Entwurf und Implementierung eines Multiplexers für das Eintasten von Datendiensten im digitalen Rundfunksystem DAB

Guido Richardt
TechnoTrend Systemtechnik GmbH
Wilhelm-Wolff-Straße 6
99099 Erfurt
Guido.Richardt@TechnoTrend.DE

Zusammenfassung

Das digitale Rundfunksystem DAB bietet neben seiner primären Bestimmung Radioprogramme in hoher Qualität zu verbreiten von vornherein die Möglichkeit, programmunabhängige Datendienste auszustrahlen. Die Daten müssen für die DAB-konforme Beförderung aufbereitet und die Kapazität des Übertragungskanals muß auf verschiedene Anbieter aufgeteilt werden. Für den Anbieter von Datendiensten steht die einfache Einbringung seiner Daten in das DAB-System im Vordergrund.

In diesem Beitrag werden die Mechanismen der DAB-Datenübertragung und die verwendeten Strukturen erläutert. Es werden Datenwege vom Anbieter zum DAB-Transportsystem aufgezeigt. Die vorgestellte Multiplexer-Software TT-DI/NP übernimmt die Verarbeitung der Anbieterdaten gemäß den Standards bis hin zur Einspeisung in den DAB-Übertragungskanal. Zu ihren Aufgaben gehört weiterhin Bitratenmanagment, Scheduling und Echtzeitdateneinbindung.

1 Einführung

Mit der bereits 1987 begonnenen Entwicklung des Digital Audio Broadcasting (DAB) wurden mehrere Ziele verfolgt. Die Eignung für den mobilen Empfang und die verbesserte Tonqualität standen dabei im Vordergrund. Sie werden durch ein spezielles Modulationsverfahren (COFDM) und die Tondatenreduktion nach MPEG Audio Layer II erreicht.

Für eine Aufwertung des Rundfunks sah das DAB-System von Anfang an Informations- und Datendienste vor. Als diensteintegrierendes Broadcastsystem gestattet DAB die Verteilung (multimedialer) Daten an eine große Anzahl von Empfängern. Es kann Datenströme mit bis zu 1,5 MBit/s übertragen.

DAB unterscheidet programmbegleitende und programmunabhängige Datendienste. Letztere gestatten, unterschiedlichste Datendienste über DAB zu verbreiten, deren Inhalt vom Dienstanbieter gestellt wird. Bevor die Daten den Empfänger erreichen, haben sie den langen Weg vom Anbieter und viele Verarbeitungsschritte hinter sich. Die hier vorgestellte Software stellt eine wichtige Station auf diesem Datenverarbeitungsweg dar. Sie ist die Schnittstelle zum Datenanbieter auf der einen Seite und zum DAB-Transportsystem auf der anderen Seite.

Zur Kodierung der Dateien des Angebots wird das Multimedia Object Transfer Protocol (MOT) verwendet. Es hat sich im DAB-System zur Übertragung von Diensten mit multimedialem Charakter, insbesondere auf HTML-Basis, durchgesetzt.

2 Prinzip der DAB-Ausstrahlung

Die Abbildung 2.1 zeigt das Prinzip der DAB-Signalerzeugung. Der DAB-Übertragungskanal ist in zwei Teile untergliedert: den Fast Information Channel (FIC) und den Main Service Channel (MSC).

Der MSC hält ca. 95% Anteil an der Kanalkapazität. In ihm werden hauptsächlich die Hörfunkprogramme und die Datendienste übertragen. Dazu wird der MSC in bis zu 64 Teilkanäle (Sub Channels, SubChs) eingeteilt. Die Radioprogramme werden einer Tondatenreduktion nach ISO/IEC 11172-3 (MPEG Audio Layer II) unterzogen, bevor sie jeweils in einem eigenen Teilkanal weiterverarbeitet werden. Die Datendienste können im Paketmodus oder im Stream-Modus übertragen werden. Im gewöhnlich verwendeten Paketmodus muß die vorhandene Teilkanalkapazität auf die einzelnen Datendienste aufgeteilt werden (Scheduling). Eine individuelle Anpassung der Datenraten ist hier möglich. Im Stream-Modus, der im allgemeinen nicht zur Übertragung von Datendiensten genutzt wird, muß die Datenrate des Datenstromes zeitlich konstant sein. Für Hörfunkprogramme mit ihrer konstanten MPEG-Audiorahmenrate findet der Stream-Modus Anwendung. Nach der Kanalkodierung werden die Teilkanäle des MSC im Ensemble-Multiplexer in den DAB-Übertragungsrahmen eingepaßt.

