Voice over IP /
Einsatz im Verkehrsunternehmen

Grundlagen von „Voice over IP“
Anwendungsgebiete bei der Rheinbahn
Netzwerktopologie, Anforderungen an das Netzwerk
Vorstellung des Produktes „PARITy“ der Firma IMS

Dipl. Ing. Andreas Masté

Rheinbahn

Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen
Grundlagen, verwendete Protokolle (1)

Was ist „Voice over IP“ ?
Ein Verfahren zur Sprachübertragung in einem Computernetzwerk.

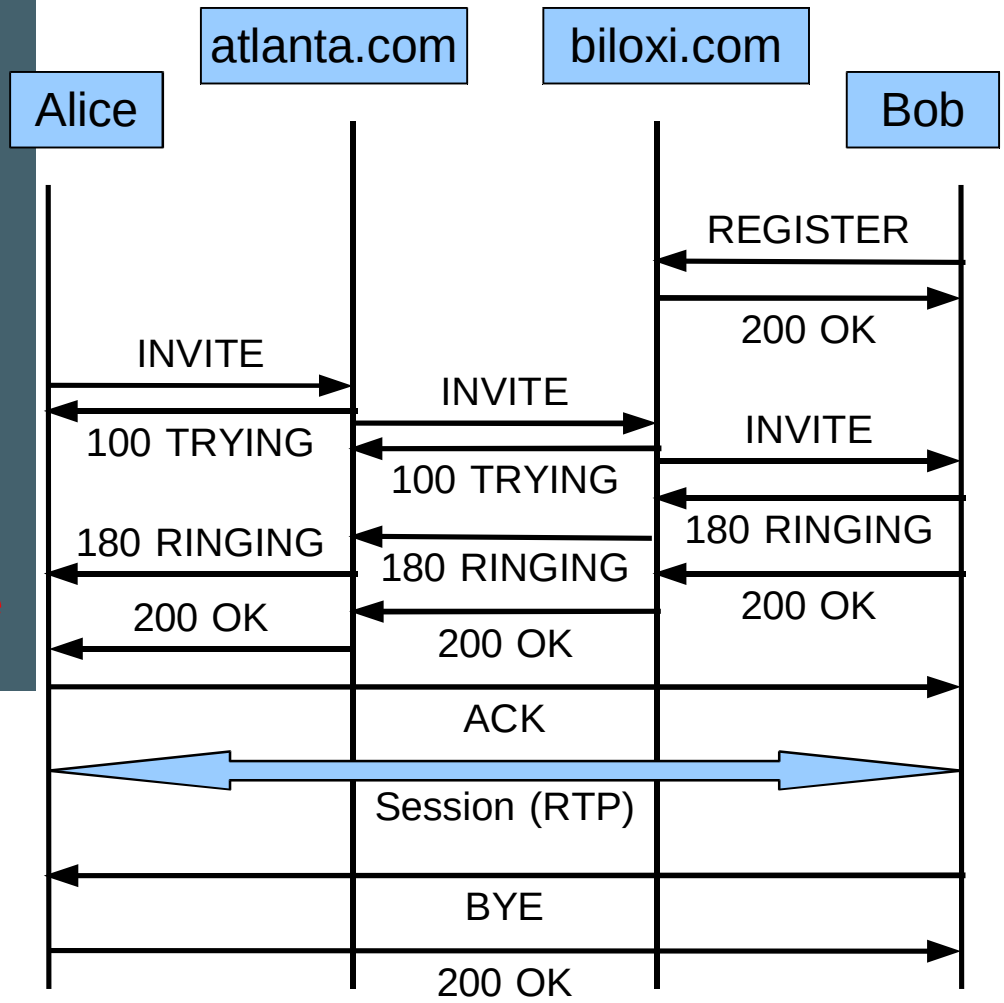
Vom Grundsatz her unterscheidet sich z.B. ein IP-Telefonat nicht von einem analogen Anruf:

Analoges System	Voice over IP
Hörer abnehmen, Nummer wählen	Je nach Endgerät Nummer oder Adresse wählen
Vermittlungsstelle sucht aufgrund der Telefonsignale einen Weg zum anderen Teilnehmer	Mit dem „Session Initiation Protocol“ wird ein Weg (ggf. über Proxy-Server) zum anderen Teilnehmer gesucht
Das andere Telefon klingelt	Das andere Endgerät meldet den Anruf
Nach Abheben des Hörers besteht eine Verbindung	Der Empfänger nimmt den Anruf an, die Verbindung besteht
Wenn beide Telefone zueinander kompatibel sind (z. B. Impedanz, Modulation), ist die Sprachübertragung möglich, die Übertragung erfolgt durch eine Spannung, die proportional zur Lautstärke ist	Beide Teilnehmer vereinbaren bestimmte Übertragungsparameter (mit dem „Session Description Protocol“), anschließend erfolgt die Signalübertragung mit Hilfe des „Real-time Transport Protocol“.

Von den hier genannten Protokollen werden nachfolgend die Protokolle für den Sitzungsaufbau und die Datenübertragung kurz erläutert.

Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen

Grundlagen, verwendete Protokolle (2)



SIP

Session Initiation Protocol

Beispiel aus RFC 3261 vom Juni 2002:

Bob registriert sich bei biloxi.com, damit der Server die IP-Adresse von Bob kennt.

Alice ruft Bob an, sie sendet das Paket „INVITE sip:bob@biloxi.com“ an ihren Provider (Proxy-Server “atlanta.com”)

Dieser Server leitet das Paket weiter an den Proxy-Server „biloxi.com“, und dann erreicht das Paket Bobs Endgerät. Das Paket enthält jetzt die Absenderangabe sowie die Adressen aller dazwischenliegenden Proxy-Server.

Sobald Bobs Telefon klingelt, wird ein „180 Ringing“-Paket zurückgesendet, und bei Gesprächsannahme wird „200 Ok“ gesendet.

