



SIGNAL+DRAHT

SIGNALLING & DATACOMMUNICATION



06 Vergleich ETCS L1LS und ETCS L2 in der Schweiz
Comparison of ETCS L1LS and ETCS L2 in Switzerland

16 ETCS auf der SFS Wendlingen – Ulm
ETCS on the Wendlingen – Ulm high-speed line

69 ETCS: Inbetriebnahme der Red Line in Thailand
ETCS: Commissioning of the Red Line in Thailand

ETCS L2 RBC Adaption mit ProSigma-B an Integra-Domino-Relaisstellwerken

ETCS L2 RBC adaptation with ProSigma-B to Integra Domino Relay Interlocking

Balázs Keresztesi | Ádám Mester | Ágoston Salacz | Bence Soltész

Die Plattform ProSigma-B wurde am Markt als Untersystem der Hybridversion der Stellwerkslösung PRORIS von Prolan eingeführt. Die generellen Merkmale von ProSigma-B und seine Rolle innerhalb des Stellwerksystems PRORIS-H wurden in [1] publiziert. In dem vorliegenden Artikel soll unsere Lösung für die Kopplung von European Train Control System Level 2 (ETCS L2) an ein Relaisstellwerk Integra Domino beschrieben werden, die von Prolan und GTS Ground Transportation Systems Austria (früher Thales Austria) entwickelt wurde.

1 Integra Domino Relaisstellwerke in Ungarn

Die Zusammenarbeit zwischen der Integra AG und der ungarischen Eisenbahn geht bis auf die Mitte des 20. Jahrhunderts zurück. In ei-

The ProSigma B platform was introduced to the market as a subsystem of the hybrid version of Prolan's PRORIS signalling system. The general features of ProSigma B and its role within the PRORIS-H signalling system were published in [1]. In our current article we would like to present our solution for coupling European Train Control System Level 2 (ETCS L2) with Integra Domino Relay Interlocking, which was developed by Prolan and GTS Ground Transportation Systems Austria (formerly Thales Austria).

1 Integra Domino relay interlockings in Hungary

The relationship between Integra AG and the Hungarian railway network dates back to the middle of the 20th century.



Bild 1: Komponenten des Relaisstellwerks Domino-70

Fig. 1: Elements of Domino-70 relay interlocking system

nem ersten Schritt wurde dabei das erste Relaisstellwerk mit elektrischen Weichen und Lichtsignalen im Eisenbahnnetz eingeführt.

In einem nächsten Schritt wurde das Stellwerkssystem Domino-55 (D55) an die ungarischen Gegebenheiten angepasst, was zu einem tabellenbasierten Stellwerkssystem mit standardisierten Komponenten für Fahrstraßen führte. Zurzeit hat dieses System einen bedeutenden Anteil an den in Ungarn im Einsatz befindlichen Stellwerken und ist in ungefähr 300 Bahnhöfen installiert.

Ein entscheidender Moment mit Bezug auf das Thema des vorliegenden Artikels waren die frühen 1970er Jahre, als mit dem Domino-70 (D70) eine (Spurplan-) Stellwerkstechnologie für Rangier- und Zugfahrstraßen zur Verfügung stand. Derzeit ist diese Technologie die Grundlage der Stellwerkssicherheit für ungefähr 20 stark frequentierte Haupt- oder Zwischenbahnhöfe.

Unsere aktuelle Lösung zielt auf eine Kopplung von ETCS L2 an ein D70-Stellwerk (Bild 1) mit einer möglichen Erweiterung für D55.

2 ETCS-Installationen in Ungarn

Die Geschichte des ETCS in Ungarn und Österreich geht auf das Jahr 1999 zurück, als eine erste grenzüberschreitende ETCS Level 1 (ETCS L1) Pilot-Implementierung zwischen Kimle (Ungarn) und Nickelsdorf (Österreich) realisiert wurde. Während die ersten ETCS-Projekte auf L1 basierten (Fahrzeuge mit ungarischem Zugbeeinflussungssystem EVM-STM), ist es das Ziel der aktuellen Implementierungen, eine nahtlose interoperable Lösung für die Verkehrskorridore auf der Basis von ETCS L2 zu erreichen.

Die MÁV-Strecke Ferencváros – Székesfehérvár (ca. 70 km) war die erste nationale ungarische Implementierung, die ihre Ziellinie erreichte. Die erste planmäßige Zugfahrt mit Reisenden fand hier am 20. Dezember 2020 statt. Danach wurden die GYSEV-Strecke Sopron – Szombathely – Szentgotthárd (ca. 110 km) und die MÁV-Strecke Boba – Bajánsenye (Hodoš) im Jahr 2021 in Betrieb genommen. Mit diesen drei Strecken erreicht die Gesamtlänge der ETCS-geführten Strecken den 300 km Meilenstein. Weitere Abschnitte nähern sich der Fertigstellung.

3 ProSigma-B – Eigenschaften für ein flexibles Anwendungsdesign

Die ProSigma-B Plattform war ursprünglich als Teil des Stellwerkssystems PRORIS-H vorgesehen. Während der Entwicklung wurde besonderer Wert darauf gelegt, eine generische, hardware- und softwarebasierte Lösung bereitzustellen, die als Plattform für eine Vielzahl von Anwendungen unterschiedlichster Art im Umfeld der Eisenbahn nutzbar ist. Die erste Anwendung war der konzeptionelle Beweis für diese Strategie. Zusammen mit dem leiterplattenbasierten Relais-Subsystem JM18 ermöglicht diese Anwendung eine Menge von Stellwerk-Feldelementen. Da die funktionalen Anforderungen eines ETCS-Systems und die einer Schnittstelle zu einem Stellwerk D70 unterschiedlich sind, war die Entwicklung einer neuen Anwendung nötig.

Da die oben erwähnte Plattform als Basis zur Verfügung stand, die um die gesammelten Erfahrungen bei der Entwicklung und Sicherheitsbewertung der generischen Anwendung PRORIS-H ergänzt wurde, war die Aufgabe, eine zweite Anwendung zu entwickeln, viel einfacher und schneller zu bewältigen. Weil kein Produkt eine Lösung für alle Probleme sein kann, mussten aber trotzdem auch Änderungen an der Plattform selbst vorgenommen werden, um für die Anwendung geeignet zu sein. Dank der modularisierten Softwarearchitektur der Plattform konnte dieses Ziel ohne nennenswerte Schwierigkeiten erreicht werden.

They made the first step, introducing the first relay interlocking system with electrically operated points and colour light signals on the railway network.

The next step, was to adapt the Domino-55 (D55) interlocking system with standardised building blocks for train routes. At present, this system has a significant share of the Hungarian signalling system and is installed in around 300 stations.

An important moment for the current topic came in the early 1970s, when Domino-70 (D70) geographic-based (gauge plan) interlocking became a technology for shunting and main lines. At present this technology is the basis of interlocking safety for approx. 20 busy main line or intermediate stations.

Our current solution aims to couple to a D70 (fig. 1) with a possible extension for D55.

2 ETCS installations in Hungary

The history of ETCS in Hungary and Austria dates back to 1999 with the first cross-border pilot implementation of Level 1 between Kimle (Hungary) and Nickelsdorf (Austria). While the first ETCS projects were based on L1 (with vehicles fitted with the Hungarian train control system EVM-STM) the aim of current installations is to achieve a seamless interoperable solution for the lines with the implementation of ETCS L2.