Der FIC hält nur ca. 5% der Übertragungskapazität und ist demzufolge nicht für aufwendige Datendienste oder Hörfunk geeignet. In ihm werden Informationen über die aktuelle Aufteilung des MSC in Teilkanäle und ihre Inhalte ausgestrahlt. Diese nutzt der Empfänger zu seiner Konfiguration und zur Anzeige von Informationen (Sendername, Programmart, ...), die wiederum dem Nutzer (Hörer) eine Auswahl ermöglichen.

Die COFDM-modulierten Daten des MSC und des FIC (COFDM-Symbole genannt) bilden zusammen mit Synchronisationssymbolen den DAB-Übertragungsrahmen. Sie werden verstärkt und abgestrahlt.

Die Organisation der Teilkanäle und Dienste (wie Rundfunkprogramme und Datendienste) wird als Multiplexkonfiguration bezeichnet. Die Änderung einer Multiplexkonfiguration (Rekonfiguration) erlaubt die Veränderung der Größe von Teilkanälen oder der gesamten Multiplexkonfiguration.

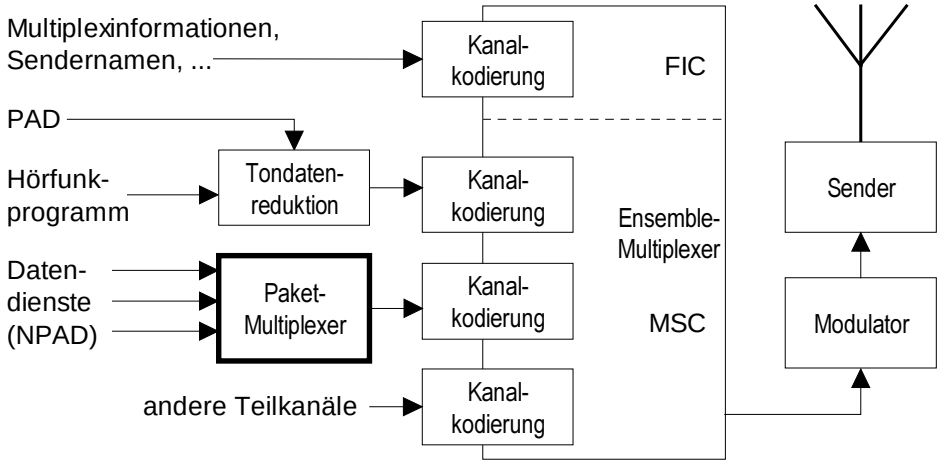


Abbildung 2.1: Die Erzeugung des DAB-Signals

3 Datendienste im DAB-System

3.1 Übertragungswege für Daten

Das DAB-System unterstützt folgende Wege zur Übertragung von Daten:

- *FIC - Datenübertragung im FIDC*

Der FIC dient vorrangig zum Übertragen der Informationen über die Multiplexkonfiguration. In Abhängigkeit von der Anzahl der Dienstkomponenten im DAB-Multiplex wird eventuell nicht die gesamte Kapazität des FIC benötigt. Die Restkapazität ist für beliebige Datendienste verwendbar. Den Kanal für die Datendienste bezeichnet man als Fast Information Data Channel (FIDC).

- *MSC - Datenübertragung in den MPEG-Rahmen (PAD)*

Neben den reinen Tondaten können in jedem MPEG-Rahmen zusätzliche Daten transportiert werden. Die übertragen Daten nennt man programmbegleitende Daten (Programme Associated Data, PAD). Schwerpunkt gegenwärtiger PAD-Anwendungen sind der Radiotext (z.B. Titel- und Verkehrsinformationen) und die Übertragung von Daten mittels MOT (z.B. CD-Cover, Bilder der Moderatoren, Texte).

- *MSC - Datenübertragung im Paketmodus (NPAD)*

Wird ein eigener Sub-Channel für Datendienste verwendet spricht man von programm-unabhängigen Daten (None Programme Associated Data, NPAD). Die NPAD-Übertragung im Paketmodus erlaubt die gezielte Steuerung der Dienstkapazität von 0 bis zur maximalen Datenrate des Sub-Channels. Die Kanalkapazität beträgt minimal 8 kBit/s und kann in 8 kBit/s-Schritten bis maximal zur gesamten MSC-Kapazität (etwa 1,2 MBit/s) gewählt werden. In gegenwärtigen DAB-Systemen wird meist ein Sub-Channel mit 64 kBit/s für die Datenübertragung im Paketmodus verwendet.

Im folgenden wird die Datenübertragung im Paketmodus und das darauf aufsetzende Multimedia Object Transfer Protokoll betrachtet.

