

Prototyp eines PLUS-PCN-Modems.

Fahrgastinformation mittels PLC

Power Line Communication in Zügen | Für die Vernetzung von Geräten für die Fahrgastinformation in Zügen werden heute Ethernet-Netzwerke eingesetzt. Diese sind aber teuer und erfordern eine grosse Kabelmenge mit entsprechendem Platzbedarf und Gewicht. Dies kann verbessert werden, wenn man die Daten mittels Power Line Communication (PLC) über Stromversorgungskabel überträgt.

ULRICH DERSCH, MARTIN JAEGGI

In der Bahnindustrie herrscht ein kontinuierlicher Preisdruck. Insbesondere durch die Konkurrenz aus China wird sich dieser in Zukunft weiter verschärfen, und damit auch für die Zulieferindustrie wie Annax, einem Anbieter von Fahrgastinformationssystemen. Eine weitere Kostenreduktion ist bei der Fahrgastinformation nur noch mit neuen Konzepten möglich.

Fahrgastinformationssysteme (Passenger Information Systems, PIS) bestehen in heutigen Zügen u. a. aus Audio-Komponenten (Verstärker, Not-

rufsprechstellen) und einer steigenden Anzahl von Anzeigen in diversen Technologien (TFT, LED, OLED, ...).

Diese Geräte werden heute typischerweise über ein Zug-internes Ethernet-Netzwerk (Bild 1) miteinander verbunden. Ein moderner Zug hat mehrere Hundert PIS-Geräte. Die Länge der erforderlichen Netzwerkkabel kann über 50 km betragen. Zusammen mit den benötigten Ethernet-Switches ist dies ein erheblicher Kosten-, Raumbedarfs-, Unterhalts- und zunehmend auch Gewichtsfaktor.

Konzept

Mit der Datenübertragung über bereits vorhandene Stromversorgungskabel mittels Power Line Communication zu den einzelnen PIS-Geräten innerhalb einer Zug-Komposition (englisch Train Consist) könnte ein beträchtlicher Teil des Ethernet-Netzwerkes entfallen, was die Kosten erheblich senken würde. Daher hat Annax dieses Konzept zusammen mit der Hochschule Luzern HSLU und deren Spin-off PLC-TEC AG im praktischen Einsatz auf einem Zug im Fahrgastbetrieb getestet

und erprobt. Das Konzept basiert auf der ursprünglich von der HSLU entwickelten PLC-Technologie PLUS (Power Line Data Bus). Diese wird aktuell auch in der Flugzeug- und Automobilindustrie vorangetrieben.

Die auf PIS zugeschnittene Lösung wird als PLUS PLC Consist Network (PLUS-PCN) bezeichnet. Mit dieser Lösung kann das bestehende Switch-Ethernet-basierte PIS-Netzwerk für die Intra-Consist-Kommunikation vollständig entfernt werden (Bild 2). Das Ethernet-basierte Backbone-Netzwerk bleibt bestehen, jedoch werden Schnittstellen über die Stromversorgung direkt zu den PLC-Modems hergestellt, sodass die teuren Ethernet-Switches überflüssig werden. Dies bietet eine kostengünstige Lösung unter Verwendung der bestehenden Stromverteilverkabelung (Power Distribution Network PDN).

Zunächst wurden dafür umfangreiche Messungen an Personenzügen der Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn BLS AG durchgeführt. An den Zugmodellen MUTZ (Moderner universeller Trieb-Zug) und Lötschberger wurden in mehreren Wagen jedes Zugmodells Messungen des Übertragungskanal und des Rauschens (Noise) durchgeführt. Die Messergebnisse wurden anschliessend analysiert und ein Modell des Signal-to-Noise Ratio (SNR) entwickelt. Dieses Modell wurde dann in ein bestehendes Simulationsmodell der PLUS-Technologie der HSLU integriert. Zur Quantifizierung der zu erwartenden Performanz wurden umfangreiche Simulationen durchgeführt.