The MÁV line from Ferencváros to Székesfehérvár (approx. 70 km) was the first Hungarian line to have the system installed. The first scheduled train ran with passengers on 20 December 2020. This was followed by the GYSEV line from Sopron – Szombathely – Szentgotthárd (approx. 110 km) and MÁV Boba – Bajánsenye (Hodoš) in 2021.

With these three sections the total length of the system fitted with ETCS is approaching 300 km and other sections are nearing completion.

3 ProSigma-B – properties for flexible application design

The ProSigma-B platform was originally intended to be part of the PRORIS-H railway signalling system. During the design special care was taken to provide a generic, hardware and software supported solution which can serve as a platform for many types of railway applications. The first application was the proof of concept for this strategy which, installed together with the PCB based JM18 relay subsystem, operates a set of interlocking field elements. As the functional requirements of an ETCS system and those of an interface to a D70 interlocking system are different, the development of a new application was necessary.

Since the above-mentioned platform was available as a basis and was supplemented by all the experience gathered during the development and safety assessment of the PRORIS-H generic application, the task of developing a second application could be done much easier and quicker. As no product can be a solution for all problems, we also needed to make modifications on the platform itself to make it fit for purpose. Thanks to the modularised software architecture of the platform, this goal was achieved without any significant difficulties.

3.1 Architecture and characteristics

The ProSigmaB platform consists of modular hardware and software parts built into standard sized 19" racks which can be tailored to the specific application. The essential features are:

3.1 Architektur und Funktionsmerkmale

Die Plattform ProSigma-B besteht aus modularen Hardware- und Softwarekomponenten, die in ein standardisiertes 19" Rack eingebaut und auf die aktuelle, spezifische Anwendung zugeschnitten werden. Die wesentlichen Funktionsmerkmale sind:

- Echtzeitverarbeitung der generischen Ein- und Ausgaben
- eine redundante 2-aus-2 bzw. 2-aus-3-Sicherheitsarchitektur, die auf Standards beruhende elektrische, mechanische und Umgebungseigenschaften erfüllt
- TCP/IP basierte Kommunikation mit den Systemen der Anwendungsebene
- Diagnose-Funktionen zur Systemüberwachung
- Entwicklungs- und Wartungsunterstützung mit Schnittstellen, Tools und einer ausführlichen Dokumentation.

Funktionen für generische Anwendungen können bis zur Sicherheitsstufe SIL4 realisiert werden. Die Plattform ist aus zwei unterschiedlichen Subsystemen aufgebaut, aus einem Logik- und einem Konzentrador-Subsystem (ild 4).

Die Logik-Subsysteme haben dabei eine 2-aus-3-Sicherheitsarchitektur und sind für das Abtasten/Entprellen der Eingangswerte und – auf Abfrage – für die Weiterleitung der verarbeiteten Werte an die entsprechenden Softwareanwendungen verantwortlich. Des Weiteren stellen sie Kommunikationsdienstleistungen für Applikationen bereit, um Befehle zu empfangen oder verarbeitete Ergebnisse an die Konzentrador-Subsysteme zu senden. Ausgabemodule, die in das Rack eines Logik-Subsystems installiert werden, steuern ausgabeorientierte Funktionen. Sie sind allerdings optional und werden in der aktuellen generischen Anwendung nicht genutzt. Eine konkrete Anwendung kann aus einem oder mehreren Logik-Subsystemen bestehen, abhängig von der Anzahl der Ein- und Ausgaben.

Konzentrador-Subsysteme haben eine 2-aus-2-Sicherheitsarchitektur. Sie sind im Wesentlichen verantwortlich für die Kommunikation mit externen Systemen, senden Befehle an Einheiten des Logik-Subsystems und empfangen alle Informationen, die diese Einheiten zur Verfügung stellen. Wegen der unterschiedlichen Sicherheitsarchitektur der zwei Subsysteme (2-aus-2 bzw. 2-aus-3), müssen entsprechende Konvertierungen/Anpassungen vorgenommen werden. Konzentrador-Subsysteme sind paarweise installiert, um die Verfügbarkeitsanforderungen zu gewährleisten.

3.2 Applikationen leicht entwickelt

Generische Anwendungen sind parametergesteuerte Softwarekomponenten, die so in ProSigma-B-Konzentradoren und Logik-Subsysteme implementiert werden, dass sie die spezifischen Anforderungen der unterschiedlichen Anwendungsprojekte erfüllen können. Die funktionalen und sicherheitsrelevanten Dienste der Plattform können über Applikationsschnittstellen genutzt werden. Sie bewegen sich also alle in der gleichen Umgebung.

Generische Anwendungen bestehen aus zwei Typen von Anwendungssoftware, je nachdem ob sie für Logik- oder Konzentrador-Subsysteme entwickelt wurden – im Folgenden als Logik- bzw. Konzentrador-Anwendungssoftware bezeichnet.

Die Logik-Anwendungssoftware umfasst Funktionen, die externe Eingangsdaten oder von übergeordneten Systemen ausgegebene Befehle verarbeitet. Von den Feldelementen erhaltene und verarbeitete Zustandsdaten werden zur weiteren Verarbeitung an die Konzentrador-Anwendungssoftware gesendet. Weil Sicherheitsinformationen als antivalente oder valente Eingabepaare aus dem Feld gesammelt werden, ist die weiterverarbeitende Zustandsmaschine eine triviale Funktion innerhalb der logischen Anwendungssoftware. Die sich daraus ergebenden Zustände der Sicher-

- real-time processing of generic inputs and outputs,
- 2 out of 2 (2oo2) resp. 2 out of 3 (2oo3) redundant safety architecture that meets standards based on environmental, electrical and mechanical requirements,
- TCP/IP based communication with the systems of the application level,
- diagnostic functions for monitoring the system,
- development and maintenance support with interfaces, tools and detailed documentation.

Functions for generic applications can be installed up to SIL4 safety level. The platform is built up of two different subsystems, a logical and a concentrator subsystem (fig. 4).

Logical subsystems have a 2oo3 safety architecture and are responsible for input sampling, debouncing and on request passing the processed values to logical software applications. They also provide communication services for applications to receive commands or send processed results to concentrator subsystems.

Output modules which are installed in the rack of control output orientated functions are optional and are not used in this generic application. A specific application may consist of one or more logical subsystems depending on the number of inputs and outputs.

Concentrator subsystems have a 2oo2 safety architecture. Their main responsibility is sending commands to logical subsystems and collecting all the information these entities provide. Because of the different safety architecture of the two subsystems (2oo2 or 2oo3), appropriate conversions/adaptations must be made. Concentrator subsystems are installed in pairs to ensure availability requirements.

3.2 Application development made easy

Generic applications are pieces of software with various parameters that are built into the ProSigma-B concentrator and logical subsystems so that they can fulfil specific requirements of different field projects. For this they use the application interface with all services and safety functions of the platform and they are built using the same ecosystem.

Generic applications consist of two types of application software, depending on whether they are designed for logic or concentrator subsystems, referred to respectively as logical and concentrator application software.

Logical subsystem application software consists of functions which process external data or commands originating from upper layer systems and in conclusion they can provide processed states for field elements and send them to concentrator application software for further processing. As safety information is commonly gathered from the field as anti-valent or valent input pairs, their processing state machine is a trivial function inside the logical application software. The resulting condition of the safety information ("true" or "false" or "invalid") is based on a parameterised validity timeout.