Kommt dieses Paket bei Alice an, kennt auch ihr Endgerät die aktuelle IP-Adresse von Bob und die Quittung “Ack” kann unter Umgehung der Proxy-Server direkt zu Bob gesendet werden.

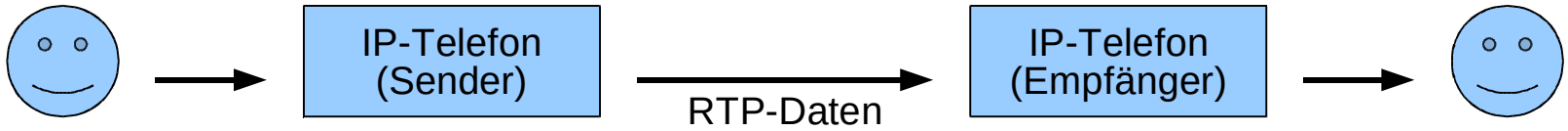
Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen

Grundlagen, verwendete Protokolle (3)

RTP / RTCP

Real-time Transport Protocol / RTP Control Protocol

Das Protokoll dient zur Übertragung von Echtzeitdaten wie z. B. Audio- oder Videodaten.
Vereinfacht läuft die Übertragung nach folgendem Schema ab:



A/D-Wandlung
Kompression
Erzeugung einzelner UDP-Pakete

Zeitrichtige Paketzusammensetz.
Dekompression
D/A-Wandlung

Damit die Pakete korrekt zusamenngefügt werden können, werden die Daten mit RTP unter Hinzufügung eines Headers mit folgenden Informationen transportiert:

- Sequenz-Nummer (Paket-Nummer)
- Zeitstempel
- Absenderkennung (sitzungsabhängig)
- Ggf. zusätzliche Absenderangaben bei Mischung mehrere Quellen

Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen

Grundlagen, verwendete Protokolle (4)

RTCP dient der Sitzungssteuerung sowie zur Bandbreitensteuerung.
Alle Sitzungsteilnehmer (Sender und Empfänger) versenden in regelmäßigen Abstände Berichte.

Der Sender-Bericht enthält folgende Informationen:

- Senderkennung
- absolute Zeit
- RTP-Zeitstempel (Zähler über die A/D-Abtastwerte)
- Anzahl gesendeter Pakete
- Anzahl gesendeter Bytes
- Empfangsberichte wie unten beschrieben

Inhalt des Empfänger-Berichtes:

- Empfangene Senderkennung
- Anteil verlorener Pakete in bezug auf die Anzahl der erwarteten Pakete
- Absolute Anzahl verlorener Pakete (seit dem letzten Bericht)
- Nummer des letzten empfangenen Datenpaketes (Sequenznummer)
- Mittlerer Jitter (Zeitliche Schwankungen beim Empfang der Datenpakete)
- Kopie der empfangenen absoluten Zeit
- Verzögerung zwischen diesem Wert und dem Versenden des Berichtes

Dieser Datenblock wiederholt sich für jeden mit diesem Empfänger verbundenen Sender.

Aus diesen Berichten können die Teilnehmer selbst als auch externe Instanzen Aussagen über die Qualität des Netzwerkes (z. B. Paketverzögerungen) ableiten. Ggf. kann der Sender die Kompressionsrate der Daten anpassen, um wieder akzeptable Übertragungszeiten zu erreichen.

Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen
Anwendungsgebiete bei der Rheinbahn

Telefon

Eingesetzt wird eine Hybridtelefonanlage, an die folgende Endgeräte angeschlossen werden können:

- Analoge Telefone
- ISDN-Telefone
- Digitale Systemtelefone des Herstellers
- IP-Telefone des Herstellers (Fremdfabrikate wurden bisher nicht getestet)

Bisher sind nur 2 IP-Telefone im Werkstattbereich angeschlossen. Während einer Baumaßnahme in der Leitstelle gab es auch dort einige IP-Telefone, die wieder durch Systemtelefone ersetzt wurden. Zur Zeit ist ein weiterer Einsatz von IP-Telefonen nicht geplant.

Entscheidend hierfür ist u.a., dass zu den Telefonstandorten meist nur „normale“ Telefonkabel, nicht aber Netzwerkkabel verlegt sind.