3.2 Das Multimedia Object Transfer Protokoll (MOT)

Das Multimedia Object Transfer Protocol wurde für die Datenübertragung im DAB-System entwickelt und verfolgt mehrere Ziele:

- die Übertragung von multimedialen Objekten,
- den leichten Zugang zu den Daten für den Nutzer auf Empfängerseite,
- die Berücksichtigung der unidirektionalen Verbreitung der Daten,
- die teilweise Steuerung der Darstellung und Verarbeitung der Daten beim Empfänger,

Gegenwärtig werden alle NPAD-Datendienste gemäß dem MOT-Protokoll übertragen. Dabei kommen vor allem HTML-basierte Dienste zum Einsatz. Unter diesen Diensten ist die Übertragung von HTML-, GIF-, JPG- und anderen Dateien zu verstehen, die eine ansprechende Darstellung von Informationen erlaubt, wie sie zum Beispiel aus dem Internet bekannt ist.

Die Idee des Protokolls besteht darin, durch Zusatzinformationen die Darstellung der Dateien beim Empfänger zu steuern und den Datenbestand zu verwalten. Mit MOT kann der Forderung, auch nicht standardisierte Datentypen verbreiten zu können, Rechnung getragen werden.

Die Übertragung von multimedialen Objekten nach dem MOT-Protokoll im DAB-System zeigt Abbildung 3.1. Die einzelnen Schichten veranschaulichen die Verarbeitungsschritte, welche die Daten beim Sender und Empfänger durchlaufen. Die fett umrahmten Blöcke gehören zum Aufgabenbereich der TT-DI/NP-Software (→ Abschnitt 4).

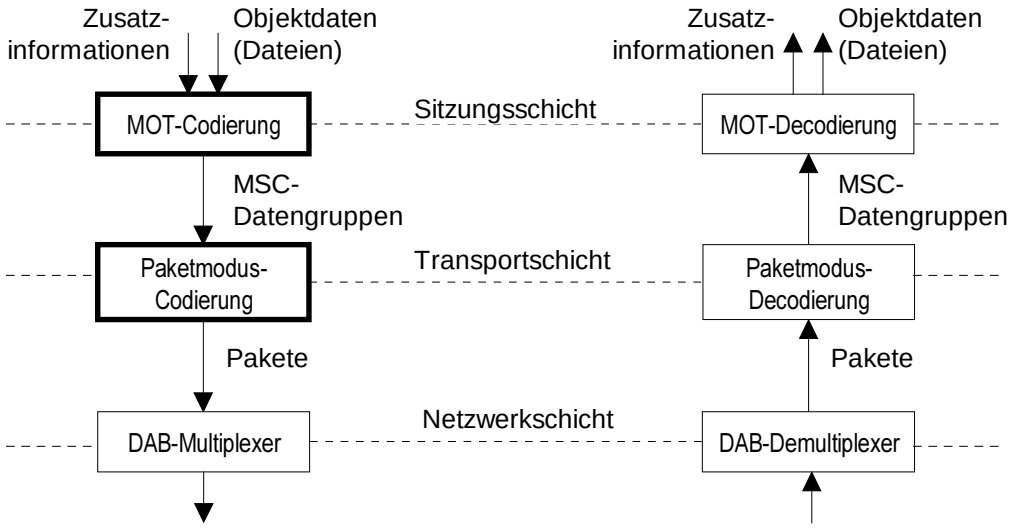


Abbildung 3.1: Schichtenmodell der MOT-Datenübertragung

3.3 Strukturen der MOT-Datenübertragung

Der MOT-Datendienst besteht aus einer oder mehreren zusammengehörenden Dateien und zusätzlichen Informationen (Parameter). Eine Datei und ihre Parameter bilden ein MOT-Objekt. Die Datei wird unverändert im Rumpf (Body) des Objekts transportiert, die zusätzlichen Informationen werden im Kopf (Header) untergebracht. Der MOT-Header besteht aus zwei Teilen: dem Header-Core und der Header-Extension. Der Header-Core enthält Informationen über die Größe und den Typ der Datei, so daß der Empfänger erkennen kann, ob er in der Lage ist, die Datei zu verarbeiten. Die optionale Header-Extension übermittelt in Form von Parametern weitere Informationen zur Datei und ihrer Behandlung zum Empfänger.

Abbildung 3.2 zeigt den Transport eines MOT-Objektes in MSC-Datengruppen. Sowohl Kopf als auch Rumpf werden in Segmente zerlegt. Den Segmenten wird ein Segmentation-Header vorangestellt, der die Länge und die Anzahl der Wiederholungen des Segments angibt. Segmentation-Header und Segment werden zusammen im Datenfeld einer MSC-Datengruppe eingebettet und transportiert. Die Header- und Body-Segmente überträgt man in Datengruppen unterschiedlichen Typs.