Rigel-D is an application layer protocol designed to safely replicate processed interlocking element statuses from logical to concentrator subsystems. The protocol is based on the platform's Orion protocol connecting components of the subsystems. Losing a valid connection will cause all element statuses to be invalidated.

The concentrator application software gathers statuses of all elements defined in the system that exist in one or more logical subsystems. The main difference compared to the PRORIS-H application is the train route logic which has been implement-

heitsinformationen („wahr“ oder „falsch“ sowie „ungültig“) basieren auf einem über Parameter einstellbaren Gültigkeits-Timeout. Auf der Ebene des Anwendungslayers wurde darüber hinaus mit Rigel-D ein Protokoll entwickelt, um verarbeitete Zustände der Stellwerkselemente von einem Logik- hin zu einem Konzentror-Subsystem sicher zu replizieren. Das Protokoll basiert auf dem plattformeigenen Orion-Protokoll, das einzelne Komponenten der Subsysteme verbindet. Geht eine Verbindung verloren, werden alle Elementzustände als „ungültig“ deklariert.

Die Konzentror-Anwendungssoftware sammelt die Zustände aller im System definierten Elemente, die in einem oder mehreren Logik-Subsystemen existieren. Der Hauptunterschied im Vergleich zur Anwendung PRORIS-H ist die Fahrstraßenlogik, die in die Konzentror-Anwendungssoftware PTDB implementiert wurde. Da die Zustände aller Systemelemente immer auf dem neuesten, aktuellen Stand sind, ist das Auffinden der aktuellen Fahrstraße in der Fahrstraßenbank eine eindeutige Funktion. Wenn ein Signalzustand auf „Fahrt“ geht, wird die gesamte Fahrstraße auf Verfügbarkeit (einschließlich der an Radio Block Centre (RBC) gemeldeten Zustände) überprüft, bevor der Fahrtbegriff an den externen aktiven X.25-Kommunikationskanal gesendet wird.

Man kann feststellen, dass die Konzentror-Anwendungssoftware dieses ersten, auf ProSigma-B basierenden Projekts die Elementzustände nicht nur konzentriert und weitersendet, sondern aufgrund ihrer komplexen Logik eine zusätzliche Sicherheitsebene im Hinblick auf eine ETCS-Fahrterlaubnis (Movement Authority) hinzufügt.

3.3 Wiederverwendbares Konzept unter Beachtung der Sicherheit

Die Plattform ProSigma-B wurde im Hinblick darauf entwickelt, Sicherheitsanforderungen bis hin zu SIL4 zu erfüllen. Ihre Kernfunktionalität umfasst die sichere Verarbeitung der Eingaben, die Steuerung der Ausgaben, die grundlegende Kommunikation zwischen Logik- und Konzentror-Subsystemen sowie zu externen Steuerungs- und Überwachungssystemen.

Da die Kommunikation mit Elektra 2 und RBC-DAKO-Systemen auf dem X.25-Protokoll basiert, waren Änderungen an der Plattform notwendig, um die geforderte Funktionalität zu erfüllen. Da das System auf einem modularen Systemdesign beruht, konnte diese Aufgabe relativ einfach erfüllt werden, obwohl auch SIL4-Sicherheitsfunktionen zu implementieren waren.

Geringfügige Änderungen an den Stromkreisen der Eingabemodule waren notwendig, um anstatt der früher üblichen Ausgangsspannung 24 V DC die 48 V DC Spannung des D70-Stellwerks zu verarbeiten.

All dies, zusammen mit einer unabhängigen Neubewertung der Plattformsicherheit, stellt eine stabile Grundlage für die Entwicklung einer sicheren Schnittstellenlösung zwischen D70 und dem ETCS L2-System von GTS Ground Transportation Systems Austria dar.

4 ETCS-Informationsanforderungen an Relaisstellwerke – eine Möglichkeit, eine Lösung

Um eine ETCS-Fahrtfreigabe (Movement Authority) zu erteilen, braucht das RBC Informationen von unterliegenden Bahnhofs- und Strecken-Stellwerken, auch wenn es sich dabei um ältere Relaisstellwerke handelt.

Relaisstellwerke in eine ETCS-Umgebung zu integrieren ist also die dabei zu bewältigende Herausforderung. Für Prolan ergab sich dadurch die Gelegenheit zu zeigen, dass die ProSigma-B-Plattform den Ansprüchen an eine solche Anwendung gerecht wird.

Die generische ETCS L2 IF-Anwendung für die Kopplung eines D70-Relaisstellwerks an die ETCS L2-Lösung der GTS Ground Transporta-

ed in the PTDB concentrator application software. As the statuses of all the elements in the system are up to date this makes finding the actual train route in its route database a straightforward function. Thus, when a start signal status goes to clear, the whole route is checked for validity (including reported statuses to radio Block centre (RBC)) before the proceed aspect is sent to the active external X25 communication channel.

It can be seen that the concentrator application software of this first project based on ProSigma-B not only concentrates and retransmits the element states, but due to its complex logic adds an additional safety layer with regard to the granting of an ETCS (Movement Authority) permit.

3.3 Reusable design with safety in mind

The ProSigma-B platform was designed with safety in mind and is even capable of fulfilling SIL4 application functions. Its core functionality covers safe input processing, output control, basic communication between logical and concentrator subsystems and also to external control and monitoring systems.

As connection to Elektra 2 and RBC-DAKO is based on the X25 protocol, changes to the platform were necessary to fulfil the expected functionality. Having a modular design this task was not very difficult despite implementing certain functions on safety integrity level SIL4.

Another slight modification was needed to alter the circuitry of input modules to make them capable of sensing D70 output voltage 48 V DC instead of the previously used 24 V DC. All this was achieved together with an independent safety reassessment of the platform making it a stable base for the development of a safe interface solution between the D70 and ETCS L2 systems of GTS Ground Transportation Systems Austria.

4 ETCS information needs from relay interlockings – an opportunity, a solution

To grant an ETCS Movement Authority, RBC needs information from both underlying stations and line signal boxes including previously installed relay signal boxes.

Fitting relay signal boxes into an ETCS ecosystem was waiting for a solution. Prolan had the opportunity to demonstrate the fitness-for-purpose of its ProSigma B platform for such an application.

The generic ETCS L2 IF application for coupling a D70 relay interlocking into the ETCS L2 solution of GTS Ground Transportation Systems Austria has been specified by Prolan. The Generic Application has two main components: one to transmit line information (BITXB) to ProSigma-8 and another a Prolan-Thales-Domino relay interlocking interface on ProSigma-B (PTDB) for field element information transmission from the stations. The established high-level system architecture can be found in fig. 2.

Before the introduction of ETCS, it was common practice in Hungary to use coded DC track circuits for cab signalling and train protection on main lines, controlled by decentralised relay interlocking on main lines

In order to keep the modification effort to meet the ETCS requirements as low as possible, a conceptually different approach was chosen: the underlying block logic was further developed into a software application for ETCS block control and then integrated into the existing Elektra 1 and 2 station interlocking system.

