

Wirtschaftliche Nutzung der Kommunikationssysteme im ITCS

«Agile Hybrid»

Die Verfügbarkeit und die Bandbreite der Sprach- und Datenkommunikation sind zentrale Voraussetzungen für den sicheren und wirtschaftlichen Betrieb des ITCS. Während Betriebsfunksysteme – sogenannte PMR-Systeme – eine exklusive Dienstgüte (Quality of Service) sicherstellen, ermöglicht der öffentliche Mobilfunk eine schnelle Übertragung grosser Datenmengen. «Agile Hybrid» optimiert die wirtschaftliche Nutzung beider Funksysteme.



In vielen Verkehrsunternehmen erfolgt die Kommunikation zwischen der Leitstelle und den Fahrzeugen derzeit im Hybridbetrieb – einerseits über ein PMR-System wie TETRA-Digitalfunk, DMR oder Analogfunk und andererseits über den öffentlichen Mobilfunk. Dabei priorisiert das System für die Sprach- und Datenkommunikation stets das PMR-System – mit dem Nachteil, dass der breitbandige öffentliche Mobilfunk nur dann zur Verfügung steht, wenn das Fahrzeug keine Verbindung über das PMR-System hat.

«Agile Hybrid»

Für die Integration von zukünftigen datenintensiven Funktionen bei gleichzeitig wirtschaftlicher Nutzung des PMR-Funksystems hat ebblo das Sprach- und Datenkommunikationssystem des ITCS modernisiert und mit

«Agile Hybrid» weiterentwickelt. «Agile Hybrid» ermöglicht eine dienstorientierte Priorisierung oder feste Zuordnung der Sprach- und Datenfunk-Aktionen zwischen der Leitstelle und den Fahrzeugen über die verfügbaren Funksysteme. Damit können die Flexibilität und die Verfügbarkeit der Sprach- und Datenkommunikation auch bei schwierigen Empfangsbedingungen deutlich erhöht werden.

