

Application Note



Zuverlässige Datenübertragung in Bahnnetzen
mit LineRunner SCADA NG



Zuverlässige Datenübertragung in Bahnnetzen mit LineRunner SCADA NG

Anforderungen

Die Übertragung von Informationen in Bahnnetzen hat eine lange Geschichte. Waren zu Beginn der Übertragungstechnik Telegrafie-(Fernschreib-)signale und später Sprachsignale zu übermitteln, kamen im weiteren Gang der Geschichte Steuer- und Überwachungsfunktionen hinzu.

Heute ist der Betrieb von Bahnstrecken ohne ausgedehnte Datenetze zur Informationsübertragung nicht mehr denkbar. Datenübertragungstrecken verbinden in der Zugangsebene Achszählanlagen und Bahnübergänge, also Elemente der Außenanlagen von elektronischen Stellwerken. Dienstintegrierende Systeme wie Sprach- und Live-Videodienste werden ebenfalls verstärkt über IP-Netze verbunden. Eine typische Anwendung findet sich in Systemen für die Zugnummernmeldung (ZN) und Zuglaufverfolgung (ZLV).

Die Anforderungen an die geeignete Übertragungstechnik orientieren sich sehr stark an dem betrieblichen Umfeld und der vorhandenen Infrastruktur:

- Eignung der Übertragungstechnik für lineare Netze (Bahnstrecken sind nun einmal „langgestreckt“)
- Verwendung unterschiedlicher Medien (Kupferkabel, Glasfaser und die Verwendung bereits vorhandener Backbone-Netze)
- Lange Produktlebenszyklen
- Höchste Betriebszuverlässigkeit über einen langen Zeitraum
- Starke Vibrationen und schwankende Temperaturen

- Weitestgehende Immunität gegenüber bahntypischen Störungen und Beeinflussungen (Längs- und Quereinflussung durch Fahrströme sowie durch atmosphärische Entladungen)
- Zuverlässige Übertragung der (digitalen) Signale bei gleichzeitig steigenden Anforderungen an die Übertragungsgeschwindigkeit

Im Laufe von vielen Jahren sind Standards geschaffen worden, die die Bedingungen des bahntechnischen Umfeldes beschreiben. KEYMILE hat Produkte entwickelt, die diesen Standards entsprechen.

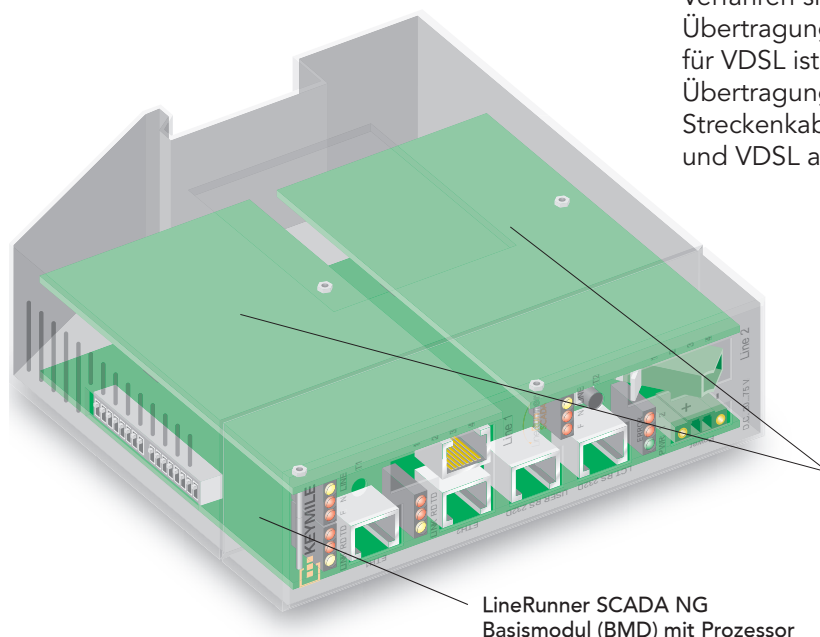
Das sind – bezogen auf elektrische Parameter, Störaussendung, Störeinkopplung und elektrische Sicherheit, sowie die Lasersicherheit:

- ETSI EN 300 386 – elektromagnetische Verträglichkeit und Funkspektrumangelegenheiten für Einrichtungen des Telekommunikationsnetzes
- ETSI ES 201 468 – Anforderungen von Telekommunikationseinrichtungen für die erweiterte Verfügbarkeit von Diensten in spezifischen Applikationen (Test-Level 2)
- EN 61000-6-2 – Störfestigkeit für Industriebereich
- EN 61000-6-3 – Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche
- ITU-T Rec. K.20, K.21, K.45
- EN 50121-4 – elektromagnetische Verträglichkeit für Bahnanwendungen
- EN 60950-1 – Sicherheit für Einrichtungen der Informationstechnik

Im Umfeld von Bahnanlagen sind natürlich auch die mechanischen Anforderungen sehr hoch. Hier eine kleine Auflistung:

- Raumklimatisierung zum Betrieb von TK-Equipment gemäß ETSI EN 300 019-2-3 V2.2.2 (2003-04)
 - Umwelttechnik
 - Umgebungsbedingungen und -tests für Telekommunikationseinrichtungen
 - Part 2-3: Spezifikation von Umgebungs-tests
 - Stationärer Einsatz an wettergeschützten Orten
- In Verbindung mit DIN EN 60068-2-6:1996 Prüfungen Fc: Schwingen (sinusförmig)
 - DIN EN 60068-2-29:1995 – Prüfungen Eb: Dauerschocken
 - DIN EN 60068-2-64:1995 – Prüfungen Fh: Schwingen, Breitbandrauschen
 - DIN EN 60068-2-47:2000 – Befestigung von Bauelementen, Geräten und anderen technischen Erzeugnissen beim Schwingen, Stoßen und ähnlichen dynamischen Prüfungen

Ein für das Bahnumfeld geeignetes Gerät durchläuft also viele Test- und Qualifizierungsphasen. Bei vielen Bahngesellschaften (und im gesamten Bereich der sogenannten Utility-Netze) hat sich seit einigen Jahren das LineRunner SCADA NG als zuverlässiges Instrument zur Datenübertragung etabliert.



2 flexibel einsetzbare Leitungsschnittstellen (LI) für z.B. unterschiedliche Übertragungsmedien wie Glaserfaser und Kupferdoppelader

Übertragungstechnik und Schnittstellen

Die Technik der Datenübertragungseinrichtungen ist im Wesentlichen von vier Punkten bestimmt:

Übertragungsmedium

- Kupferdoppeladern (CuDA) in Bahnhofs- und Streckenkabeln
- Glasfasern, vorzugsweise Einmoden-Faser (EM-Gf)
- Bestehende Netze (z.B. Backbone-Netze) können mit geeigneten Schnittstellen verwendet werden und sind genau betrachtet nur sekundäre Medien, da sie ihrerseits auf Glas oder Kupfer übertragen
- Funk (wird hier nicht betrachtet)