Parallel dazu wurde ein Systemdesign für PLUS-PCN definiert. Diese Architektur beinhaltet die Verwendung von zwei PLUS-PCN-Konzentratoren (Bild 2) pro Wagen (einer an jedem Ende des Wagens), die an das Ethernet-Backbone-Netzwerk angeschlossen sind. Zwei PLUS-PCN-Konzentratoren pro Wagen bieten eine gleichwertige Redundanz wie die aktuelle Ethernet-basierte Lösung. In jedes Anwendungsendgerät wurde dann ein PLUS-PCN-Modem integriert. Zudem wurde eine geeignete Koppler- und Stromversorgungseinheit (PSU) für das 36-V-Gleichstrom-Zug-PDN entwickelt. Verschiedene Kopplungsmethoden wurden evaluiert und Prototypen entwickelt. Messun-

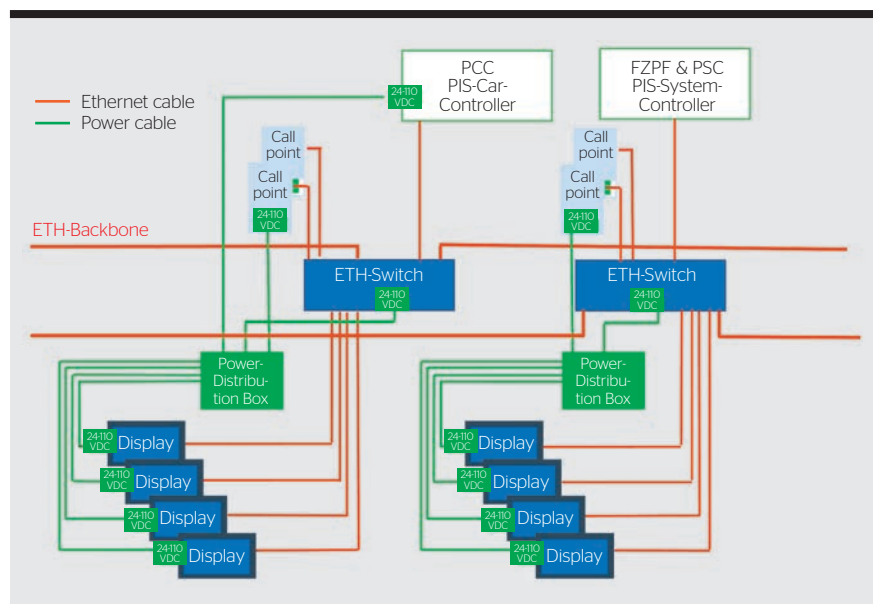


Bild 1 Heutiges Ethernet-basiertes Fahrgastinformationssystem-Netzwerk.