Funkbediensystem

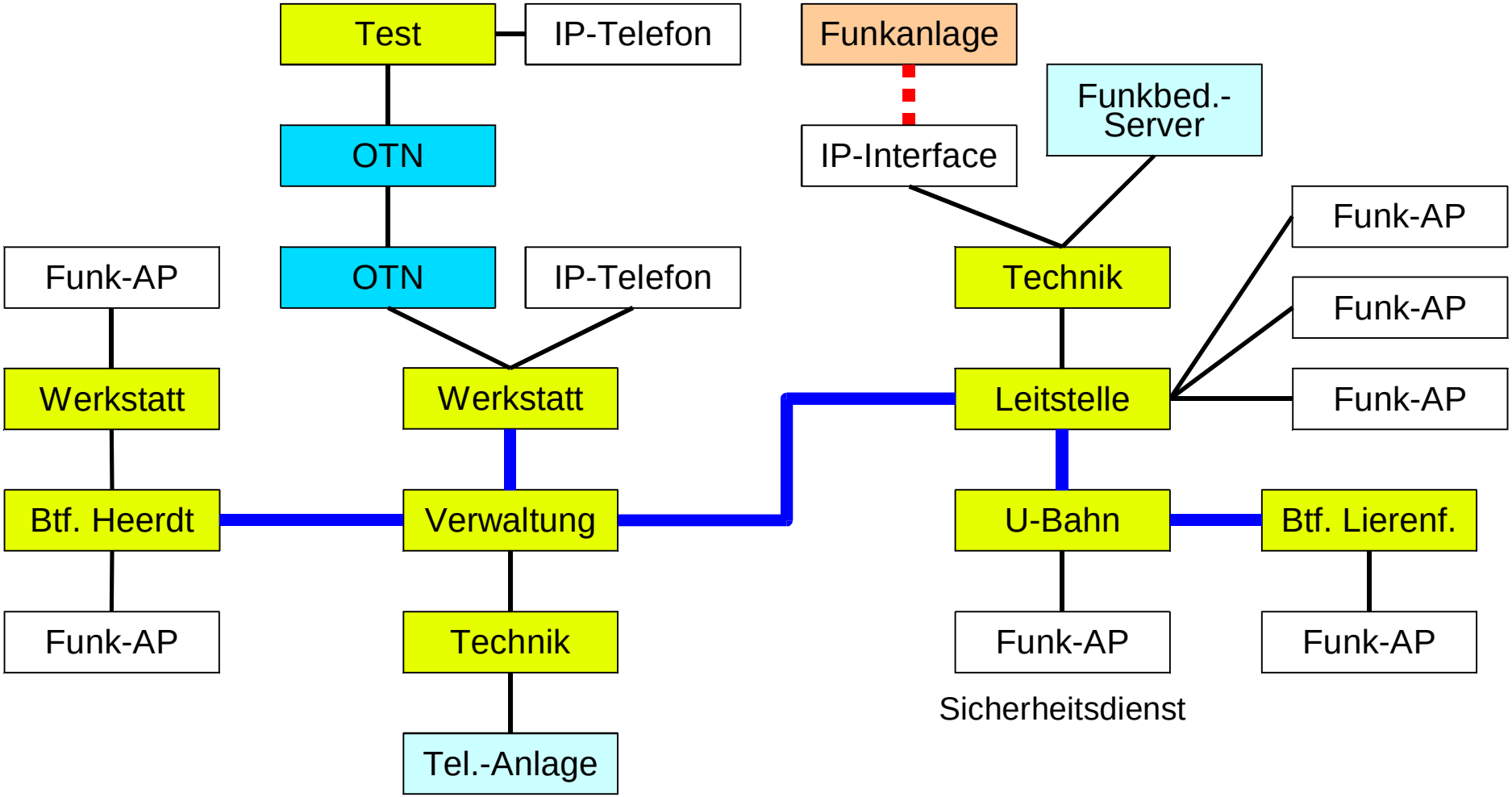
Dieses System besteht aus folgenden wesentlichen Komponenten:

- Weitere Server z.B. zur Benutzerauthentifizierung, zur Sitzungssteuerung (Verbindungskontrolle), ...
- Interfaces zu externen Anlagen, z.B. analoge Funkanlage, Telefon, ...
- Dezentrale Arbeitsplätze (PC mit Mikrofon und Lautsprecher)
- Ein zentraler „Softswitch“. Dieser ersetzt die in der analogen Technik üblichen Verknüpfungsmatrizen. Darüber hinaus verarbeitet dieser nicht nur analoge Audio-Signale, sondern beliebige Multimediadaten (Video, Audio – Ausrufanlage, Audio – Funk, Telefon, ...)

Beschafft wurde dieses System als Ersatz für ein analoges „Abfrage- und Vermittlungssystem“ (AVS). Ein Grund für den Austausch war die fehlende Erweiterungsmöglichkeit dieses AVS um zusätzliche Arbeitsplätze (sowohl lokal in der Leitstelle als auch an externen Standorten).

Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen

Netzwerktopologie



Switch — 100 Mb/s — 1 Gb/s

Rheinbahn

Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen

Anforderungen an das Netzwerk (1)

Zur Erzielung einer guten Sprachqualität bei der Nutzung von „Voice over IP“ ist es wichtig, dass die bei der Analog-/Digitalwandlung entstehenden Datenpakete vollständig und in einem gleichmäßigen zeitlichen Abstand beim Empfänger ankommen:

Die Werte für „verlorene Pakete“ und „Jitter“ sollen beide 0 sein

Tatsächlich kann diese Qualität in einem realen Netzwerk nicht erreicht werden. Je höher die gesamte Netzwerklast ist, desto höher werden die Verluste oder die zeitlichen Verschiebungen.

Lösungsansätze:

- Pufferung empfangener Pakete zu Lasten einer höhen Gesamtlaufzeit (Jitterkompensation innerhalb des RTP)
- Höhere Priorisierung der Datenpakete im Netzwerk und damit schnellerer Transport auch bei hoher Netzwerklast (Quality of Service)

Tatsächlich ist die Bandbreite heutiger Netzwerke so hoch, dass selbst gleichzeitig laufende Kopiervorgänge nicht zu einer spürbaren Beeinträchtigung der Audio- oder Videodatenqualität führen
Im Fall von Videoübertragungen ist häufig der Wiedergabe-PC der Schwachpunkt, nicht aber das Netzwerk.

Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen
Anforderungen an das Netzwerk (2)

Qualitätstest

Ob tatsächlich ein spürbarer Qualitätsverlust auftritt, wurde mit dem über die OTN-Strecke angeschlossene IP-Telefon geprüft. Die OTN-Strecke wurde mit einer Bandbreite von 2,4 Mb/s konfiguriert. Zusätzlich mussten alle Datenpakete zwischen der Telefonanlage und dem Telefon über einen Router mit Firewallfunktion.
Ein Telefongespräch wurde bei quasi „leerlaufenden“ Netzwerk geführt, während des zweiten Gesprächs wurde die OTN-Strecke dann mit ca. 1 Mb/s zusätzlich belastet.
Parameter der Telefongespräche:
Abtastrate: 8 kHz, zugehörige RTP-Zeitbasis: 0,125 ms
Länge der in einem Paket abgetasteten Audiodaten: 20 ms

Ergebnisse:

Netzlast	Paketverlust	Jitter	Subjektive Bewertung
Leerlauf	0	Max. 1 ms	Gut, kaum Verzögerungen
40%	Max. 1/1000	Max. 50 ms	Keine Verschlechterung erkennbar