Datengruppen verfolgen die Datengruppen das Ziel, die Daten zu typisieren, zu gruppieren, zu verifizieren und wenn nötig zu adressieren. Eine Datengruppe besteht aus Kopf, Datenfeld und Prüfsumme. Der Kopf einer Datengruppe gliedert sich in den MSC-Data-Group-Header und den Session-Header. Auf die Header-Informationen folgt das Datenfeld. Es darf bis zu 8191 Bytes lang sein und enthält die Daten des angegebenen Typs. Im Falle von MOT-Daten wird im

Datenfeld einer Datengruppe ein Segment eines MOT-Objektes transportiert. Die CRC bildet das letzte Feld einer MSC-Datengruppe. Die Prüfsumme wird über die ganze Datengruppe berechnet und gestattet das Erkennen von Übertragungsfehlern. Eine Korrektur ist aber nicht möglich. Abbildung 3.2 zeigt den Transport einer Datengruppe in einer Folge von Paketen.

Die eingesetzten Pakete erlauben den simultanen Transport mehrerer Datenströme und eine Anpassung der Datenraten. Sie bilden die kleinste Übertragungseinheit im Paketmodus. Pakete bestehen aus einem Paketkopf, einem Datenfeld und einer Prüfsumme (CRC). Der Paketkopf enthält u.a. Felder für die Paketlänge und die Adresse. Alle Pakete der Datengruppe haben die gleiche Adresse. Natürlich können Pakete anderer Dienstkomponenten (anderer Adressen) dazwischen geschoben werden. Das Datenfeld enthält die Nutzdaten. Das sind gewöhnlich Teile von MSC-Datengruppen. Wenn der letzte Teil einer Datengruppe das Datenfeld nicht voll ausnutzt, werden Padding- (Stopf-) Bytes aufgefüllt. Die 16 Bit Paketprüfsumme (Packet-CRC) hilft, Übertragungsfehler zu erkennen. Stimmt beim Empfänger die im Paket enthaltene CRC nicht mit der über das Paket berechneten CRC überein, sollte das Paket verworfen werden.