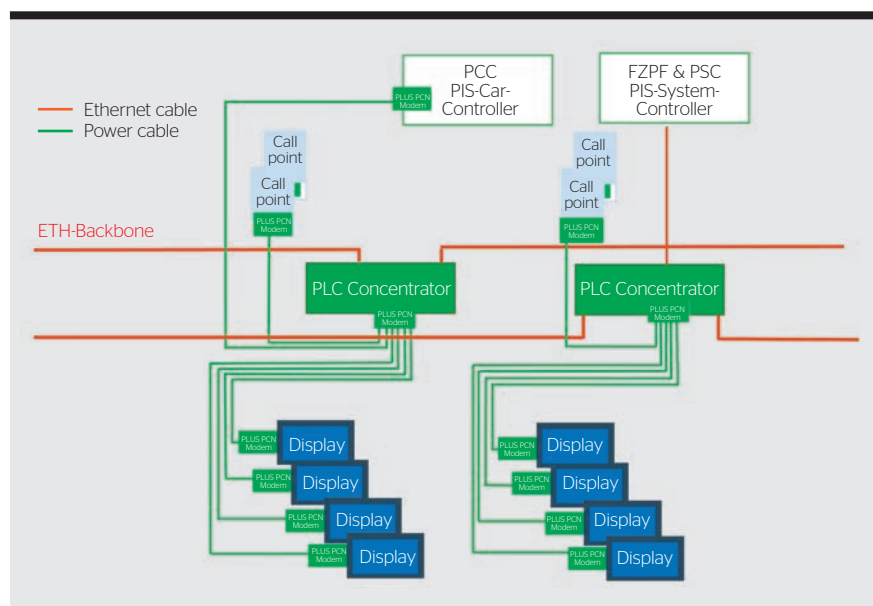


Bild 2 PLUS-PCN-basiertes Fahrgastinformationssystem-Netzwerk.

gen der Performanz und der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) wurden durchgeführt, und am Ende wurde eine kapazitive Kopplungslösung gewählt. Die Netzgeräte- und Kopplerausführungen erfüllen alle relevanten Bahnnormen für elektronische Geräte und EMV. Passende Schnittstellen zu den bestehenden Anwendungsgeräten wurden entwickelt, die das VLAN/IP-Adresskonzept unterstützen.

Entwicklung und Tests

Basierend auf dem Systemdesign wurden PLUS-PCN-Modem-Prototypen

entwickelt. Dazu gehörten zwei PCB-Designs zur Integration des Modems mit dem Koppler und der PSU (siehe Einstiegsbild, die rechte Hälfte ist die PSU, die linke Hälfte, bestehend aus einem Modem- und einem Base-Board, übernimmt die komplette Modemfunktionalität). Sowohl an der HSLU (PLC-Performanz) als auch bei Annax (Funktionstest mit den PIS-Geräten) wurden umfangreiche Labortests durchgeführt.

Für einen Feldtest wurden vier Prototypen in einen MUTZ der BLS integriert. Ein PLUS-PCN-Konzentrator wurde an einen bestehenden PIS-

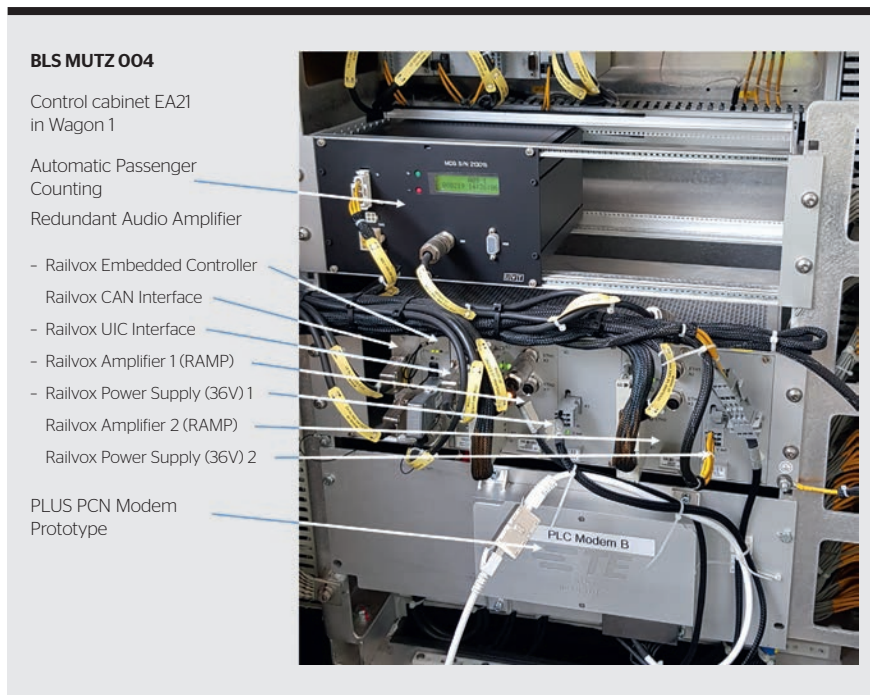


Bild 3 Integration des PLUS PCN Modems in einen Schaltschrank eines MUTZ.

