

BOS - der digitale Bündelfunk basierend auf TETRA

1. Im Überblick

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) wurde im Jahre 1995 von dem Europäischen Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI) als digitaler Bündelfunk standardisiert. Der Bündelfunk dient dem drahtlosen Austausch von Informationen geschlossener Benutzergruppen.

Der digitale Bündelfunk ist eine Mobilfunkanwendung für Sprach- oder Datenübertragung mit einer oder mehreren Versorgungszellen. Er arbeitet im 400-MHz-Bereich (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)) und im 900-MHz-Bereich (andere öffentliche und private Unternehmen). In jeder Zelle sind mehrere Übertragungskanäle verfügbar, von denen einer dynamisch zugewiesen wird, wenn ein Verbindungswunsch signalisiert wird. Durch diese dynamische Kanaluweisung und durch die Bündelung mehrerer Kanäle werden eine sehr effiziente Frequenzausnutzung und eine hohe Verfügbarkeit gewährleistet. Über einen speziellen Organisationskanal erfolgt die Signalisierung, Steuerung und Überwachung. Bündelfunkfrequenzen werden für konkret definierte Versorgungsgebiete zugeteilt. Die konkrete Frequenznutzung bedarf zudem der Festsetzung der funktechnischen Parameter für jeden Standort.

2. Technik

2.1 Funksystem

Das digitale Bündelfunksystem TETRA ist technisch gesehen eine Weiterentwicklung des GSM-Mobilfunksystems für Betriebsfunkzwecke. Es arbeitet an der Luftschnittstelle mit dem Zeitmultiplex-Zugriffsverfahren TDMA (Time Division Multiple Access). Jeder Funkkanal hat eine Bandbreite von 25 kHz mit einer Gesamt-Übertragungsrate von 36 kBit/s. Er verfügt über vier unabhängige Kommunikationskanäle, die in 4 Zeitschlitzen zur Verfügung gestellt werden. Damit bieten TETRA-Systeme gegenüber GSM-Netzen, die bei einer Funkkanalbandbreite von 200 kHz acht Kommunikationskanäle bereitstellen, eine um den Faktor vier effizientere Frequenznutzung.

Vier TETRA-Zeitschlitze bilden den TDMA-Rahmen mit einer Rahmendauer von 56,65 ms. Aufgrund dieser Rahmendauer erfolgt der Zugriff auf ein Endgerät für einen Zeitraum von 14,167 ms. Aus der Rahmendauer resultiert eine Pulsfrequenz von 17,65 Hz ($1/56,67$ ms). Sollte das Endgerät oder die Basisstation mehrere Zeitschlitze gleichzeitig belegen, steigt die Pulsfrequenz in 17,65-Hz-Schritten auf bis zu 70,6 Hz.

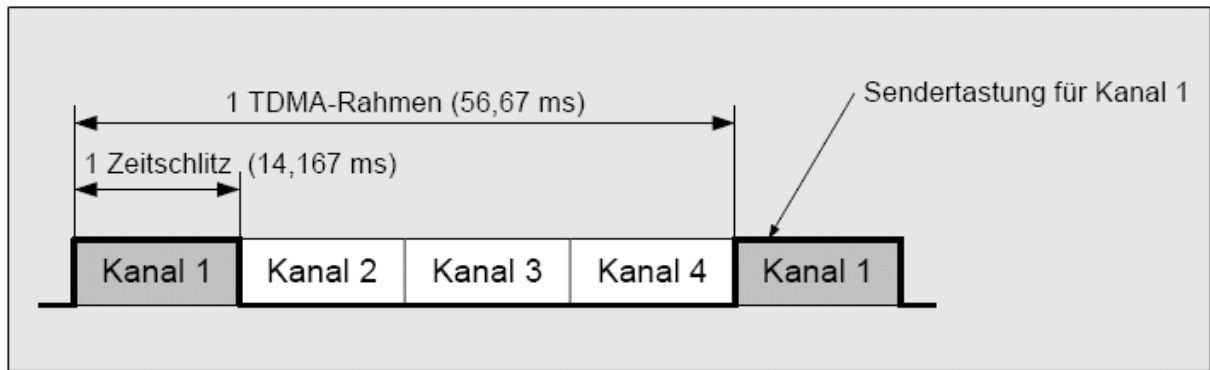


Abb.1: Zeitschlitzstruktur eines TETRA-Funkkanals.