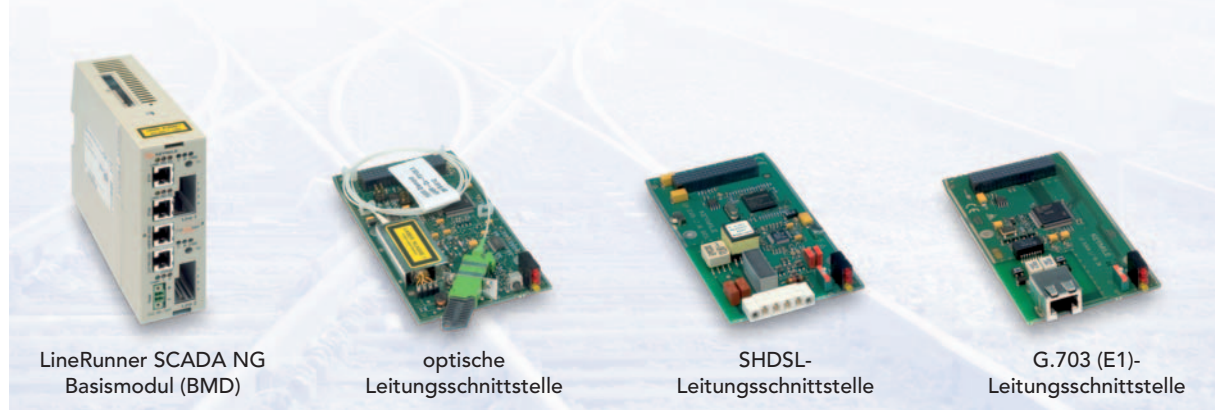
Übertragungsverfahren

- Niederfrequenztechnik (NF-Sprachbandmodems) auf CuDA
- Basisbandtechnik (mit geeigneter Codierung) auf CuDA
- Bitraten-symmetrische DSL-Technik wie SHDSL (früher auch HDSL) auf CuDA
- Optische Übertragung mit geeigneter Codierung auf EM-Gf
- ADSL, ADSLplus sowie VDSL sind für die Anwendung in Zugangsnetzen optimiert. Diese Verfahren sind für eine unsymmetrische Übertragung von hohen Bitraten ausgelegt – für VDSL ist allerdings auch symmetrische Übertragung möglich. Zur Anwendung auf Streckenkabeln im Bahnumfeld sind ADSL und VDSL allerdings nicht geeignet.

Schnittstellen (für Datenübertragung)

- Serielle Schnittstelle nach ITU-T V.24/V.28 (RS-232)
- Serielle Übertragung nach RS-485 oder RS-422
- Serielle Übertragung nach ITU-T V.11 (auch als X.21 bekannt)
- Serielle Schnittstelle nach ITU-T I.430 (ISDN-S₀-Schnittstelle)
- Serielle Schnittstelle nach ITU-T V.35 (in Europa relativ selten)
- Serielle Schnittstelle nach ITU-T V.36 (nicht sehr verbreitet)
- Schnittstelle nach ITU-T G.703 (hier wird die E1-Schnittstelle betrachtet)
- Ethernet-Schnittstelle nach IEEE 802.3 (LAN)

Von größter Bedeutung sind heute die Ethernet-Schnittstelle und (immer noch) die serielle Schnittstelle RS-232.



Übertragungsgeschwindigkeit (auf der Übertragungsleitung)

Die maximale Übertragungsgeschwindigkeit ist in hohem Maße vom verwendeten Medium und Übertragungsverfahren abhängig. Allgemein kann die Aussage gelten, dass eine Steigerung der Geschwindigkeit mit einer Verkürzung der Reichweite (auf einem gegebenen Medium) einhergeht.

- Sprachband (NF): 150 bis 38.400 bit/s
- Basisband: üblich bis 512 kbit/s
- SHDSL: 256 bis 5.696 kbit/s (pro CuDA)
- Optische Übertragung: bis 10 Gbit/s
- E1 (G.703): 2.048 bzw. 32 x 64 kbit/s

Es bestehen allerdings auch Beschränkungen auf Seiten der Schnittstelle. So ist eine V.24/V.28-Schnittstelle nur bis 20 kbit/s definiert. Es wäre also abwegig, eine SHDSL-Leitung mit 2 Mbit/s zu betreiben, um dann an den V.24-Schnittstellen die Beschränkung auf 20 kbit/s vorzufinden.

LineRunner SCADA NG

Aufbauend auf langer Erfahrung im Bereich der professionellen Datenübertragung entstand das Modem SCADA NG. Entwickelt für die LineRunner-Produktlinie bietet es, wie auch andere LineRunner-Produkte, exzellente Übertragungseigenschaften. SCADA steht für Supervisory Control And Data Acquisition.

Besondere Sorgfalt wurde auf die Übertragung via Kupfer-Doppeladern (SHDSL-Technik) gelegt. In Fernmelde-Kupferkabeln der Bahngesellschaften werden vornehmlich größere Aderndurchmesser (0,8-1,4 mm) verwendet als

in klassischen Zugangsnetzen (0,35-0,6 mm) der Fernmeldenetzbetreiber (ehem. PTTn).

Viele marktübliche SHDSL-Modems versagen oft auf Leitungen mit großen Aderndurchmessern und zeigen deutliche Einbußen in der Reichweite.