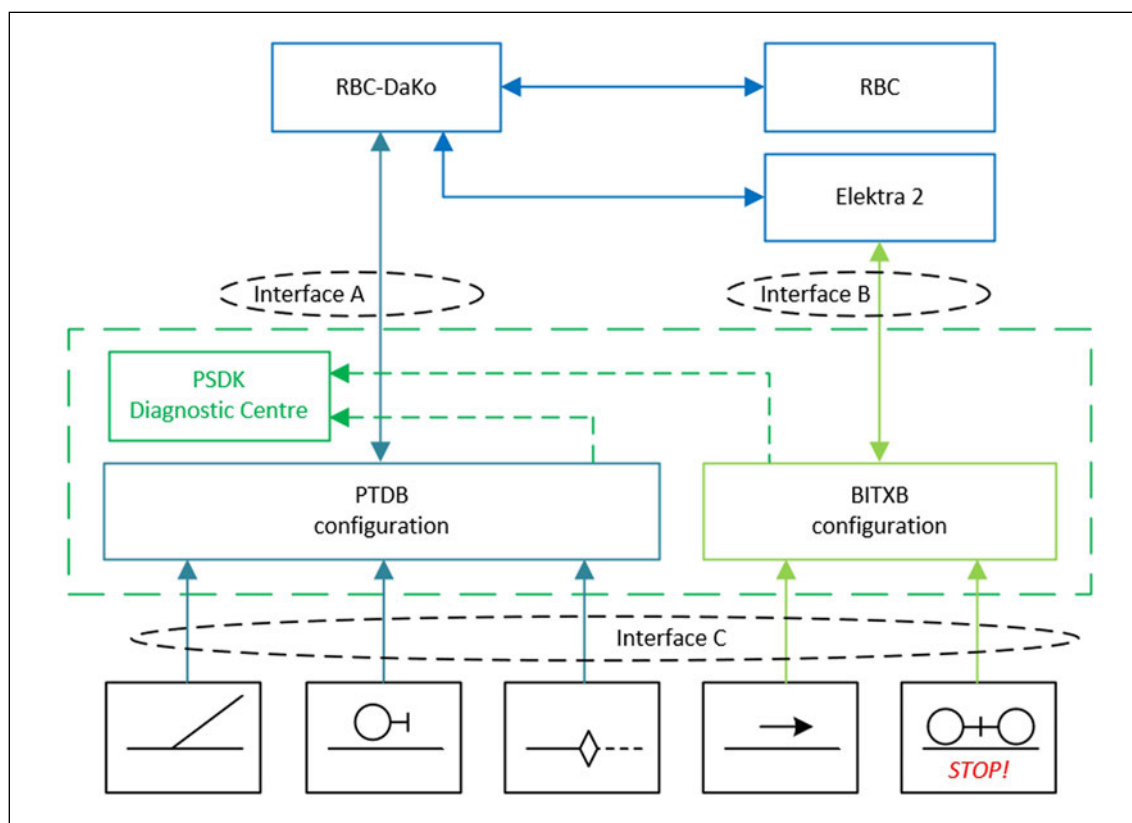


Bild 2: Überblick Systemarchitektur der ETCS L2-Lösung mit D70-Relaisstellwerk

Fig. 2: Overview of system architecture of the ETCS L2 solution with D70 relay interlocking

tion System Austria wurde von Prolan spezifiziert. Die generische Anwendung hat zwei Hauptkomponenten: eine zur Übertragung von Streckeninformationen (BITXB) an ProSigma-B, und ein Prolan-Thales Domino Relaisstellwerk Interface (PTDB), das die Zustandsinformationen der Feldelemente aus den Bahnhöfen an ProSigma-B übermittelt. Die zugrundeliegende Architektur ist in Bild 2 dargestellt.

Vor der Einführung von ETCS war es in Ungarn gängige Praxis, kodierte Gleisstromkreise zur Führerstandsignalisierung und Zugsicherung auf freier Strecke zu nutzen, die von dezentralen Relaisstellwerken auf der freien Strecke gesteuert werden.

Um den Änderungsaufwand zur Erfüllung der ETCS-Anforderungen so gering wie möglich zu halten, wurde eine konzeptionell unterschiedliche Herangehensweise gewählt: Die zugrunde liegende Blocklogik wurde in eine Softwareanwendung zur ETCS-Blocksteuerung weiterentwickelt und dann in die vorhandenen Bahnhofsstellwerke Elektra 1 und 2 integriert.

Ein Teil der Informationen (Blockrichtung und die Aktivierung des Befehls „Blocksignale auf Halt!“) kommt aus den Blockkopplungen des Relaisstellwerks über BITXB durch die sogenannte Schnittstelle B, der andere Teil kommt direkt aus den zusätzlich installierten Achszählern. Die ETCS-Blocksteuerungsanwendung meldet virtuelle Signalbegriffe an den Datenkonzentrator (DaKo) des RBC. Eine topologische Übersicht ist in Bild 3 zu sehen.

In einem Bahnhof wird der Prozesszustand der dortigen Feldelemente wie Weichen, Signale und Zugfahrstraßen-Zielpunkte vom PTDB gesammelt und die ausgewerteten Elementstati über das Interface A an DaKo gemeldet. Für Startsignale mit Fahrtbegriff prüft PTDB zusätzliche Feldelement-Informationen und gleicht sie mit den in einer Datenbank hinterlegten Fahrstraßen ab (siehe unten), bevor die Fahrtfreigabe erfolgt. Die Meldungen aller anderen Signalbegriffe sowie Statuswechsel der Weichen und Zugfahrstraßen-Zielpunkte werden für jedes Element separat behandelt.

One part of the information (block direction and the activation of the command “Block signals to stop!”) comes from the block couplings of the relay interlocking via BITXB through the so-called interface B, the other part comes directly from the additionally installed axle counters. The ETCS block control application reports virtual signal terms to the data concentrator (DaKo) of the RBC. A topological overview can be seen in fig. 3.

In a station, the process status of the field elements there, such as points, signals and train route destination points, is collected by PTDB, and the evaluated element statuses are reported to DaKo via Interface A. For start signals with clear aspects, PTDB checks additional field element information and compares it with the routes stored in a database (see below) before the movement is released. The messages of all other signal terms, as well as status changes of the switches and train route destination points are handled separately for each element.

Both BITXB and PTDB use a defined relay interlocking interface (Interface C). A generic interface circuit defines this interface between D70 and the ProSigma-B configurations and specifies how field information can be retrieved from the interlocking via a read-only interface.

In addition to monitoring the railway-specific core functions, the ProSigma Diagnostic Centre (PSDK) supports the operator with diagnostic functions, such as monitoring the current states of all installed devices, and creates diagnostic logs that can then be used for more in-depth analyses.

4.1 ETCS Block Controller

The implementation of block logic uses axle counters AzLM (FieldTrac 6315). Detection points are installed for the relevant switches near the geometric positions of virtual block signals on the line as well as at the border of successive stations.

Sowohl BITXB als auch PTDB benutzen eine definierte Relaisstellwerksschnittstelle (Interface C). Ein generischer Schnittstellenstromkreis definiert diese Schnittstelle zwischen Domino-70 und den ProSigma-B-Konfigurationen und legt fest, wie die Feldinformationen über eine nur lesbare Schnittstelle aus dem Stellwerk abgerufen werden können.