«Agile Hybrid» im Praxiseinsatz

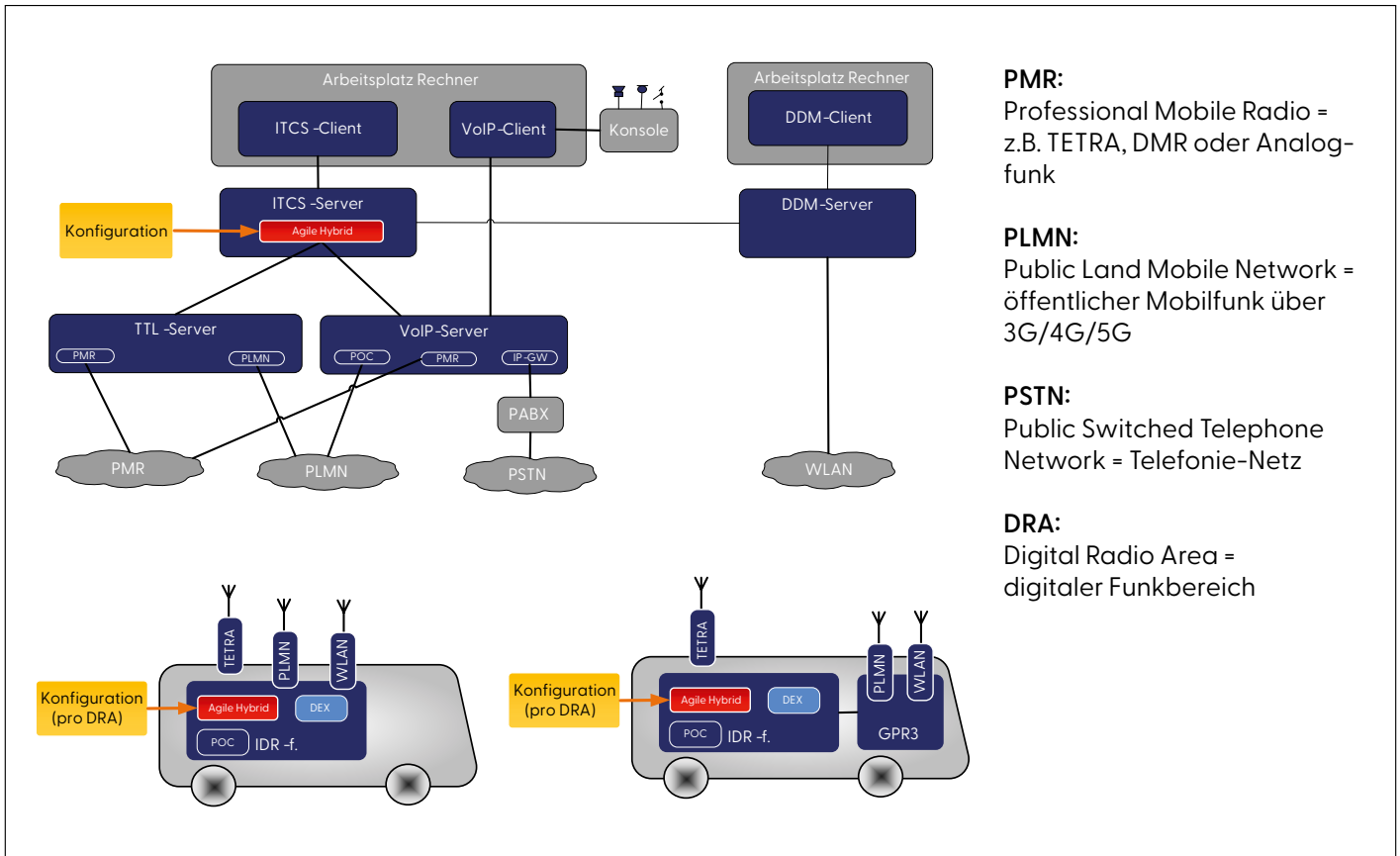
Ein Beispiel soll die betrieblichen Möglichkeiten und Vorteile von «Agile Hybrid» aufzeigen. Das folgende Bild zeigt ein ITCS-System, in das die Fahrzeugflotte über ein PMR-System (TETRA-Digitalfunk oder Analogfunk) sowie über öffentlichen Mobilfunk (PLMN) integriert ist. Die Sprachkommunikation über öffentlichen Mobilfunk ist sowohl über VoIP als auch über das Telefonie-Netzwerk des Providers möglich.

«Agile Hybrid» ermöglicht eine vom Funksystem unabhängige Priorisierung des Sprach- und Datenfunks. Die jeweilige Priorisierung der Übertragungswege wird für die Bordrechner-Aktionen in Richtung Leitstelle sowie für die Leitstellen-Aktionen in Richtung Fahrzeug unabhängig voneinander im Leitserver (ITCS-Server) und im Fahrzeug-Bordrechner konfiguriert.

Beim Betrieb von Strassenbahnen muss zudem die Verordnung über den Bau und Betrieb der Strassenbahnen (BOStrab) berücksichtigt werden. Diese schreibt vor, besonders wichtige Meldungen an zentrale Betriebsstellen vorrangig zu übermitteln. Mit «Agile Hybrid» kann dies flexibel sichergestellt werden.

Typische Anwendungsfälle:

- **Betrieblich wichtige Daten** werden je nach Verfügbarkeit über öffentlichen Mobilfunk oder über PMR gesendet, um das System mit der jeweils besseren Abdeckung zu nutzen. Hinsichtlich **BOStrab** relevante Aktionen können so über das PMR-System priorisiert werden, andere Aktionen hingegen über öffentlichen Mobilfunk.