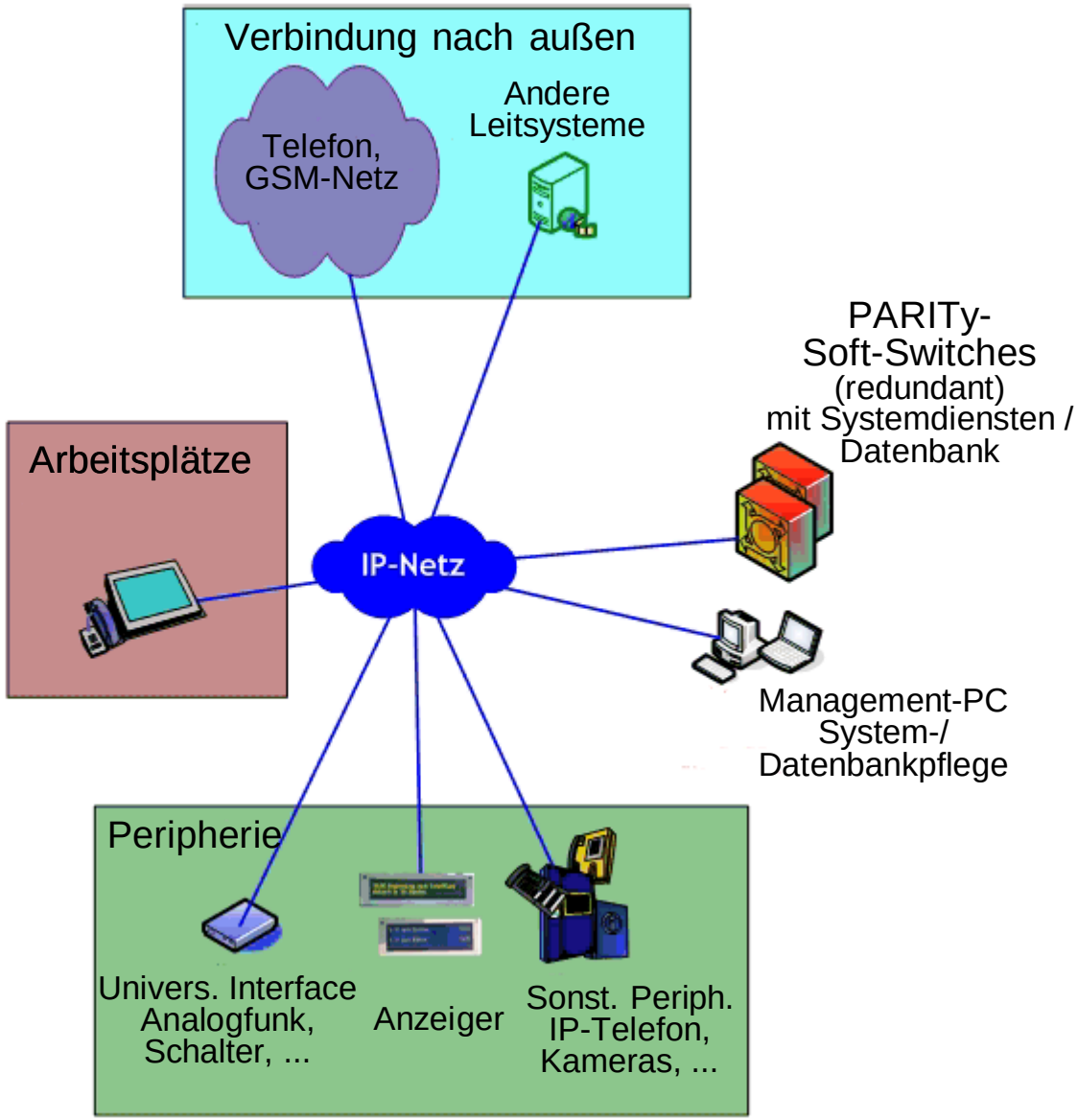
Die beim Empfänger eingesetzte Pufferung einzelner Pakete hat also die schlechtere Übertragungsqualität (d.h. den Jitter) ausgeglichen.
Auch das eine laut Bericht fehlende Paket fiel während der Verbindung tatsächlich nicht auf.

Eine weitere wichtige Größe wurde bei diesem Versuch ignoriert: die Latenzzeit.
Dabei handelt es sich um die gesamte Signalverzögerung beginnend bei der A/D-Wandlung beim Sender bis zur D/A-Wandlung beim Empfänger. Hier geht auch die Paketpufferung zur Jitterkompensation ein. Damit die Verzögerung nicht als störend empfunden wird, gilt:

Latenzzeit (eine Richtung): maximal 150 ms

Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen

PARITy – Systemübersicht



PARITy:

Public Address - Radio - Intercom - Telephony

Hersteller: IMS, Schweiz
Internet-Link: www.ims-info.ch

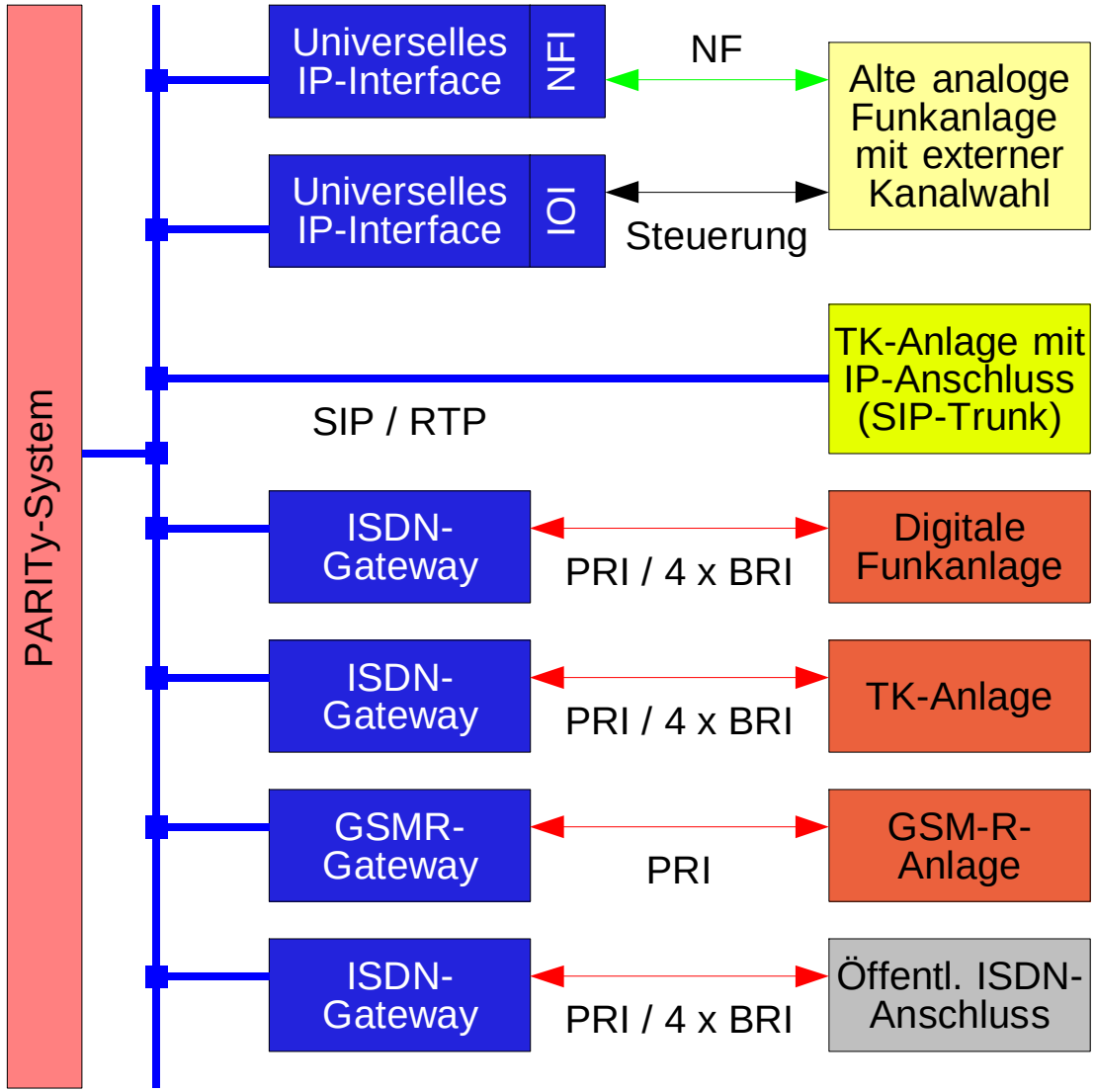
Grobe Struktur des PARITy-Systems:

- Soft-Switch
  Zentrale Komponente zur Verbindungs- und Datenfluss-steuerung
- Verbindungen nach außen
  zur TK-Anlage, an das öffentliche Telefonnetz, mobile Sprach- und Datennetze oder externe Rechnersysteme
- Peripheriekomponenten
  z.B. Telefone oder Gegen-sprechstellen, eine analoge oder digitale Funkanlage, DFI-Anzeiger, Videokameras, ...
- PARITy-Bedienplätze

Rheinbahn

Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen

PARITy – Systemschnittstellen (1)



Mögliche Schnittstellen zu externen Anlagen:

Universelles IP-Interface mit NF-Interface (NF-I) zur Erzeugung und Erfassung analoger NF-Signale

Universelles IP-Interface mit digitalen Ein- und Ausgängen (IO-I, z.B. mit Relais) für beliebige Schaltaufgaben

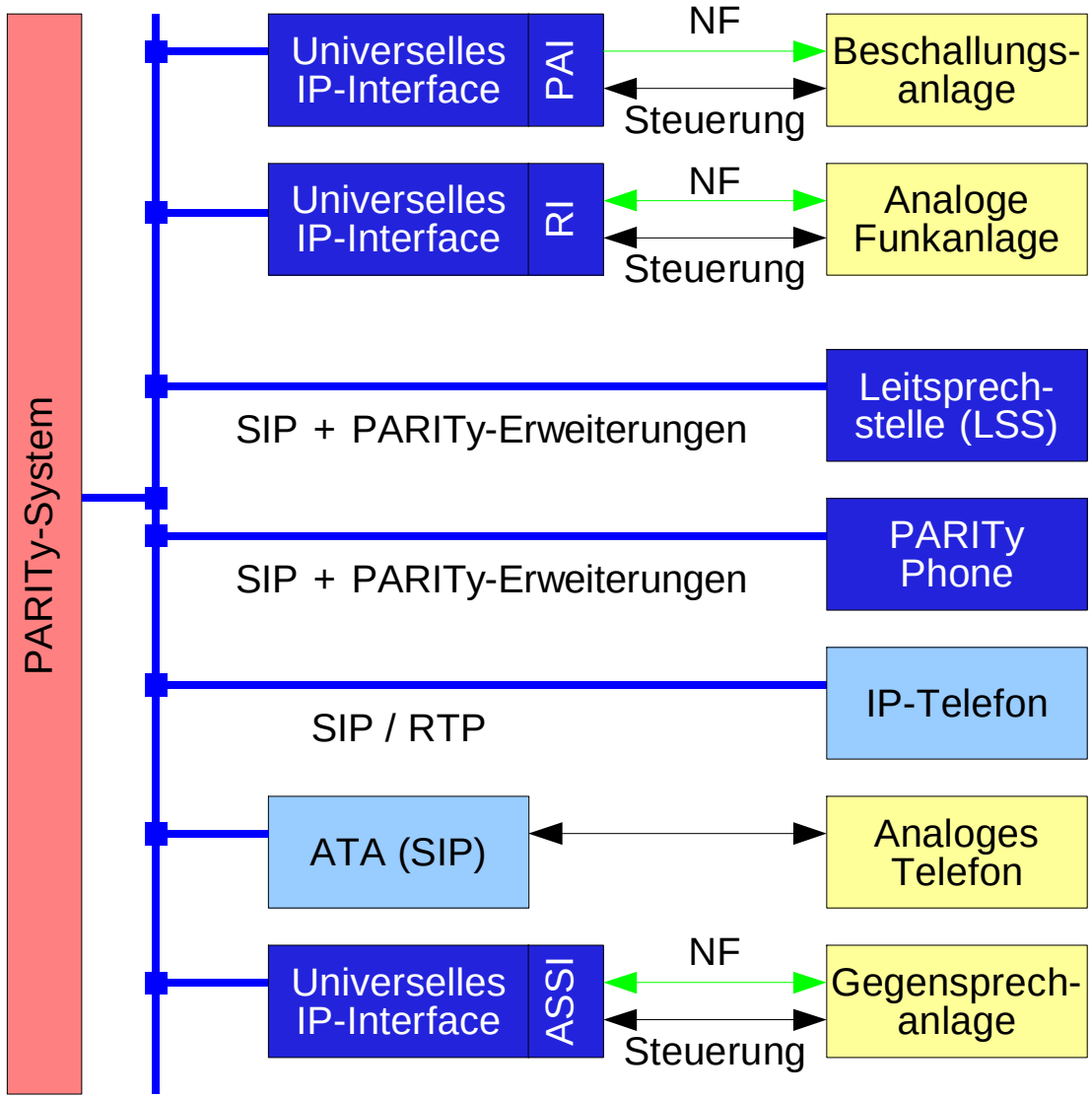
Direktanschluss von externen Geräten über das IP-Netzwerk unter Verwendung der Protokolle SIP, RTP, ...