Neben der Überwachung der eisenbahnspezifischen Kernfunktionen unterstützt das ProSigma-Diagnose-Zentrum (ProSigma Diagnostic Centre, PSDK) den Bediener mit diagnostischen Funktionen, wie z. B. der Überwachung der aktuellen Zustände aller installierten Geräte, und erstellt Diagnose-Protokolle, die dann für tieferegehende Analysen nutzbar sind.

4.1 ETCS Block Controller

Die Realisierung der Blocklogik benutzt AzLM-Achszähler (FieldTrac 6315), wobei die Detektionspunkte für die relevanten Weichen in der Nähe der geometrischen Positionen der virtuellen Blocksignale auf der Strecke sowie an der Grenze aufeinanderfolgender Bahnhöfe installiert sind.

Die Besetztinformation erreicht die Zentraleinheit des AzLM-Achszählers über bestehende Kupferkabel, wobei als Übertragungstechnologie SHDSL verwendet wird.

Das elektronische Stellwerk LockTrac 6131 Elektra implementiert die ETCS-Blocksteuerungsanwendung auf denselben Hardwaremodulen, jedoch als von den Stellwerkfunktionen unabhängige Anwendung.

Der Signalbegriff des virtuellen Blocksignals (mit einer erlaubten Höchstgeschwindigkeit) kann auf der Basis eines „Block besetzt“-Zustandes, der Regelfahrtrichtung des Blocks und „Halt“ zeigender Blocksignale bei bekanntem Abstand zwischen Blocksignalen berechnet werden und zwar sowohl für die Regelfahrtrichtung des Blocks als auch in entgegengesetzter Richtung.

Im ungarischen Bahnbetrieb ist es gängige Praxis, dass auf Hauptstrecken permissive Blocksignale verwendet werden, um einen zweiten Zug in einen schon besetzten Blockabschnitt der freien Strecke einfahren zu lassen. Andererseits sind auf Befehl des Fahrdienstleiters unter Berücksichtigung bestimmter Vorschriften und mit begrenzter Höchstgeschwindigkeit auch Zugfahrten entgegen der Regelfahrtrichtung zulässig.

Im ungarischen Eisenbahnnetz sind Blockhauptsignale an der Grenze zwischen freier Strecke und Bahnhöfen sehr selten. Daraus resultierte eine technische Näherungslösung, um diese sogenannten 0a und 0b Blockhauptsignale auch virtuell innerhalb der Software abzubilden und zu behandeln. Die berechneten Signalbegriffe der vir-

Occupancy information arrives at the central unit of AzLM on the existing copper cables via SHDSL technology.

The Electronic Interlocking LockTrac 6131 Elektra implements the ETCS block controller application on the same hardware modules, but as an independent application (from the interlocking functions).

Virtual block signal aspect (with a permitted maximum speed) can be calculated on the basis of a “block occupied” state, the standard direction of travel of the block and “stop” indicating block signals together with known distances between block signals both for the normal direction of the block and for the reverse direction.

In Hungarian railway practice main line block uses permissive block signals enabling a second train to enter an already occupied block section on the main-line. On the other hand – with the order of the traffic controller – movements against the block direction are allowed based on predefined rules and with a limited maximum speed.

Moreover, main block signals at the boundary between main-lines and stations are very rare on the Hungarian network which resulted in a technical approach to treat these 0a and 0b main block signals virtually within the software. The calculated virtual signal aspects are communicated by Elektra 2 signal boxes to RBC via DaKo on a per element basis.

4.2 Information path from D70 to RBC

The 2oo3 logical subsystem of ProSigma-B serves to collect information from the relay interlocking system. The 48 V DC input modules have the responsibility of sampling, debouncing and stabilising the inputs.

In software applications the input lines are grouped in input pairs, which can be anti-valent or valent for each piece of input information from an object. Based on this information for each field element class a finite state machine has been defined to calculate the internal status of that element. These statuses are communicated to the active ODC Object Data Concentrator via an ETCS specific protocol (Rigel-D).

The 2oo2 ODC also uses a finite state machine to calculate and communicate an external object status for each field element. Special attention was given to the plausibility and availability of the field element information. All such information processing is built into state machines on all levels (logical and concentrator subsystems) including status reporting.

The external networking uses the well-known X25/X25overIP protocol stack. The initiation of an external connection is done via a

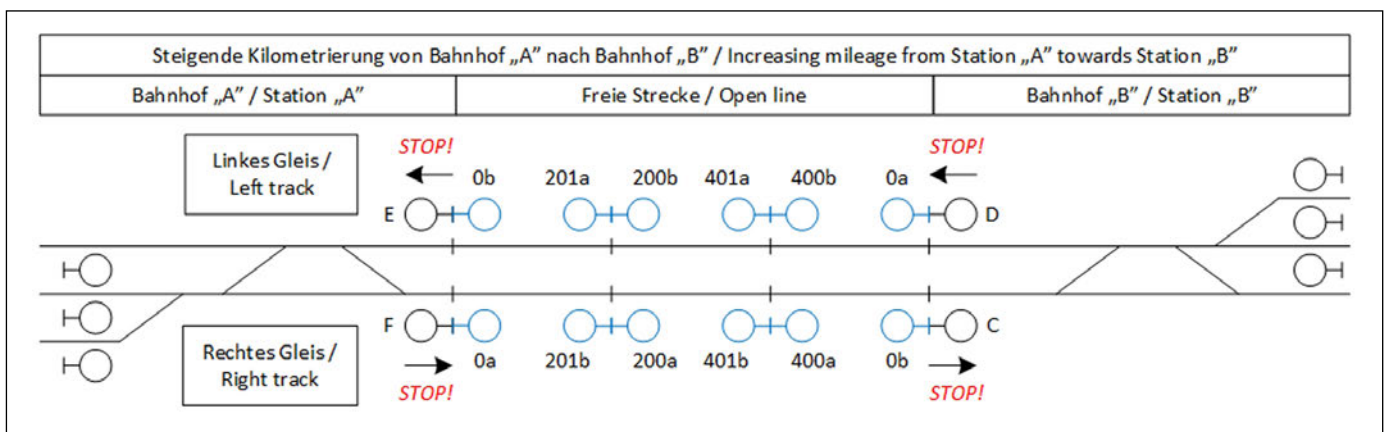


Bild 3: Topologische Übersicht der Blockoperation

Fig. 3: Topological overview of block operation

tuellen Signale werden von den Elektra 2-Stellwerken elementweise über DaKo zum RBC übertragen.

4.2 Informationsweg von D70 nach RBC

Das 2-aus-3-Logik-Subsystem von ProSigma-B dient dazu, Informationen von den Relaisstellwerken abzurufen. Die dafür vorgesehenen 48V DC Eingangsmodule haben die Aufgabe, die Eingangswerte abzutasten, zu entprellen und zu stabilisieren.

In den Softwareanwendungen sind die Eingangsleitungen paarweise gruppiert. Jede von einem Objekt empfangene Information kann dabei antivalent oder valent sein. Für jede Klasse von Feldelementen wurde eine endliche Zustandsmaschine definiert, um auf Basis der empfangenen Informationen den internen Status des Elements zu berechnen. Diese Stati werden mithilfe des ETCS-spezifischen Protokolls Rigel-D an einen Objekt-Datenkonzentrator (ODC) übertragen. Der 2-aus-2-ODC benutzt ebenfalls eine endliche Zustandsmaschine, um den Status eines jeden externen Elements zu berechnen und zu kommunizieren. Besonderer Wert wurde dabei auf Plausibilität und Verfügbarkeit der Feldelement-Informationen gelegt. Auf allen Stufen (Logik- und Konzentrator-Subsystem) erfolgt die Informationsverarbeitung mithilfe von Zustandsmaschinen incl. Status-reports.