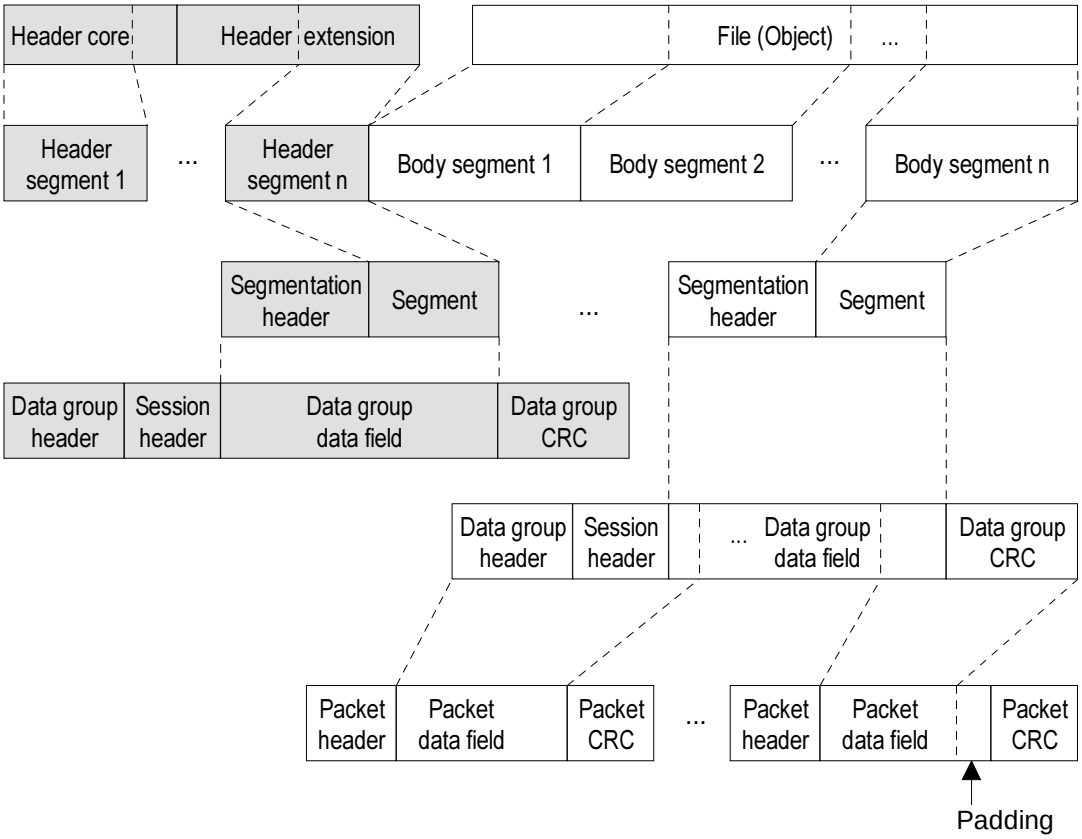


Abbildung 3.2: Beziehung MOT-Objekt/Datengruppe/Paket

4 Die TT-DI/NP Software

4.1 Aufgaben der Software

- Die TT-DI/NP (TechnoTrend DAB Data Inserter for NPAD) genannte Software soll es den Anbietern von Daten ermöglichen, ihr Dienstangebot über DAB zu verteilen.
- Die Angebote sind als programmunabhängige Daten im Paketmodus auszustrahlen.
- Zur Kodierung der Dateien des Angebots ist das Multimedia Object Transfer Protocol (MOT) zu verwenden.
- Für die Zuführung der Daten des Anbieters muß ein Konzept einer offenen, einfach zu nutzenden Datenzubringung erstellt werden.
- Zu den internen Aufgaben der TT-DI/NP-Software gehören die MOT-Generierung, die Paketbildung, ein mehrstufiges Scheduling, Bitraten- und Prioritätsmanagment sowie die Hardwaresteuerung.
- Der erzeugte Paketdatenstrom muß zur weiteren Übertragung dem DAB-Ensemble-Multiplexer über eine DSP-Interfacekarte zugeführt werden.

4.2 Das DAB-NPAD-Netzwerk

Aus Sicht der Datendienstanbieter ist ein möglichst unkomplizierter Transport ihrer Daten zum Paketmultiplexer wünschenswert. Aus der Sicht der TT-DI/NP-Servers sollten alle Anbieter ihre Daten möglichst auf die gleiche Art überbringen. Die Anbieter verfügen jedoch über eine unterschiedliche technische Ausstattung und befinden sich an verschiedenen Orten. Trotzdem kann die Mehrzahl der Anbieter den Zugang zum TT-DI/NP-Server ohne großen technischen und organisatorischen Aufwand erreichen. Das Konzept des NPAD-Netzwerks in Abbildung 4.1 sieht dafür drei Wege vor, die den Gegebenheiten des überwiegenden Teils der Anbieter genügen dürfte.

Der erste und einfachste Weg sollte genutzt werden, wenn der Anbieter einen festen (permanenten) Zugang zum Internet hat. Dabei kann er direkt oder über einen Gateway angeschlossen sein, was in diesem Fall keinen Unterschied macht. Der TT-DI/NP-Server besitzt ebenfalls einen Internetanschluß. Für den Anbieter muß nur noch auf dem TT-DI/NP-Server ein Nutzerverzeichnis eingerichtet werden, in dem er seine Daten ablegen darf. Dazu eignet sich bereits ein FTP-Programm.

Der zweite Weg gleicht dem Ersten, bis auf den Unterschied, daß der Anbieter den Zugang zum Internet nicht über eine feste Verbindung erreicht. Die Verbindung zum Internet-Provider wird durch das Telefonnetz hergestellt. Dafür ist ein Modem oder ein ISDN-Adapter notwendig, je nachdem ob ein analoger oder ein digitaler Telefonanschluß vorhanden ist.

Für die Nutzung des dritten Weges muß dem TT-DI/NP-Server ein Dial-Up-Server zur Seite gestellt werden. Er stellt den Einwahlpunkt für die Anbieter dar. In diesem Fall wird nur das Telefonnetz genutzt. Durch das lokale Netzwerk ist der TT-DI/NP-Server für die Anbieter zugänglich. Dieser Weg ist geeignet, wenn der TT-DI/NP-Server keine Verbindung zum Internet hat oder für den Datendienstanbieter keine Internetnutzung möglich ist. Prinzipiell könnten die TT-DI/NP-Software und die Dial-Up-Software auf einem Rechner installiert werden, aus Performance- und Stabilitätsgründen ist das jedoch nicht zu empfehlen.

Allen drei Wegen gemeinsam ist die Anwendung von Internet-Technologien zur Verbindungsaufbau und zum Transport der Daten. Das bietet sich auch an, unterstützen doch die meisten Betriebssysteme diese verbreiteten Verfahren.