ISDN-Gateway mit S0-Schnittstelle oder Primärmultiplexanschluss für digitale Funkanlagen, TK-Anlagen oder für den Übergang ins öffentliche TK-Netz

GSMR-Interface zur direkten Ankopplung an GSM-Vermittlungsstellen

Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen

PARITy – Systemschnittstellen (2)



Mögliche Endgeräte und Benutzerschnittstellen:

Universelles IP-Interface zu einer Beschallungsanlage
(PA-I, = Public Address-Interf.)

Universelles IP-Interface zu einer analogen Funkanlage (R-I, Radio-Interface)
Dieses Interface gibt es in verschiedenen Ausführungen je nach verwendeter Funkanlage

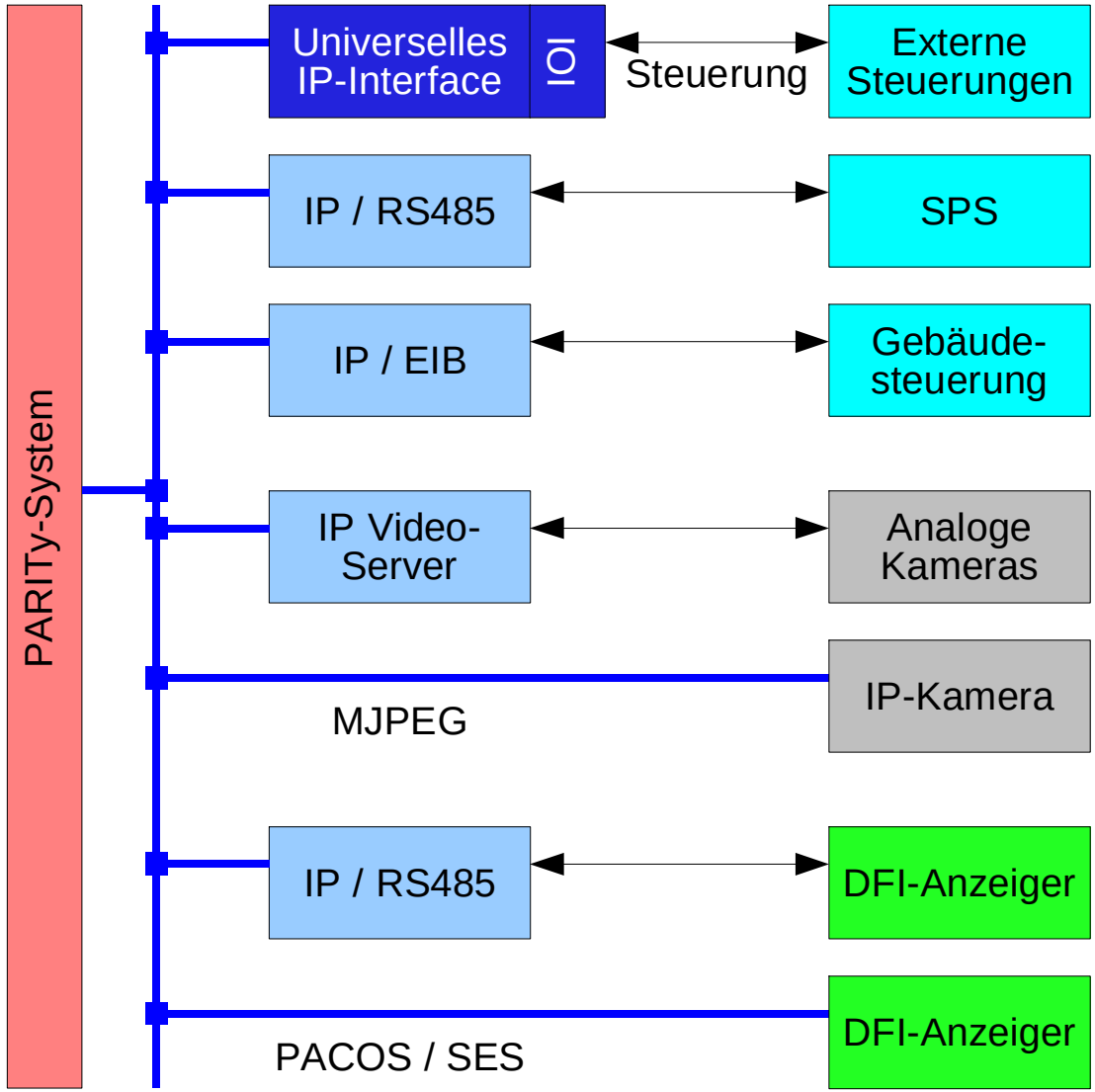
“Leitsprechstelle”, d.h. PARITy-Bedienplatz oder “PARITy-Phone”, beide mit direktem Netzwerk-anschluss