Das LineRunner SCADA NG ist auf die Übertragung von SCADA-Datenströmen zugeschnitten. Wie eingangs ausgeführt, gelten im industriellen und bahntechnischen Umfeld besondere Anforderungen:

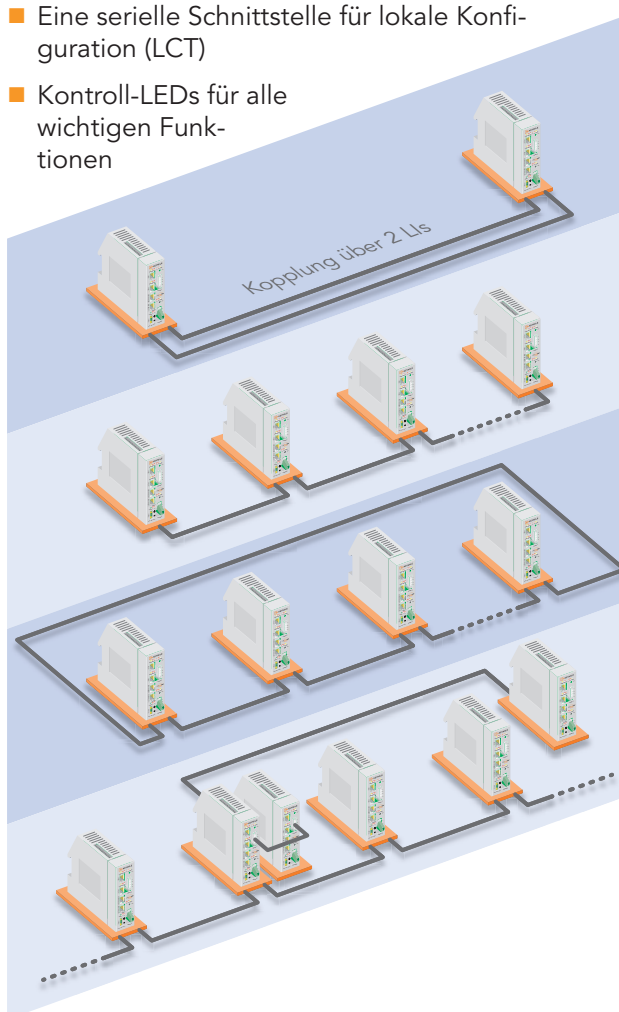
- Große Entfernungen, also lange Leitungen
- Unterschiedliche, teilweise alte Kabelstrecken
- Schnittstellenvielfalt (seriell, Ethernet)

- Höchste Zuverlässigkeit
- Ausgedehnter Temperaturbereich
- Industrielle mechanische Bauweise (Montageschiene, 19")

Die Basis eines LineRunner SCADA NG bildet die Grundplatine (BMD). Diese Grundplatine wird mit den austauschbaren Leitungsschnittstellen (LI, Line Interface) erweitert und bildet dann als Ganzes das SCADA NG.

Kurzdaten des LineRunner SCADA NG

- Montage auf DIN-Montageschiene 35 mm
- Stromversorgung 20-75 V DC
- Zwei Line-Interfaces bestückbar (auch gemischt)
- Zwei Ethernet-Schnittstellen (für getrennte Netze)
- Eine serielle Nutzerschnittstelle RS-232 (asynchron)
- Eine serielle Schnittstelle für lokale Konfiguration (LCT)
- Kontroll-LEDs für alle wichtigen Funktionen



Ethernet-Schnittstellen

- ETH1 und ETH2 können einzeln aktiviert werden
- ETH1 und ETH2 sind getrennten Netzen zugeordnet (kein Layer-2-Switch)
- Maximaler Datendurchsatz jeweils über Management einstellbar
- ETH1: 10BaseTX autoMDX
- ETH2: 10/100BaseTX autoMDX

Leitungsschnittstellen (LI)

- SHDSL auf einer CuDA, 256 bis 5.696 kbit/s
- Punkt-zu-Punkt Verbindung mit 11,4 Mbit/s (Bündelung)
- Optische Schnittstelle 2 Mbit/s Short-Haul 20 km, eine Faser
- Optische Schnittstelle 2 Mbit/s Long-Haul 40 km, eine Faser

Punkt-zu-Punkt-Verbindung

Um einzelne Applikationen mit vollen 5,7 Mbit/s mit einer Zentrale über eine Doppelader zu verbinden (z. B. hochauflösende Video-Übertragung). Eine Kopplung von zwei LIs ist zur Maximierung der Bandbreite möglich.

Kettenstruktur

Um bis zu 63 Applikationen mit 5,7 Mbit/s zu verbinden (z. B. serielle Sensoren-Daten entlang einer Bahnstrecke).