PMR:
Professional Mobile Radio =
z.B. TETRA, DMR oder Analog-
funk

PLMN:
Public Land Mobile Network =
öffentlicher Mobilfunk über
3G/4G/5G

PSTN:
Public Switched Telephone
Network = Telefonie-Netz

DRA:
Digital Radio Area =
digitaler Funkbereich

- Aktionen mit **sehr hohem Bandbreitenbedarf**, die sich nicht über das PMR-System übertragen lassen, oder Aktionen, die nicht betriebskritisch sind, können dem öffentlichen Mobilfunk fest zugeordnet werden. Auf diese Weise wird der Betriebsfunk entlastet und seine Kapazität kann wirtschaftlicher dimensioniert werden.
- **Ortungsdaten** werden parallel über öffentlichen Mobilfunk und über Betriebsfunk übertragen. Dabei können sie über PLMN mit einer wesentlich höheren Frequenz übertragen werden, was eine wesentlich genauere Ortung der Fahrzeuge und damit eine genauere Prognose der Ankunftszeiten für die Fahrgastinformation ermöglicht.

Geografische Zuordnung des Funksystems

In Kombination mit der Funktion «Digital Radio Area» kann auch eine **geografische Zuordnung des Funksystems** gesteuert werden.

Hierfür stehen in der Datenversorgung digitale Funkbereiche (Digital Radio Areas, DRA) zur Verfügung, denen spezifische Konfigurationen mit der gewünschten Priorisierung individuell zugeordnet werden können.

Die geografische Zuordnung des digitalen Funkbereichs erfolgt an den Haltepunkten und kann zusätzlich ab einer bestimmten Distanz auf den Teilstrecken geändert werden. Damit kann das Funkssystem auf der Strecke gewechselt werden, z.B. vor einer Tunnelleinfahrt oder bei ständig wechselndem Funkempfang kann das Funkssystem fest zugewiesen werden, um ungewollte Umschaltungen zu verhindern.

Laden und Entladen der Betriebsdaten

Auch für den Austausch von Betriebsdaten zwischen dem Depot-Daten-Management (DDM) und dem Fahrzeug kann eine Priorisierung des Funksystems vorgenommen werden. Diese Priorisierung ist unabhängig von «Agile Hybrid» und erfolgt durch den Datenexport-Dienst (DEX) im Bordrechner.

Beispielkonfiguration

Die folgende Übersicht zeigt eine typische Konfiguration für Aktionen der Leitstelle und des Fahrzeugs in einem Verkehrsbetrieb mit Strassenbahnen, die der BOStrab unterliegen.

Aktionen der Leitstelle

Aktionen	PLMN	PMR
Sprachaufschaltungen	S	P
Multifunktions-Display MFD – Anschlussmonitor – Betriebs- und Störmeldungen	F	N
Dynamische Fahrgastinformation DFI	F	N
Weisungen an Fahrer	S	P
Disposition Mutation	S	P

Aktionen des Fahrzeugs

Aktionen	PLMN	PMR
Sprechwunsch	S	P
Notruf	S	P
Überfallruf	S	P
Fahrmeldung	S	P
Gerätemeldungen	F	N
Ortung	F (high rate) (z.B. 5s)	F (low rate) (20s)

P: Primäres Funksystem

S: Sekundäres Funksystem

F: Einem Funksystem fest zugeordnet

N: Für das Funksystem nicht verfügbar

Die meisten Aktionen der Leitstelle werden primär über das PMR-System und sekundär über PLMN übermittelt. Eine Ausnahme bilden die Informationen für die Multifunktions-Displays (MFD) in den Fahrzeugen und die Datenkommunikation der dynamischen Fahrgastinformation (DFI) an die Haltestellenanzeiger – sie werden ausschliesslich über PLMN übermittelt, um die Kapazität des PMR-Systems zu entlasten.

Die meisten Aktionen der Fahrzeuge in Richtung Leitstelle werden primär über PMR und sekundär über PLMN übermittelt. Nur die Gerätemeldungen werden ausschliesslich über PLMN übermittelt, da diese sehr datenintensiv sein können und damit zu viel Bandbreite des PMR-Systems benötigen würden.