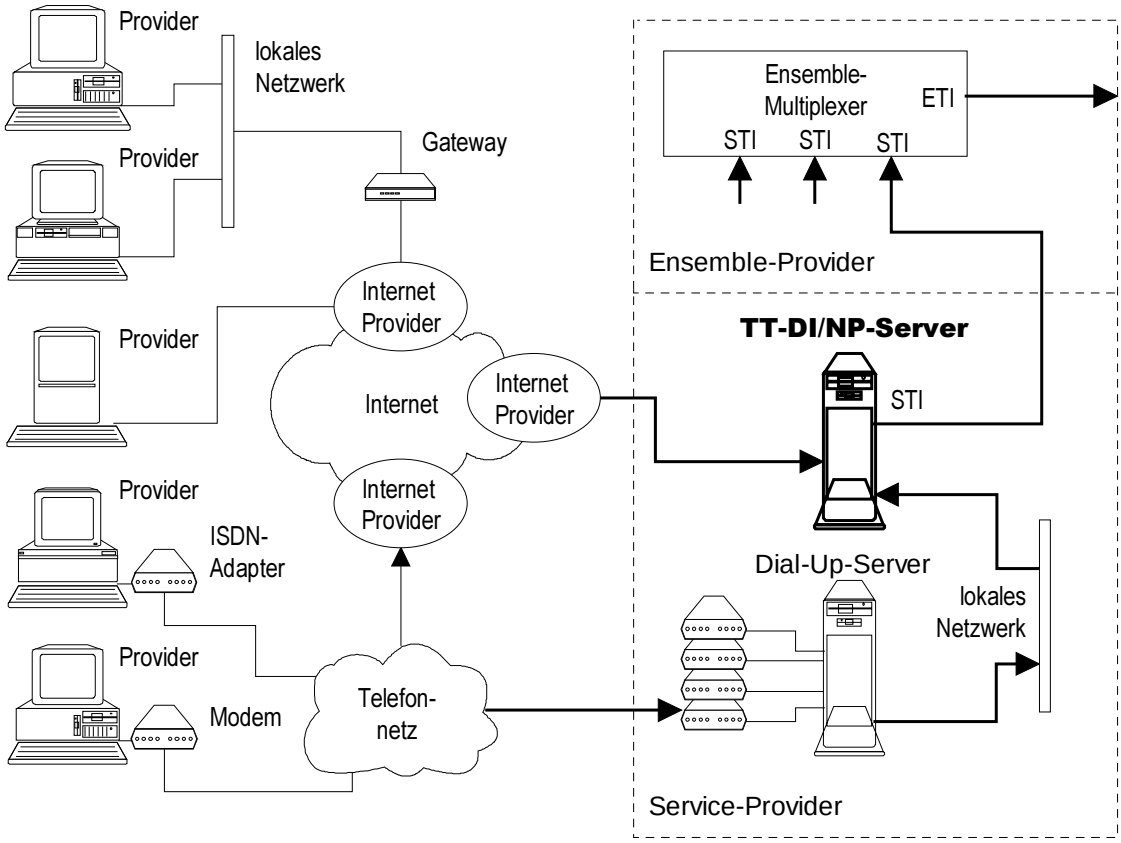


Abbildung 4.1: Datenfluß vom Anbieter zum TT-DI/NP-Server

4.3 Struktur und Arbeitsweise der Software

Den vorigen Abschnitt weiterführend ist die Verarbeitung der Anbieterdaten bis zur Ausgabe an der Ensemble-Multiplexer die Aufgabe der TT-DI/NP-Software und -Hardware. Das Konzept zeigt Abbildung 4.2. Die fett umrandeten Blöcke sind Verzeichnisse, die für jeden einzelnen Anbieter existieren. Sie enthalten die Daten des Anbieters während der Verarbeitung. Die kursiv gedruckten Wörter sind die im Programm für die Verzeichnisse benutzten Bezeichner. Die normalen Blöcke stellen abgegrenzte Aufgabenbereiche dar. Die kursiven Wörter bezeichnen hier die Namen der Klassen, in deren Kontext die Bearbeitung stattfindet. Übergeordnete, umfassende Strukturen (Klassen) sind in der Zeichnung durch einen gestrichelten Rahmen erkennbar. Die verwendeten Auslassungspunkte deuten an, daß bestimmte Blöcke je nach Anzahl der Anbieter und Konfiguration der Software mehrfach vorkommen können.

Die Verarbeitung der Daten beginnt mit dem Verzeichnis jedes Anbieters links oben in der Zeichnung (ZipFileDir). Die Dateien liegen dort im komprimierter Form (Zip-Format) vor. Der erste Schritt ist demzufolge das Entpacken und die Ablage der Dateien in ein extra Verzeichnis (MOTFileDir). Dabei wird auch die Verzeichnisstruktur wiederhergestellt. Der nächste Schritt auf dem Weg der Daten ist die Generierung von MOT-Objekten. Die MOT-Parameter fließen in

den Objektkopf ein, der Objektrumpf wird aus einer Datei gebildet. Anschließend werden die MOT-Objekte segmentiert und in einem speziellen Dateiformat zwischengespeichert (MOTSegmentDir). Die Größe der Segmente ist einstellbar. In den Segmentdateien sind Stellen für die MSC-Datengruppen-Header und -CRC reserviert.