Ringstruktur

Um bis zu 63 Applikationen über eine gegen Ausfall gesicherte Übertragungsstrecke zu verbinden. (Z.B. Übertragungsmedium auf der Strecke SHDSL, Backup-Leitung SDH/PDH).

Ring- oder Kettenstruktur mit Stichleitung

Um einzelne abgesetzte Anwendungen in einen anderen Übertragungsweg zu integrieren (z.B. in Netzen für kommunale Versorgungseinrichtungen). Abzweigung in Stichleitung über Anwenderschnittstelle (Ethernet).

- Optische Schnittstelle 6 Mbit/s Long-Haul 35 km, eine Faser
- Elektrische E1-Schnittstelle, 120 Ohm, 6 dB, symmetrisch

IP20 ist die Schutzart (International-Protection-Class, auch Ingress-Protection-Class) des BMD. SCADA NG werden in Schaltschränken, TK-Räumen oder Schutzgehäusen eingesetzt. Für die Montage an Masten oder Wänden im Außenbereich ist ein spezielles Gehäuse mit IP64 vorhanden (z.B. SCADA NG als Regenerator). Ein Unterflurgehäuse mit IP68 kann bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden.

Das LineRunner SCADA NG wird ergänzt durch eine Fernspeiseeinrichtung (RFS/RPS) zur Speisung über Kupferdoppeladern. Diese Lösung wird häufig für Regenerator-Betrieb eingesetzt.

Netz-Topologien

Datennetze im Bahnumfeld sind oft von langgestreckter bzw. linearer Struktur. In der Praxis kommen aber alle beliebigen Topologien vor:

- Punkt-zu-Punkt
- Punkt-zu-Punkt mit Redundanz (Line-Protection)
- Sternnetz (viele Leitungen von einer Zentrale abgehend)
- Kettenstruktur (viele Geräte in Reihe)
- Ringstruktur (Redundanz z.B. über optische Verbindung)
- Ring in linearer Struktur („zusammengedrückter“ Ring)
- Ringstruktur (Redundanz über ein Backbone-Netz)
- Ring oder Kette mit Stichleitungen
- Vermaschung (mit Routern)

Typische Anwendungen

Viele Bahngesellschaften setzen SCADA NG in ihren Netzen ein. Der Schwerpunkt liegt hier – im Allgemeinen – nicht auf höchster Übertragungsgeschwindigkeit, sondern auf Flexibilität und Zuverlässigkeit der Übertragung. Da in vielen Fällen als Übertragungsmedium Kupferleitungen genutzt werden müssen (oder können), ist bei gegebener Leitungslänge der erreichbare Datendurchsatz begrenzt.

In der Praxis werden die Netze meist auf 1-3 Mbit/s geplant. Bei einer Auslegung eines

Netzes mit z.B. 2 Mbit/s ist eine Migration von serieller Datenübertragung auf IP-basierte Datenströme problemlos möglich, da sich die Ethernet-Schnittstelle und die serielle Schnittstelle unabhängig voneinander nutzen lassen. Dieses gilt auch bei optischer Übertragung. Hochbitratige optische Übertragung ist in vielen Fällen nicht erforderlich.

Andere Vorteile der Glasfaser – wie z.B. eine vollständige Immunität gegenüber elektrischer Beeinflussung – sind oft entscheidend für die Wahl von optischen Leitungsschnittstellen (LI). Da ein SCADA NG auch mit zwei unterschiedlichen LIs ausgerüstet werden kann, ist z.B. ein Umsetzer von Kupfer (SHDSL) zur Glasfaser auf einfachste Weise realisierbar.

Die erforderliche spektrale Bandbreite des Leitungssignals bei SHDSL-Übertragungstechnik ist erheblich kleiner als bei der früher eingesetzten PCM-Technik. PCM-Abriegelungsübertrager (Längsbeeinflussung) können somit in den Leitungsstrecken verbleiben.

Ein SCADA NG sendet alle ankommenden Datenpakete sofort wieder an das nächste Gerät weiter, eine Regeneratorfunktion ist gleichsam eingebaut. Ein besonderer Regenerator ist also nicht erforderlich.

