.726 ADPCM eingesetzt. Über die im Bild ersichtlichen Pfostenverbinder werden die JTAG- und die BDM-Schnittstelle des MPC860 und eine Debug-Schnittstelle herausgeführt.

Die Boards für den Multiplexer in der Zentrale und den Konverter in der Dezentrale (siehe Bild 3 unten – ohne Aufsteckmodul) wurden mit 4 weiteren 56303 DSPs für die Kompression der Sprachkanäle aller im Funkbereich befindlichen Fahrzeuge bestückt. Auf dem Aufsteckmodul wurden 4 E1-Schnittstellen mit Dallas 2154L Framern als Verbindung zu den anderen Dezentralen bzw. der Zentrale realisiert.

Die einzelnen Kanäle der E1-Schnittstellen können über die Switching-Funktionalität der 2 integrierten Siemens MUSAC Bausteine praktisch beliebig rangiert werden. Die geforderte ISDN-Bus-Funktionalität wird über die Datenkonferenz-Option der MUSACs realisiert.

# ISDN im Transrapid

Eine wichtige Rolle bei der Realisierung der Software spielte die Auswahl der Entwicklungstools. Die Entscheidung für das Betriebssystem fiel dabei auf Tornado / VxWorks von WindRiver, als Emulator auf der BDM-Schnittstelle wurde das BDI2000 von Abatron mit der bdiWind Software eingesetzt. Gründe für VxWorks waren neben der bereits existierenden Portierung der ikon ISDN-Software auch die gute Unterstützung des MPC860 und die nahtlose Integration mit dem BDI2000. Über die Ethernet-Schnittstelle des BDI2000 kann dabei die Software schnell ins RAM oder Flash- ROM des Targets geladen und mit den Tornado-Tools effizient debugged werden.

Eine weitere wichtige Voraussetzung war die von ikon vorentwickelte ISDN-Software, die das geforderte DSS- 1 oder Euro-ISDN Protokoll unterstützt und bereits in anderen Projekten erfolgreich eingesetzt wurde. Diese ISDN-Software besteht aus verschiedenen Modulen für die Device Driver, die Layer 1, 2 und 3, der CAPI (Common ISDN API) und der PABX-Applikation. Die Device Driver steuern die physikalischen Schnittstellen und sorgen für eine Abstraktion dieser Schnittstellen in D- und B-Kanäle.

Über die D-Kanäle läuft die Signalisierung der Verbindungen ab, über die B-Kanäle werden die eigentlichen Daten (z.B. Sprache) übertragen. Die Hauptaufgabe des Layer 1 Moduls ist neben der Kontrolle der physikalischen Schnittstellen das Routing der D- und B-Kanäle.

Die Daten der D-Kanäle werden dabei von den höheren Schichten des ISDN-Protokollstacks weiterverarbeitet, die B-Kanäle können optional über weitere Protokollschichten Richtung CAPI oder wieder Richtung Device Driver auf eine andere Schnittstelle geroutet werden.

Die Aufschaltung von Tönen für den PABX-Betrieb erfolgt ebenfalls hier. Die Layer 2 und 3 Module bilden einen Euro-ISDN Protokollstack entsprechend den Spezifikationen des ETSI (European Telecommunication Standards Institute).

Als Besonderheit ist hier zu nennen, dass der ikon Protokollstack mehrere verschieden konfigurierte ISDN-Schnittstellen gleichzeitig behandeln kann (Netz- und Teilnehmerseite, S0 und S2M). Die CAPI bietet dabei überhalb des Layer 3 eine standardisierte Programmierschnittstelle für ISDN Anwendungen. Als Anwendung wird hier eine PABX-Applikation eingesetzt, die die Funktionen

einer Nebenstellenanlage wie Verbinden von Teilnehmern, Aufschalten von Tönen usw. realisiert.

Diese vorentwickelten Bausteine mussten auf die Hardware angepasst, für die Applikation konfiguriert und um projektspezifische Teile, abhängig vom Einsatz in Fahrzeug, Dezentrale oder Zentrale erweitert werden. Der Konverter im Fahrzeug ist dabei im Prinzip eine TK-Anlage mit 3 internen S0-Bus-Schnittstellen und 3 S0-Querverbindungen über die Funkschnittstelle.



**Bild 3 – Entwickelte Hardware**

Die Funkschnittstelle ist dabei als Device Driver im Layer 1 Modul eingebunden. Sobald ein Teilnehmer an einer internen S0-Schnittstelle abhebt und zu wählen beginnt werden die Signalisierungsinformationen durch die PABX-Applikation über Funk weitergeleitet.

Nach Zustandekommen der Verbindung werden auch die B-Kanal-Daten über die Funkstrecke geroutet. Reine Sprachdaten können dabei optional über die DSPs nach G.726 ADPCM komprimiert werden. Der Konverter in der Dezentrale ist (fast) ein reiner Datenrouter. Entsprechend der Signalisierung des Funkrechners über die Host-Schnittstelle werden die D und B-Kanäle der Fahrzeuge im Funkbereich von der Funkschnittstelle auf die E1-Schnittstellen Richtung Zentrale geroutet und die ISDN-Bus-Verbindungen zu den weiteren Dezentralen geschaltet. B-Kanal-Daten werden hier optional wieder dekomprimiert.

# ISDN im Transrapid

Der Multiplexer in der Zentrale funktioniert wieder wie eine TK-Anlage mit vielen S0-Querverbindungen über die E1-Schnittstellen zu den Dezentralen und einer S2M-Amtsschnittstelle. Die ISDN-Signalisierung wird dabei an ein Endgerät an der angeschlossenen Nebenstellenanlage oder ins weltweite Telekommunikationsnetz weitergeleitet. Nach Zustandekommen einer Verbindung werden die B-Kanal-Daten zwischen E1- und S2M-Schnittstelle geroutet. Der Multiplexer in der Zentrale bewerkstelligt auch die gleichzeitige Versorgung der redundanten E1-Schnittstellen zu den Dezentralen.

Durch den Einsatz hochentwickelter Hard- und Softwarebausteine können Telekommunikationsprojekte heute in relativ kurzer Zeit erfolgreich durchgeführt werden.

Dabei ermöglichen hochintegrierte Mikrocontroller wie der MPC860 sehr flexible Designs mit wenigen Peripheriebausteinen.

Die vorhandenen Softwaretools, wie die Tornado Entwicklungsumgebung mit dem BDI2000 erlauben zusammen mit vorentwickelten Protokollstacks eine einfache und rasche Integration mit den projektspezifischen Applikationen.

Die ISDN-Lösung wird in Kürze in die nächste Fahrzeuggeneration des Transrapid eingebaut, die während der EXPO2000 einem breiten internationalen Publikum vorgestellt wird.

(Karl Judex, ikon GmbH)

Referenzen:

[1] Bobel H., Krüger C., Materne R.:  
Zugbeeinflussung mit Funkübertragung für den Transrapid, SIGNAL+DRAHT, Heft 3, 1997  
Zeitschriftenartikel aus der Zeitschrift "Systeme",  
Ausgabe 9/99

THEMA DES MONATS - Komponenten für die mobile Kommunikation