Die Ortung wird parallel über PLMN und PMR übermittelt, mit unterschiedlichen Frequenzen. Dabei wird die Aktualisierung der Ortung über PLMN im 5s-Takt und über PMR im 20s-Takt übermittelt. So ist auch während eines Gesprächs über PMR eine hohe Ortungsgenauigkeit sichergestellt.

Migration auf «Agile Hybrid»

Für den Einsatz von «Agile Hybrid» ist eine Erweiterung der Bordrechner-Software und der Leitrechner-Software notwendig. Die Vorgehensweise besteht aus drei Einzelschritten:

- Zuerst erfolgt die Freischaltung der Leitstellen-Software mit «Agile Hybrid». Dabei bleibt die Kommunikation zu den noch nicht migrierten Fahrzeugen unverändert. Falls notwendig, werden «Digital Radio Areas» mit einer spezifischen Priorisierung eingerichtet.
- Anschliessend werden die Fahrzeuge schrittweise mit «Agile Hybrid» erweitert. Ab der Erweiterung folgen die Fahrzeuge der konfigurierten Priorisierung.
- Die Leitstelle erkennt Fahrzeuge mit aktivem «Agile Hybrid» und stellt die Kommunikation für diese Fahrzeuge auf das definierte Verhalten um. Für die nicht migrierten Fahrzeuge bleibt das bisherige Verhalten bestehen.



Betriebliche Vorteile von «Agile Hybrid»

Zwei zentrale Vorteile von «Agile Hybrid» sind die erhöhte Verfügbarkeit der Daten- und Sprachkommunikation sowie die Möglichkeit, das Betriebsgebiet um Bereiche ausserhalb der Abdeckung des eigenen Funksystems zu erweitern. Die neue Lösung bringt für Verkehrsunternehmen aber noch viele andere Vorteile mit sich, dies sollen die nachfolgenden Beispiele verdeutlichen.

Datenkommunikation auch während Sprache über PMR

Während die Datenkommunikation primär über öffentlichen Mobilfunk übermittelt wird, wird die Sprache primär über das PMR-System aufgeschaltet. Dies hat den Vorteil, dass die Datenkommunikation über PLMN auch während einer Sprachaufschaltung über TETRA verfügbar ist.

Wirtschaftliche Nutzung der Funksysteme

Dank der Möglichkeit, datenintensive und nicht sicherheitsrelevante Informationen immer über PLMN zu übertragen, kann das PMR-Funksystem entlastet oder schlanker dimensioniert werden. Das PMR-System gewinnt so freie Kapazitäten für zusätzliche Fahrzeuge oder Funktionen.

Genauere Ortung und bessere Prognosen

Die Ortungsdaten werden über Mobilfunk und TETRA gleichzeitig übertragen. Auf dieser Basis lassen sich genauere Prognosen erzielen.

Sprachkommunikation über PLMN

Eine Sprachaufschaltung über Mobilfunk kann als VoIP (PoC) über den Datendienst des Mobilfunkproviders oder über Telefonie aufgeschaltet werden. Dazu kann für die Gesprächsarten Einzelruf, Durchsage und Überfallruf konfiguriert werden, wie die Verbindung aufgeschaltet wird.

Einfache Migration des Bestandsystems

Durch die gleichzeitige Unterstützung migrierter und nicht migrierter Fahrzeuge kann die Migration auf «Agile Hybrid» schrittweise erfolgen.

Technische Voraussetzungen

- Bordrechner ab der Generation IDR-f oder IDR-f2. Fahrzeuge mit IBISplus unterstützen nur das alte Verfahren, können aber gemischt mit «Agile Hybrid» betrieben werden.
- Datenkommunikation über PLMN 2G, 3G, 4G oder 5G
- Datenfunk über internes Modem im IDR-fx oder GPR3
- Modem von Drittanbietern auf Anfrage
- Für die geografische Zuordnung des Funksystems über die Datenversorgung ist die Funktion «Digital Radio Area» erforderlich.

Verfügbarkeit

- Für TETRA/TETRAPOL bereits verfügbar
- Für Analogfunk ab 2025

Änderungen vorbehalten | Stand Februar 2026 | #838286