Switch angeschlossen. Die PLUS-PCN-Modems wurden an einem TFT-Display, einem Seitenanzeiger und einem Audioverstärker installiert (**Bild 3**). Die Anwendungen, die auf PLUS-PCN laufen, sind Audioansagen, TFT-Display-Updates und Aktualisierungen der Seitenanzeige.

Nach dem erfolgreichen Absolvieren einer Probefahrt wurde der mit den PLUS-PCN-Modem-Prototypen ausgestattete Zug in den Normalbe-

trieb genommen. Durch eine Kombination aus Fernüberwachung des Fahrgastinformationssystems in Verbindung mit der Anmeldung an den PLUS-PCN-Modem-Prototypen wird die Durchführung der Feldtests stetig überwacht.

Resultate

Der Gesamtdurchsatz des PLUS-PCN-Netzwerks beträgt gemäss Tests etwa 20 Mbit/s. Dies ist zwar weniger als die

100 Mbit/s, die für Ethernet angegeben werden, wurde aber als ausreichend erachtet, um die notwendigen PIS-Anwendungen (einschliesslich zukünftig zu erwartender Streaming-Anwendungen) zu unterstützen. Der Test auf dem Zug der BLS AG läuft nun seit Januar 2019 im voll operativen Betrieb, im Winter bei Temperaturen unterhalb 0°C und im Sommer bei über 40°C. Die Tests werden kontinuierlich weitergeführt.

Mit der Innovation eines PLC-basierten PIS-Netzes können gleich mehrere Problemfelder adressiert werden, da die Übertragung über die bestehenden Speisungskabel der Geräte erfolgt und nicht mehr über eine zusätzliche Datenleitung (heute Ethernet-Kabel):

- **Kosteneinsparung:** Deutliche Kosteneinsparung durch den Wegfall von Ethernet-Kabeln und eines Teils der Ethernet-Switches. Ausserdem entfallen die Arbeitskosten zum Verlegen der Ethernet-Kabel und die Unterhaltskosten werden reduziert.

- **Gewichtsreduktion:** Das Gewicht eines Fahrzeuges beeinflusst den Verschleiss der Infrastruktur (Schienen und Weichen) und ist somit zu einem wichtigen Kaufkriterium für Bahnbetreiber geworden. Das Maximalgewicht von Komponenten wie z.B. PIS-Systemen ist in Ausschreibungen vorgegeben. Überschreitungen werden bestraft.

RÉSUMÉ

Information des passagers via PLC

Communication par courants porteurs en ligne dans les trains

Dans le secteur ferroviaire, la pression sur les prix est permanente. Principalement en raison de la concurrence chinoise, cet état de fait va encore s'intensifier à l'avenir et donc également pour les sous-traitants concernés tels qu'Annax, un fournisseur de systèmes d'information des passagers.

De nouvelles réductions de coûts ne sont possibles dans ce domaine qu'en ayant recours à de nouveaux concepts. Par exemple, en employant la communication par courants porteurs en ligne (CPL ou PLC pour Power Line Communication) pour transmettre les données via les câbles d'alimentation électrique, au lieu des réseaux Ethernet utilisés jusqu'à présent. Ces derniers nécessitent en effet une grande quantité de câbles, et donc d'espace, et représentent un poids supplémentaire non négligeable.