Das externe Netzwerk benutzt den bekannten Protokollstack X.25/X.25overIP. Die Initiierung einer externen Verbindung erfolgt über eine Generalabfrage aller Elemente, mit der auch das interne Netzwerk bestimmt wird.

Wie oben bereits erwähnt, werden alle Feldelement-Statuszustände elementweise behandelt, mit Ausnahme der „Frei“-Meldung eines Startsignals. Beim Freimachen eines Startsignals prüft D70 fortlaufend, dass die Bedingungen zum Befahren der Zugfahrstraße (z. B. Endlage und Verriegelung der Weichen, Besetzung der Abschnitte, Flankenschutz usw.) gültig sind und diese Fahrstraße damit sicher befahren werden kann. Ist diese Voraussetzung erfüllt, reicht die Überprüfung einer reduzierten Menge an Bedingungen durch die PTDB-Konfiguration aus, um letztendlich eine ETCS-Fahrerlaubnis (Movement Authority) zu erteilen.

Geht ein Signal auf „Frei“, prüft die PTDB-Konfiguration, ob der Status aller Weichen einer Fahrstraße an den RBC-DaKo gemeldet und quittiert ist und die Fahrstraße nicht hilfsaufgelöst ist. Erst wenn all diese Bedingungen erfüllt sind, darf das System den Status „Frei“ des Startsignals melden.

5 Diagnostische Unterstützung des Betriebs

Das Diagnosezentrum von ProSigma (PSDK) ist für die Überwachung und Unterstützung der Instandhaltung des Systems ETCS L2 IF verantwortlich.

Es bietet dem Bediener und dem Instandhaltungspersonal in Echtzeit mittels lokalem und Fernzugriff auf das Netz eine vollständige Übersicht über den Status des Systems. Dies wird durch eine fortlaufende Datenabfrage und -verarbeitung erreicht. Der Eingangstatus der Feldobjekte und die Protokolle der Kommunikationsabläufe mit externen Systemen werden angezeigt und bei Bedarf Alarmmeldungen auf dem Domino-Gleisbild-Stelltisch ausgelöst.

5.1 Diagnostische Sicht der Feldeingaben

Die diagnostische Sicht auf die Feldelement-Eingangsdaten erlaubt es, den stabilisierten Status der Eingangsleitungen anzuzeigen – elementweise und/oder nach logischen Kanälen sortiert. Der Bediener hat die Möglichkeit, die Stati der Eingangsdaten in Echtzeit zu überwachen oder entsprechende Daten eines beliebigen Zeitpunkts aus der Vergangenheit abzurufen.

general query of all elements, which is also used to determine the internal network.

As mentioned above – all field element statuses are handled element by element except the reporting of a Clear status of a starting signal. By clearing a starting signal D70 checks and continuously verifies that the train route conditions (e.g. end position and locked state of points, occupancy of sections, flank protection, etc.) are met and therefore movement on this route is safe. Based on this as a precondition, it is sufficient for PTDB configuration to only check a reduced set of conditions before external reporting that signal state which leads to a granted ETCS Movement Authority.

If a signal becomes Clear, the PTDB configuration checks if the status of all the points within a route are reported and acknowledged by RBC-DaKo and this route is not under auxiliary release. Only if all these conditions are met is the system allowed to report a Clear status of the starting signal.

5 Diagnostic support of operation

The ProSigma Diagnostic Centre (PSDK) is responsible for diagnostic monitoring and maintenance support for the ETCS L2 IF system.

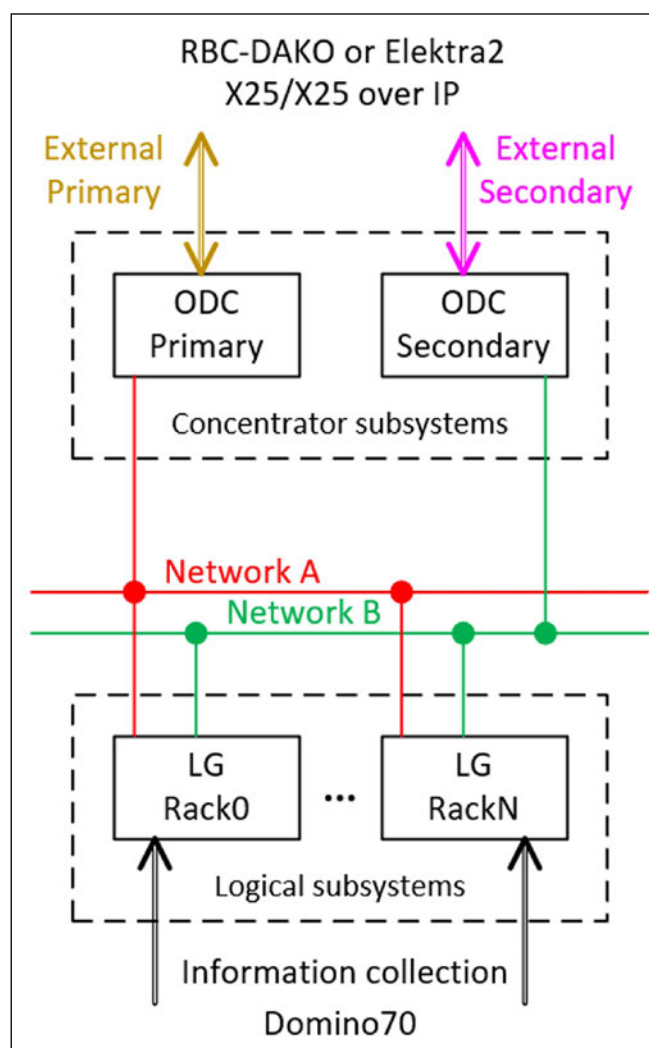
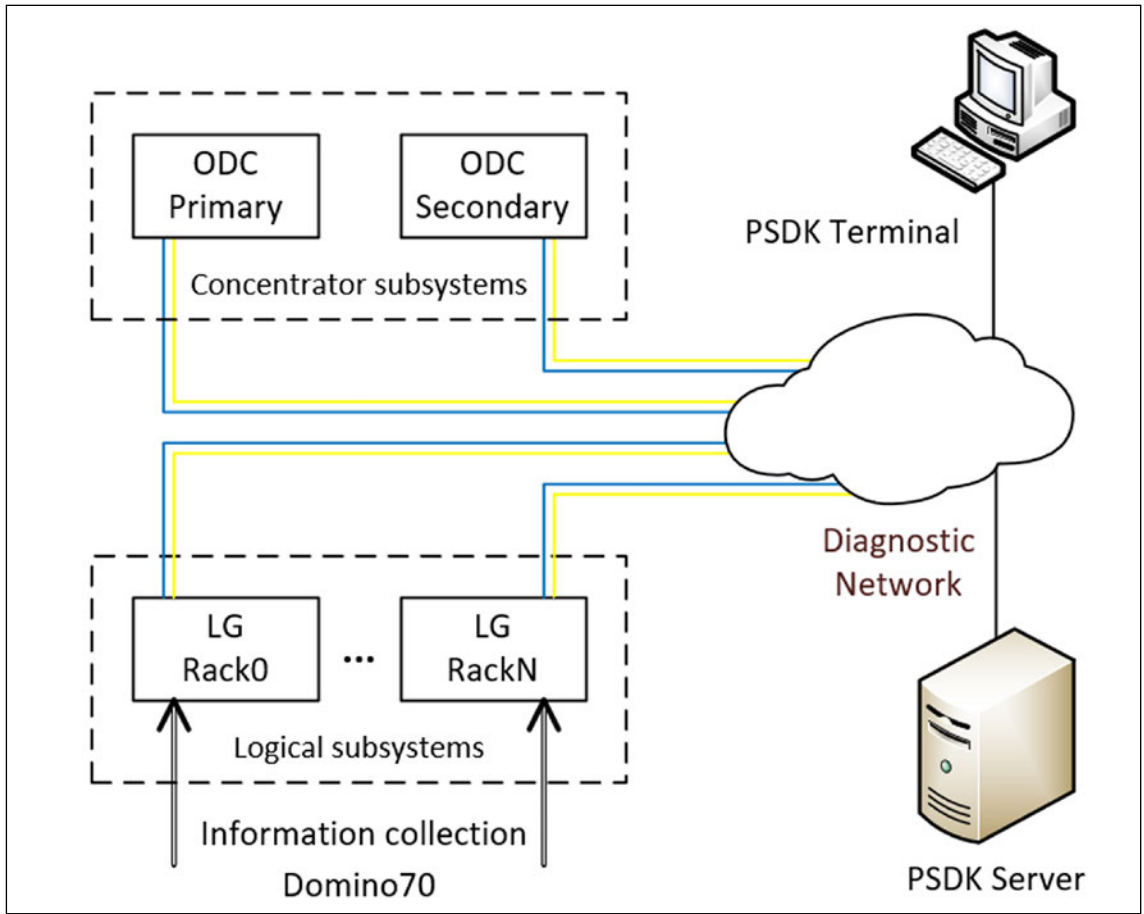