Die folgende Bearbeitungsstufe ist das Segment-Scheduling. Es bestimmt die Reihenfolge der Übermittlung der Segmente bzw. Datengruppen der Dateien eines Anbieters. Das Segment-Scheduling hat als Hauptziel ein Blockieren der Übertragung der Segmente kurzer Dateien durch viele aufeinanderfolgende Segmente einer langen Datei zu verhindern. Dazu werden die Segmente der Dateien gleichmäßig verteilt. Die Priorisierung von Dateien ist durch mehrfaches Einfügen der Segmente dieser Dateien möglich.

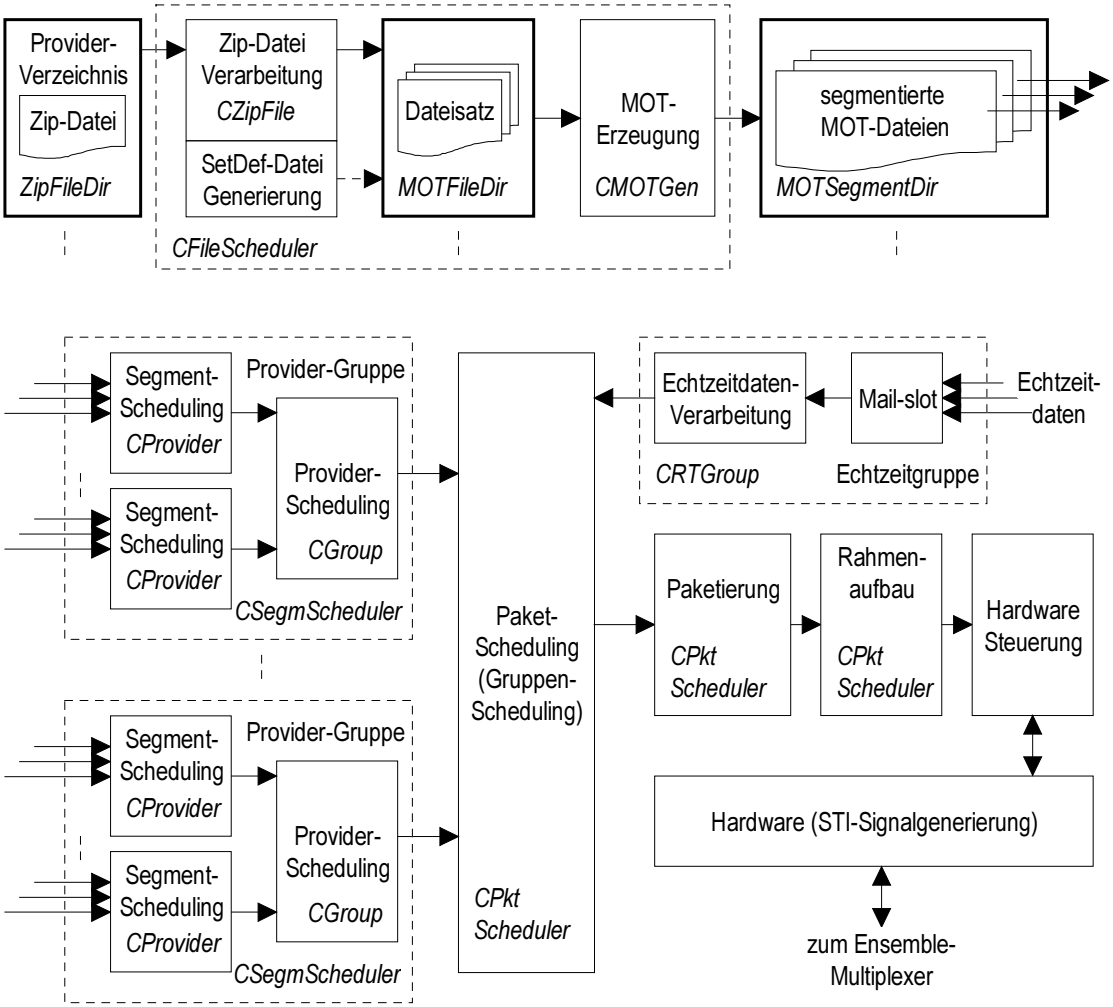


Abbildung 4.2: Blockstruktur der TT-DI/NP-Software

Jeder Anbieter wird einer Anbietergruppe zugeordnet. Eine Gruppe besteht aus mindestens einem Anbieter. Die Zuordnung der Anbieter zu Gruppen wird durch die Konfigurationsdatei der Software bestimmt und kann zum Beispiel thematisch, aber auch beliebig erfolgen.