Ein wichtiger Punkt ist die Überwachung, Alarmierung und Fernkonfiguration durch das Managementsystem (NMS) ASMOS. Ein Einbinden der Alarmierung in übergeordnete NMS ist mit dem Simple-Network-Management-Protocol (SNMP) leicht möglich.

Einige Beispiele zeigen den Einsatz von LineRunner SCADA NG bei verschiedenen Bahngesellschaften:

In Deutschland

Das Zuglaufverfolgungssystem der DB verwendet zur Datenübertragung sogenannte Partyline-Modems (Sprachbandübertragung) auf dem Zuglaufverfolgungs (ZLV)-Bus. Durch Einführung von elektronischen Stellwerken (ESTW) ergeben sich aber wesentlich größere Entfernungen zwischen den ESTW. Ein Umstieg auf SHDSL-Übertragung mit SCADA NG löste das Problem auf einfache Weise:

- Jedes SCADA NG regeneriert das empfangene Telegramm
- Es sind erheblich größere Entfernungen leicht überbrückbar

- Alle SCADA NG arbeiten wie ein Multi-Drop-Modem
- Die seriellen Schnittstellen werden einfach auf die erforderlichen Parameter der (ehemaligen) Modems eingestellt
- Das gesamte Netz ist überwacht und managbar

Die Ethernet-Schnittstellen (zwei unabhängige Netze) stehen zusätzlich zur zukünftigen Verwendung bereit.

Fahrkartenautomaten werden ebenfalls über Kupferleitungen mit SCADA NG angebunden. Moderne Beschallungsanlagen und Wechsel-sprechanlagen (einseitiges/wechselseitiges Lautsprechen, EL/WL) verwenden heute die VoIP-Technik (Voice-over-IP). Auch hier kommt SCADA NG zum Einsatz. Immunität der Übertragung gegenüber Bahnstrombeeinflussung (Oberwellen) ist dabei ein wichtiges Kriterium.

Im Bereich der Leit- und Sicherungstechnik wird SCADA NG für vielfältige Aufgaben eingesetzt. Die Überwachung von Bahnübergängen und – ganz allgemein – die Datenübertragung zwischen modernen Stellwerken gehören dazu.

Die zuverlässige Übertragung mit SHDSL-Technik (und natürlich auch über Glasfaser) erlaubt einen universellen Einsatz auf Strecken mit allen Traktionsarten. Ein wichtiger logistischer Aspekt ist die Beschränkung auf ein einziges Grundgerät mit flexibel anpassbaren Leitungsschnittstellen.

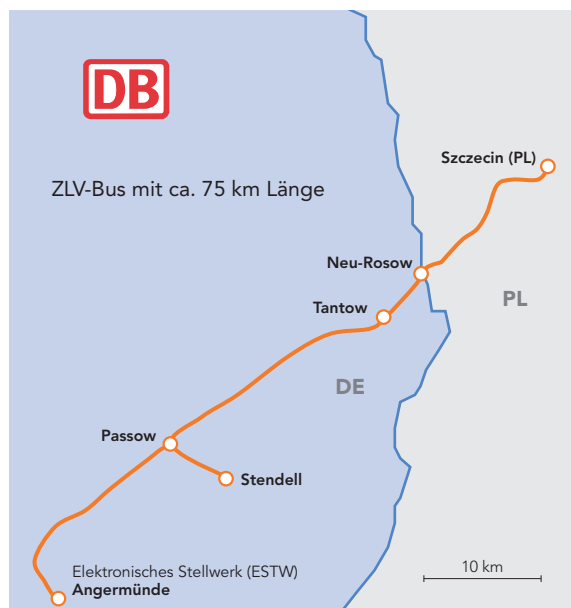


Abbildung: Ein typischer ZLV-Bus der DB mit SHDSL-Übertragung

In Luxemburg

Die CFL in Luxemburg hat das ZN-Netz (vergleichbar mit der ZLV) vornehmlich optisch aufgebaut. Da aber einige Stationen über Kupferleitungen und Backbone-Netze (E1-Zugang zu Add/Drop-Multiplexern, ADM) angeschlossen sind, fiel auch hier die Wahl auf das LineRunner SCADA NG. Die Ethernet-Schnittstellen stehen zur zukünftigen Nutzung bereit – z.B. für Video-over-IP, also Netzwerk-Kameras.