Un nouveau réseau de systèmes d'information des passagers basé sur la PLC a donc été développé à la Haute école de Lucerne, en collaboration avec Annax. Celui-ci s'attaque à plusieurs problèmes à la fois – coûts, poids et encombrement –, les données étant désormais transmises par les câbles d'alimentation électrique existants des appareils. Les essais ont montré que le débit total du nouveau réseau PLUS-PCN (Power Line Data Bus - PLC Consist Network) est d'environ 20 Mbps. Bien qu'inférieur aux 100 Mbps spécifiés pour Ethernet, il est suffisant pour prendre en charge les applications nécessaires des systèmes d'information des passagers (y compris les probables futures applications de streaming). Depuis janvier 2019, un essai est en cours sur un train de BLS SA en mode opérationnel, soit en hiver à des températures inférieures à 0°C et en été à plus de 40°C. **no**

● **Geringerer Raumbedarf:** Heutige Züge sind modernste High-Tech-Produkte mit komplett vernetzten Geräten auf kleinem Raum. Die dazu benötigten Kabel werden zunehmend zu einem erheblichen Raumproblem und erhöhen zusätzlich die Brandgefahr. **Bild 4** verdeutlicht die enorme Menge an Kabel, die heute in einem Zug verbaut wird.

Die Partner Annax und PLC-TEC AG arbeiten zurzeit an der Industrialisierung der PLUS-PCN-Lösung.

Autoren

Prof. Dr. **Ulrich Dersch** ist Gründer und Leiter des Competence Center Intelligent Sensors and Networks und Dozent für Elektrotechnik an der HSLU.
→ HSLU, 6048 Horw
→ ulrich.dersch@hslu.ch

Martin Jaeggi ist Managing Director der Annax Schweiz AG.
→ Annax Schweiz AG, 3006 Bern
→ martin.jaeggi@wabtec.com



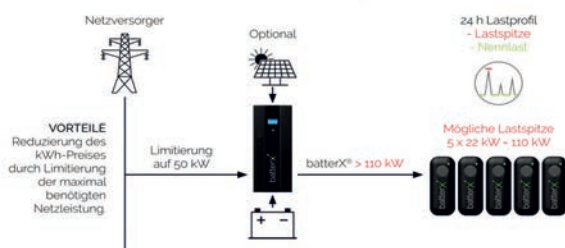
Bild 4 Kabelmenge in einem Zug.



AT Center GmbH | Industriestrasse 28 | CH-8604 Volketswil
Tel.: +41 62 887 30 80 | info@atc-ag.ch | www.atc-ag.ch | www.batterx.ch



batterX Business für E-Ladestationen



USV-Anlage in Doppelwandlertechnologie mit statischem Bypass, für eine zuverlässige Stromversorgung.
Extrem kompakte Bauweise mit zusätzlichem, standardmässigem Bypasseneingang.

Grosser USV-Leistungsbereich von 10kVA bis 650kVA, für den Einsatz in Industrie, Rechenzentren, Spitälern u.s.w..

In Kombination mit On-grid Wechselrichter für partiellen Eigenverbrauch und Netzeinspeisung.

- PV-Leistung auch bei Netzausfall nutzbar
- Keine PV Leistungsbegrenzung
- Für 100% Eigenverbrauch
- Kalkulierbare Rentabilitätsrechnung

Die optimale Lösung, auch für den Inselbetrieb.

Energieflussmanagement mit simultanem Mix aus drei verschiedenen Stromquellen.

- Garantierte Lastversorgung bei fehlendem Netz
- Lastspitzenverwaltung

Cloudbasierte Energieverwaltungssoftware liveX.

- LiveX Ansicht von Netzversorgung, PV, Batterien und Verbraucherdaten
- Remote-Support via lokalem oder cloudbasiertem Zugang
- Intelligente Lastverwaltung mit täglichen, wöchentlichen, monatlichen und jährlichen Energieflussdaten

Standardmässige Batteriespeichergrossen von 30kWh - 252kWh (DoD70%) mit Blei, Blei-Carbon oder Lithium-batterien.

Für Eigenheimbesitzer empfehlen wir die batterX Home Serie mit 5kVA (1-Ph.) oder 10kVA (3-Ph.) unterbruchsfreier USV-Leistung.

Energiespeicher mit Blei, Bleicarbon oder LiFePo Batterien.