Bild 4: Überblick der Architektur der ETCS L2 IF bahnbetrieblichen Funktionalität innerhalb ProSigma-B

Fig. 4: Overview of architecture of ETCS L2 IF railway related functionality within ProSigma-B

Bild 5: Überblick der Architektur der diagnostischen ETCS L2 IF-Funktionalität innerhalb ProSigma-B

Fig. 5: Overview of architecture of ETCS L2 IF diagnostic related functionality within ProSigma-B



Die diagnostische Benutzerschnittstelle zeigt den Status einer Eingangsleitung im normalen Betrieb als „aktiv“ oder „passiv“ an, abhängig von dem hohen oder niedrigen Signalpegel der Leitung. Wird ein Eingabemodul entfernt, werden die entsprechenden Eingangsleitungen als „ungültig“ markiert.

Innerhalb der eingebauten Schaltschränke enden Verbindungen der Racks in objektspezifischen Steckverbindern verbunden mit Klemmenblöcken. Wird ein Steckverbinder entfernt, zeigen alle Eingangsleitungen des betroffenen Elements den Status „passiv“ an. Sind alle Eingangswerte auf „passiv“ gesetzt, wird eine Fehleranzeige ausgelöst, weil jedes Element mindestens ein antivalentes Eingangspaar besitzt. In diesem Fall, oder wenn mindestens einer der Eingänge ungültig ist, wird auf der Bedienoberfläche die zugehörige Zeile der entsprechenden Entität lila markiert, um das Instandhaltungspersonal auf diese Situation hinzuweisen (Bild 6).

5.2 Ereignisprotokoll der externen X.25-Kommunikation

Die Einheiten des Systems besitzen eine entsprechende Ereignisdatenbank, um sowohl die beobachteten Normal- als auch die Fehlerereignisse zu erfassen. Diese können vom Diagnosesystem abgefragt und mittels HMI (Human Machine Interface) eingesehen werden.

Aus Betriebsdatenquellen kann der Status des externen Netzwerks diagnostiziert werden: Es kann somit die Verfügbarkeit sowohl der aktiven Leitungen als auch der inaktiven Leitungen ermittelt werden.

Aufgrund der gespeicherten Ereignisse für jeden „X.25 over TCP/IP“-Kanal des aktiven ODC-Datenkonzentratoren können die Kommunikationstelegramme analysiert und in zeitlicher Reihenfolge am Diagnose-HMI angezeigt werden. Jedes aufgezeichnete X.25-Telegramm enthält die Bezeichnung des Quellracks, des entsprechen-

It provides the operator and maintenance staff with a complete overview of the system’s status in real time via local and remote access to the network. This is achieved by continuous data retrieval and processing. Diagnostics shows input status of field objects, communication logs to external systems and if necessary, raises an alarm on the Domino control panel.

5.1 Diagnostic view of field inputs

The diagnostic view of the field inputs allows the stabilised state of the input lines to be displayed grouped by elements and/or logical channels. The operator has the option to monitor the status of inputs in real time or view them at any historical point in time.

The diagnostic user interface indicates the status of an input line in normal operation as ACTIVE or PASSIVE corresponding to the high or low signal levels of that line. If for example an input module is removed the relevant input lines are marked as INVALID.

Inside installed cabinets rack connections end in object-specific plugs connected to terminal blocks. If a plug is disconnected all input lines of the element show a PASSIVE state. If all input values are set to PASSIVE an error indication will be generated because each element has at least one anti-valent input pair. In this case or if at least one of the inputs is invalid, the diagnostic HMI colours on the displayed row of the relevant entity change to purple directing the focus of the maintenance staff to this situation (fig. 6).

5.2 Event log of X25 external communication

Units of the system have their dedicated event pools used for recording observed normal and error events as well as operating data. These are queried by the diagnostic system and can be viewed through its HMI (Human Machine Interface).

ID	Name	Indicator 1	Indicator 2	Indicator 3
6033	V.15	0 1 0 1	0 1 0 1	0 1 0 1
6032	V.16	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
6033	V.17	0 1 0 1	0 1 0 1	0 1 0 1
6032	V.18	1 0 1 0	1 0 1 0	1 0 1 0
6033	V.19	0 1 0 1	0 1 0 1	0 1 0 1
6032	V.2	1 0 1 0	1 0 1 0	1 0 1 0
6032	V.20a	N N N N	N N N N	N N N N
6032	V.20b	N N N N	N N N N	N N N N
6032	V.22	N N N N	N N N N	N N N N
6032	V.24a	1 0 1 0	1 0 1 0	1 0 1 0
6032	V.24b	1 0 1 0	1 0 1 0	1 0 1 0
6032	V.25a	1 0 1 0	1 0 1 0	1 0 1 0

Bild 6: Diagnostische Sicht der Feldelementeingaben mit einem entfernten Eingabemodul und einem aus seinem Klemmenblock entfernten Stecker
 Fig. 6: Diagnostic view of field inputs with a removed input module and a removed plug from its terminal block

den ODC-Kanals, einen Zeitstempel, den Namen (Bezeichnung) des Feldobjekts und den Telegramminhalt in lesbarer Form.

Das Instandhaltungspersonal sieht also nicht nur reine Bits und reine Kommunikationsprotokollfelder, sondern in Klartext übersetzte und einfach zu interpretierende Inhalte.