- Zuglaufverfolgung bei der CFL mit 9.600 bit/s
- Maximal 150 km Buslänge
- Vollständig redundanter Aufbau
- Ethernet zur freien Verwendung
- Vollständig mit ASMOS gemanaged

In Polen

Die Polnische Eisenbahn PKP stand vor der Aufgabe, ihr Betriebstelefonnetz zu modernisieren. Die analoge Übertragung wurde durch die Oberwellen der Traktionsströme stark gestört. Das gesamte Telefonnetz wurde auf VoIP umgestellt. Da vorhandene Kupferkabel (sogar Freileitungen) genutzt werden sollten, wurden 1.400 Stationen mit SCADA NG ausgerüstet.

Die einzelnen Unternetze sind in ein leistungsfähiges Router-Netz eingebunden und mit der VoIP-Vermittlung verbunden.

Der wesentliche Vorteil einer digitalen Übertragung mit SHDSL ist hier die Vermeidung von analogen (und damit hörbaren Störungen) im Betriebstelefonnetz.

Bereits vorhandene analoge Telefone (auch Streckentelefone) sind über analoge Telefon-Adapter (ATA) in das IP-Netz eingebunden.

Das Netz wird funktional auf Sprachdurchsage (EL) und Wechselsprechanlagen erweitert. Ein wichtiger Vorteil bei der Verwendung von digitaler Übertragung (Ethernet) ist die Möglichkeit problemlos eine obere Frequenzgrenze von z.B. 12 kHz einzuhalten. Eine höhere Grenzfrequenz ist bei Durchsageanlagen aus Gründen der besseren Silbenverständlichkeit gefordert.

In Italien

Die Italienische Eisenbahngesellschaft RFI modernisiert die Telekommunikations-Infrastruktur. Namentlich die Ost-West-Verbindungen erhalten vollständig IP-basierte Ausrüstungen. Die bewährten Standard-Telefone werden auch hier über ATAs mit dem Stations-Switch verbunden. Alle Stationen sind mit SCADA NG in einer Ringstruktur verbunden.



- Stationsdurchsage mit VoIP
- 70 km Buslänge

- Buserweiterung bis 150 km über SDH
- Vollständig redundanter Aufbau im Ring
- Serielle Schnittstelle nicht benutzt
- Vollständig mit ASMOS gemanaged

Weitere Anwendungen

Viele Unternehmen der Bahntechnik setzen SCADA NG in anderen Ländern (Japan, Österreich, Portugal ...) für unterschiedlichste Zwecke ein. Allgemein ist der Trend zu beobachten, dass viele Eisenbahngesellschaften ihre vorhandenen Kupferleitungen mit SHDSL-Übertragung zu neuem Leben erwecken. Besonders in der Sicherungstechnik werden zum Beispiel Achszählsysteme in kurzen Abständen und damit in großer Menge installiert. Solche modernen, ausgedehnten Sicherungssysteme nutzen häufig Ethernet als universelle Schnittstelle zur Vernetzung.

Zusammenfassung und Ausblick

In der Leit- und Sicherungstechnik der Bahnen gelten andere Regeln als im Umfeld eines Netzbetreibers (Internet-Versorgung von privaten Haushalten und Geschäftskunden). Die Produktlebenszyklen sind erheblich länger, die Zuverlässigkeit (und nicht unbedingt der Preis) steht an erster Stelle. Die technischen Anforderungen an Schnittstellen und zu übertragender Datenrate mögen oft etwas altmodisch anmuten. Dennoch ist auch hier (wie im gesamten industriellen SCADA-Umfeld) der Weg zu einer Netzstruktur auf Ethernet/IP-Basis anstelle serieller Übertragung klar zu erkennen.

Da sich ein Wechsel von serieller Übertragung zu IP naturgemäß nicht über Nacht vollzieht, ist ein Übertragungsgerät mit beiden Schnittstellentypen vorteilhaft, zumal diese auch noch gleichzeitig nutzbar sind. Wenn dann auch verschiedene Medien zum Transport genutzt werden können, liegt der technische wie kommerzielle Vorteil auf der Hand.

Herausgeber

KEYMILE GmbH
Wohlenbergstraße 3
30179 Hannover, Deutschland

Telefon +49 511 6747-0
Fax +49 511 6747-450
Internet www.keymile.com
Mail info@keymile.com