Die maximale Nutzbitrate pro Kommunikationskanal beträgt 7,2 kBit/s. Durch Bündelung aller vier Kommunikationskanäle sind bei Bedarf und abhängig von der gewählten Sicherheitsebene Datenübertragungsgeschwindigkeiten zwischen 9,6 kBit/s und 28,8 kBit/s möglich. In Sende- und Empfangsrichtung werden unterschiedliche Frequenzen genutzt, die um den Duplexabstand (10 MHz im 400-MHz-Bereich, 35 MHz im 900-MHz-Bereich) auseinander liegen. Ähnlich wie bei GSM wird auch bei TETRA auf einem vorgegebenem Funkkanal im ersten Zeitschlitz in jedem Rahmen der Kontrollkanal ausgesendet, der dazu dient, den Endgeräten die Systemdaten des Netzes zu übermitteln und die Synchronisation zwischen Mobilteil und Basisstationen durchzuführen.

Die Sendeleistung einer Basisstation beträgt bis zu 40 W ERP (Effective Radiated Power) pro Funkkanal. Auf Seiten der Endgeräte liegt die maximale Sendeleistung für Handys bei 1 W bzw. 3 W und für Fahrzeuganlagen bei 10 W. Während die Basisstationen stets mit voller Leistung senden, verfügen die Endgeräte über eine von der Basisstation gesteuerten Sendeleistungsregelung, mit der die Sendeleistung in 5-dB-Schritten kontinuierlich auf einen für eine hinreichende Übertragungsqualität minimal erforderlichen Wert heruntergeregelt wird. In der kleinsten Stufe beträgt die Sendeleistung nur noch etwa 30 mW.

Als Modulationsverfahren wird $\pi/4$ -DQPSK (Differential Quaternary Phase Shift Keying) angewendet, welches äußerst spektrumseffizient ist.

TETRA kann grundsätzlich auf allen Frequenzen unterhalb von 1 GHz arbeiten. Gemäß CEPT Decision ERC/DC(96) 04 stehen in Europa die Frequenzbänder

- 385 – 390 MHz gepaart mit 395 – 400 MHz (europaweit für BOS reserviert)
- 410 – 430 MHz
- 450 – 470 MHz
- 870 – 876 MHz gepaart mit 915 – 921 MHz (für kommerzielle Nutzer)

zur Verfügung.

2.2 Netzstruktur

TETRA ist wie GSM und UMTS ein zellular aufgebautes Mobilfunksystem. Jede Zelle enthält eine Basisstation als ortsfeste Einrichtung, die die Versorgung des abzudeckenden Gebietes ermöglicht. TETRA-Basisstationen sind unmittelbar an die

Vermittlungsstellen per Richtfunk, Mietleitung oder einem eigenen Übertragungsnetz angeschlossen. TETRA kann als Einzellen- oder Mehrzellennetz eingesetzt werden. Aufgrund der Sendeleistung der Endgeräte (1 W und 3 W für Handys, 10 W für Fahrzeuganlagen) ist der maximale Zellradius auf dem Lande auf ca. 25 km, in Ballungsräumen auf ca. 5 km begrenzt. Um während des Funkbetriebes den unterbrechungsfreien Übergang von einer Funkzelle zur nächsten zu garantieren, wird ein spezielles Übergabeverfahren, Handover genannt, angewandt. Zur flächendeckenden Funkversorgung Deutschlands wird von einem Bedarf von ca. 4000 Basisstationen ausgegangen.

In einer typischen TETRA-Zelle werden 4 bis 5 Funkkanäle, d.h. 16 bis 20 Kommunikations-Kanäle installiert. Bei kleinem Verkehrsaufkommen und einer großflächigen Versorgung kann die sog. Gleichkanaltechnik (Gleichwellenfunk, Simulcast) angewendet werden. Dabei senden alle Basisstationen auf genau der gleichen Frequenz, ebenfalls werden die Modulationssignale synchron ausgesendet. Somit kann das Netz als eine große Makrozelle betrachtet werden, die von mehreren Basisstationen gespeist wird.

Im Falle der BOS-Anwendung ist eine grenzüberschreitende Kommunikation mit anderen TETRA-nutzenden Ländern unter Einhaltung aller wesentlichen Leistungsmerkmale möglich.

Es handelt sich bei TETRA somit um einen harmonisierten Standard mit europaweiter Anwendung. Die Publikation erfolgte in den Europäischen Normen EN 300 392 bis EN 300 394.

2.3 Themenbezogene Links

Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BDBOS):

<http://www.bdbos.bund.de/>

Projekt Digitalfunk des österreichischen Bundesministeriums:

http://www.projekt-digitalfunk.at/tetra/tetra_3/tetra_3.asp

TETRA-Faktenblatt des schweizerischen Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM):

<http://www.bakom.admin.ch/themen/technologie/01219/index.html?lang=de>