IP-Telefon oder analoges Telefon mit Adapter

Universelles IP-Interface zu Außensprechstellen (ASS-I)

Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen

PARITy – Systemschnittstellen (3)



Mögliche weitere externe Schnittstellen:

Universelles IP-Interface mit digitalen Ein-/Ausgängen zur Störungserfassung oder Steuerung externer Anlagen (ähnlich NLT)

Anschluss weiterer externer Steuerungssysteme über RS485- oder IP zu EIB-Wandler

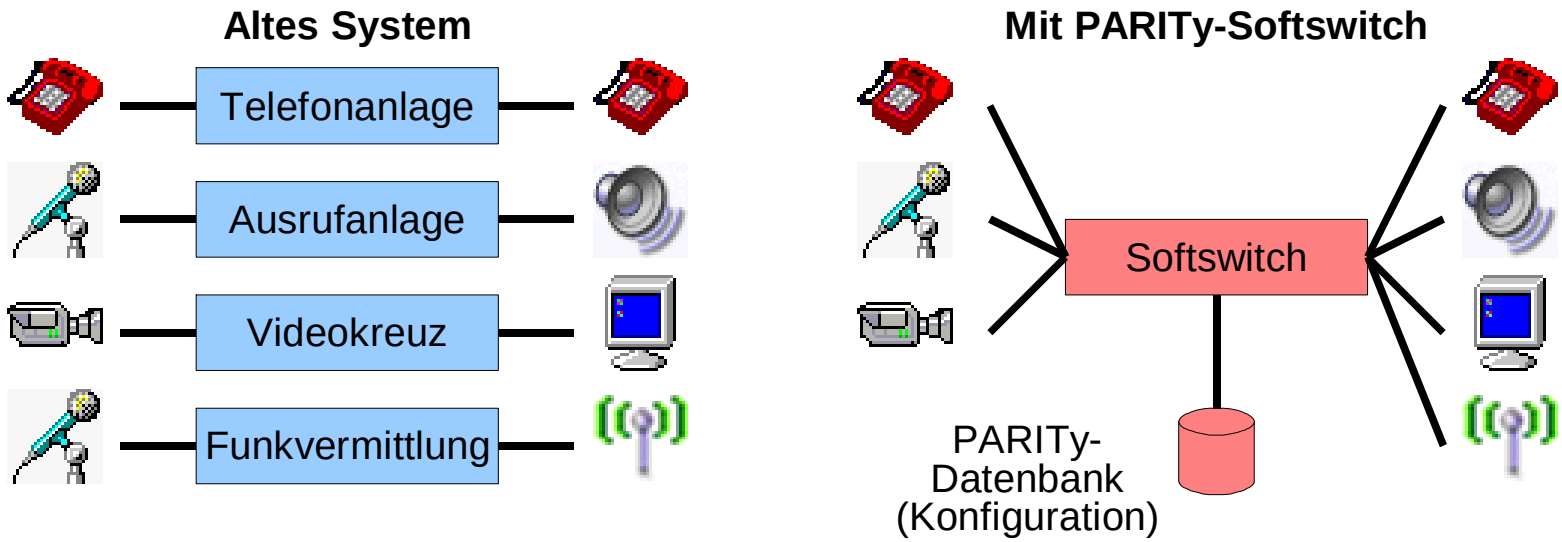
Übertragung von Videobildern von analogen Kameras (über Videoserver), IP-Kameras oder weiteren externen Quellen (über Konverter)

Ansteuerung von DFI-Anzeigern (Fahrgastinformation) über serielle Anschlüsse oder direkt über das IP-Netzwerk