Die Aufgabe des Provider-Scheduling ist es, die für die Gruppe und damit Paketadresse vorgesehene Übertragungskapazität den Vorgaben entsprechend auf die Anbieter aufzuteilen. Der Funktionsblock unterhält außerdem für jede Gruppe eine Queue zum Puffern von Datengruppen. Sie bewirkt eine Entkopplung der Programmteile bezüglich den zeitlichen Anforde-

rungen (Festplattenzugriff versus Speicherzugriff). Vor dem Einordnen in die Warteschlange werden die MSC-Datengruppen u.a. durch Berechnung der CRC vervollständigt.

Der Paket-Scheduler teilt die Übertragungskapazität des zur Datenübertragung vorgesehenen Sub-Channels auf die Anbietergruppen auf. Dazu entnimmt er den Queues der Gruppen Datenblöcke in Paketgröße. Der Paket-Scheduler kann so konfiguriert werden, daß die Berechnung der nächsten zu bedienenden Anbietergruppe nach jeder Paketbildung oder erst nachdem alle Pakete einer Datengruppe gebildet worden erfolgt. Das entspricht der Wahl zwischen dem Scheduling auf Paketebene und Datengruppenebene.

Außer Daten von den Anbietergruppen sind ggf. auch Echtzeitdaten zu transportieren. Sie erreichen das Programm über einen sogenannten Mail-Slot. Unter Windows NT ist der Mail-Slot ein Mittel zur Interprozeßkommunikation. Er entspricht einer unidirektionalen Pipe und hat den Vorteil, auch über ein Netzwerk erreichbar zu sein. Als Beispiel für Echtzeitdaten seien GPS-Korrekturdaten genannt.

Der Paket-Scheduler behandelt die Echtzeitdaten vorrangig, d.h. sind sie vorhanden, werden sie als nächstes verarbeitet und transportiert. Dabei ist es möglich, den maximalen von der Echtzeitgruppe zu belegenden Teil des Übertragungskanals als Obergrenze einzustellen.

Die Daten der gewählten Gruppe werden in das Datenfeld eines Pakets eingebettet.

Die Pakete wird an die Hardware übergeben. Sie führt Signalgenerierung und Übertragung zum Ensemble-Multiplexer durch.

5 Ausblick

Die Entwicklung der TT-DI/NP-Software ist noch nicht abgeschlossen, und es bleibt eine Reihe von zukünftigen Betätigungsfeldern.

Dazu gehört in jedem Fall die Anpassung der Software an die STI-Schnittstellen-Hardware. Sie ist der wichtigste Schritt zu einem integrierten TT-DI/NP-System.

Die Realisierung eines Zugriffskontrollsystems und seine Anbindung an das TT-DI/NP-System ist ein weiteres anspruchsvolles Arbeitfeld.

Ein wichtiger Punkt besteht in der Verbesserung der Interaktion mit dem Datendienstanbieter. Er muß je ein Werkzeug zur Komprimierung und zur Übertragung seines Dateisatzes anwenden. Ein spezialisiertes Programm, das auch automatische Abläufe unterstützt, verspricht mehr Komfort und Sicherheit.

Zum TT-DI/NP-Umfeld zählt die Aufbereitung und der Versand der Echtzeitdaten. Diese Aufgabe kann von einem Programm, das Echtzeit-Datenströme aus einer oder mehreren Quellen verarbeitet (MOT-Encoding) und weiterleitet, realisiert werden.

Ein interessanter Punkt zukünftiger Arbeiten ist auch ein Programm, das eine Überprüfung der von den Anbietern übergebenen Dateisätze vornimmt. Dazu können die syntaktische Auswertung der HTML-Dateien und die Konsitenz der Dateien bezüglich der Erreichbarkeit zählen.

Literaturverzeichnis

[DAB98] G. Richardt*: Entwurf und Implementierung eines Multiplexers für das Eintasten von Datendiensten im digitalen Rundfunksystem DAB,* Diplomarbeit, Technische Universität Ilmenau, Juli 1998

[DAB97] ETS 300 401: *Radio broadcasting systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers,* 2. Auflage, Sophia Antipolis (Frankreich) im Mai 1997

[EUR95] Eureka Project 147: *Digital Audio Broadcasting Sytem: Guidelines for Implementation and Operation, Volume 3: Broadcast Network,* Ausgabe 2.2, Juli 1995

[EUR97] Eureka Project 147: *Digital Audio Broadcasting Sytem: Specification of the Multimedia Object Transfer Protocol (MOT),* Ausgabe 2.4, April 1997

[Lau96] T. Lauterbach: *Digital Audio Broadcasting: Grundlagen, Anwendung und Einführung von DAB,* 1. Auflage, Franzis Verlag, Feldkirchen 1996

[Sch96] G. Schneeberger: *Datendienste mit DAB,* aus der Schriftenreihe des DAB-Plattform e.V.: *Digital Audio Broadcasting (DAB) – Der Radiohighway,* Heft 18, München im August 1996