Rheinbahn

Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen

PARITy – Zentrale Funktionen



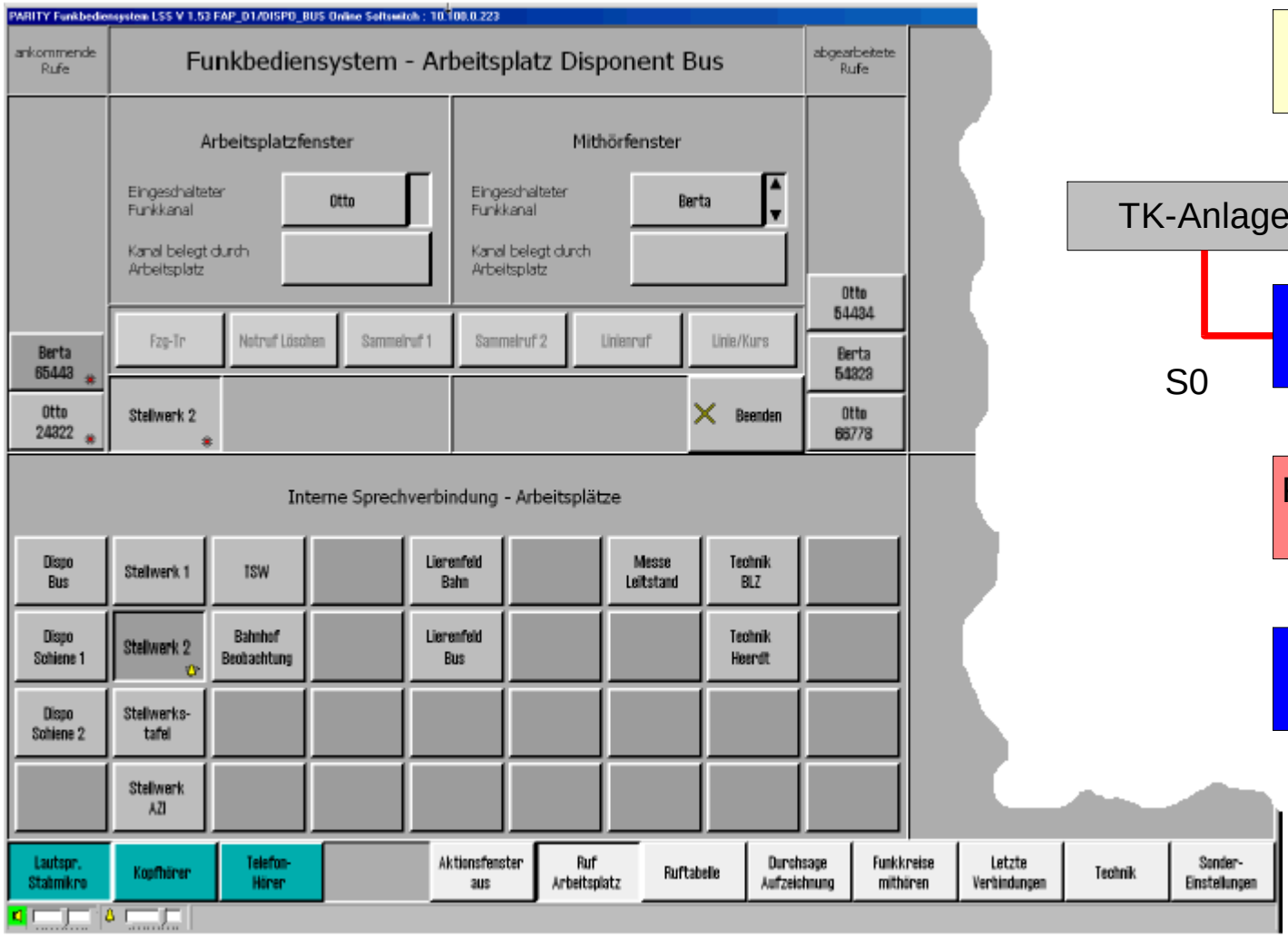
Funktionen des PARITy-Soft-Switches:

- Datenmanager (sorgt für aktuelle Konfigurationsdaten auf allen PARITy-Geräten)
- Verbindungsmanager (steuert den Verbindungsaufbau und die Datenübertragung)
- Funktionenmanager (frei konfigurierbare Aktionsauslösung bei bestimmten Ereignissen)
- Zustandsmanager (Prüfung auf die Existenz von genau einem aktiven Soft-Switch)
- TFTP-/NTP-Server (Server für Software-Download und Zeitsynchronisation)
- Server für akustische Information (Digitaler Sprachspeicher)
- Systemüberwachung (Prozessüberwachung auf den einzelnen PARITy-Rechnern)
- EFB (Elektronische Fahrgastbetreuung) (Einfache Zuglaufverfolgung mit Möglichkeit zur DFI-Ansteuerung und automatischen Bahnsteigansagen)

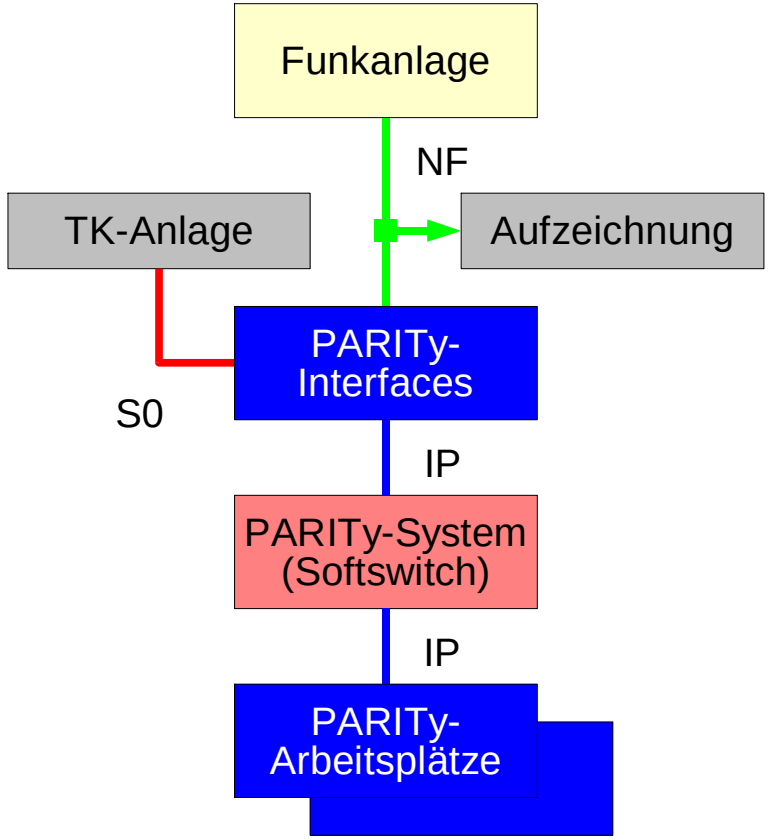
Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen

PARITy – Bedienoberfläche (Beispiel)

Bediendialog für Funkbedienung bei der Rehinbahn



Systemumfang bei der Rehinbahn



Rheinbahn

Voice over IP / Einsatz im Verkehrsunternehmen

Ende der Präsentation

Ich danke für ihre Aufmerksamkeit.