5.3 Analyse der Systemvitalität

Das Diagnosezentrum ist in der Lage, aufgrund der Betriebsdaten und Logprotokolle, gesteuert durch eine konfigurierbare Menge von Bedingungen, weitergehende Informationen über die Systemvitalität zu erlangen. Folgende Aspekte werden dabei periodisch analysiert: ungültige Objekte im System, der Zustand des inneren Netzwerks, der Zustand der Hardwarekomponenten (Prozessoren, Module). Aufgrund der Analyseergebnisse wird das Betriebspersonal dann entsprechend informiert.

5.4 Fehler- oder Störungsmeldung am Domino-Gleisbild-Stelltisch

Um einen Reparatur- und Wiederherstellungsprozess zu initiieren, muss das Diagnosezentrum nach einem erkannten Problem im System seinen Befund dem zuständigen Personal am Gleisbild-Stelltisch melden bzw. anzeigen. Um die Befunde zielgerichtet bearbeiten zu können, fasst das Diagnosezentrum diese in Abhängigkeit von ihrer Wichtigkeit in die zwei Gruppen „Fehler“ und „Störungen“ zusammen. Jede dieser Gruppen hat zugeordnete Elemente für eine optische und akustische Warnmeldung. Die akustische Meldung kann vom Bediener ausgeschaltet werden, während die optische Meldung erst nach der Rückkehr zum Normalbetrieb erlischt.

Das System ETCS L2 IF erfordert keine kontinuierliche Überwachung und meldet sich selbst, wenn ein Eingriff erforderlich ist. Die Warnmeldung wird vom Fahrdienstleiter am D70-Gleisbild-Stelltisch entgegengenommen. Aufgrund ihres Berichts benutzt das technische und In-

From operating data sources, the status of the external network can be diagnosed: the availability can be identified both of the active lines as well as the inactive ones.

Based on the events stored for each “X25 over TCP/IP channel” of the active ODC data concentrator communication telegrams are analysed and diagnostic HMI shows them in sequence. Each X25 telegram record contains identifier of source rack, relevant ODC channel, a timestamp, the name (identifier) of the field object and content of the telegram in readable form.

Maintenance staff sees not only bits and communication protocol fields, but the device shows content which is translated into text and easy to understand.

5.3 Analysis of system vitality

The diagnostic centre is capable of detecting changes in system state and providing deeper information on its vitality based on operating data and event logs together with a configurable set of conditions. Using this facility, the following aspects of the system are analysed by the diagnostic centre periodically: invalid objects in the system, the status of the internal network as well as the hardware components (processors, modules). Based on the results of the analysis the operating staff can be informed accordingly.

5.4 Error or failure indication on Domino Control Panel

In order to initiate a repair and recovery process, after a problem has been detected in the system, the diagnostic centre must report or display its findings to the responsible staff at the track display panel. In order to be able to process the findings in a targeted manner, the diagnostic centre groups them into two groups, faults and malfunctions, depending on their

standhaltungspersonal das Diagnosesystem zur Analyse und Behebung der gemeldeten Probleme.

Die technische Lösung dieser Funktionalität beruht auf einem eigenständigen, kosteneffizienten und fernbedienten IO-Gerät (PIA-OKF), das von der Abteilung für Industrieautomatisierung der Prolan AG bereitgestellt wurde. PIA-OKF integriert acht Miniatur-Leistungsrelais mit zwei Eingangsblöcken (jedes mit vier digitalen Eingängen) und stellt eine Ethernet-Schnittstelle mit dem Modbus/TCP oder dem IEC 60870-5-105 (IEC 104) zur Verfügung. Dieses Gerät wurde streckenseitig erstmalig für das Bahnstromversorgungssystem mit IEC 104 eingesetzt.

Bei dem im vorliegenden Artikel besprochenen System erreicht das Diagnosezentrum seinen Fern-IO über Modbus/TCP, um seine Ausgangsrelais zu steuern. Mit einigen externen, tragschienenmontierten Relais in der Nähe dieses Grundmoduls können alle diagnostischen Meldungsfunktionen erfüllt werden.

5.5 Topologie des Diagnosenetzwerks

Das Diagnosenetzwerk beruht auf einer Stern-Topologie und ist so gestaltet, dass es keine Auswirkung auf die Eisenbahnfunktionalität hat. Des Weiteren ist festzustellen, dass die physischen Netzwerke (sowohl die zur Unterstützung des operativen Bahnbetriebs als auch die Diagnosenetzwerke) farbkodiert sind, um die Instandhaltung zu unterstützen (Bilder 4 und 5). Externe Verbindungen werden orange und magentafarben, interne bahnbetriebliche Verbindungen rot und grün, diagnostische Verbindungen blau und System-Update-Verbindungen gelb dargestellt.

6 Letzte Gedanken

Zum Schluss unserer Reise entlang der Sicherheitselektronik möchten wir gerne Folgendes anmerken: Wir leben in einer Welt der Tasten, Leuchten und Klingeln der Gleisbild-Stellwerke der Relaisstellwerke. Das ETCS L2-Schnittstellensystem von Prolan kann die Herausforderung, ein „altmodisches“ Relaisstellwerk an ein modernes ETCS-System zu koppeln, sehr gut bewältigen. Es handelt sich um eine Plattform auf dem letzten Stand der Technik, einschließlich Fahrstraßenlogik, und schafft somit eine sichere Lösung kombiniert mit einfacher Bedienung. Prolan hat sich zusammen mit GTS Ground Transportation Systems Austria verpflichtet, diese vielversprechende Technologie für die Eisenbahn der Zukunft zu nutzen. ■

AUTOREN | AUTHORS

Balázs Keresztesi, M.Sc.
Systemingenieur / System Engineer
E-Mail: keresztesi.balazs@prolan.hu

Ádám Mester, M.Sc.
Entwicklungsingenieur / Development Engineer
E-Mail: mester.adam@prolan.hu

Ágoston Salacz, M.Sc.
Senior Entwicklungsingenieur / Senior Development Engineer
E-Mail: salacz.agoston@prolan.hu

Bence Soltész, B.Sc.
Entwicklungsingenieur / Development Engineer
E-Mail: soltesz.bence@prolan.hu

Alle Autoren / All authors:
Prolan Co.
Anschrift / Address: Szentendrei út 1-3, H-2011 Budalakász

severity. Each of these groups has assigned elements for a visual and acoustic warning message. The acoustic message can be switched off by the operator, while the optical message is only extinguished after returning to normal operation.

ETCSL2IF system does not require continuous monitoring and sounds its alarm when action is necessary. This alarm is received by the traffic management staff on the control panel of D70. Based on their report the technical and maintenance staff use the diagnostic system to analyse and rectify the indicated problems.

The technical solution of this functionality is based on the standalone, cost-effective and remotely operated IO device (named PIA-OKF) from the Industrial Automation part of Prolan Co. PIA-OKF integrates eight miniature power relays with two input blocks (each with four digital inputs) and provides an Ethernet interface with either Modbus/TCP or IEC 60870-5-104 (IEC 104). This device was used for the first time on the trackside for the traction power supply system with IEC 104.

In the system discussed in this article, the diagnostic centre reaches its remote IO via Modbus/TCP to control its output relays. With some external DIN-rail mounted relays near this base module, all the diagnostic notification functions can be fulfilled.

5.5 Topology of the diagnostic network

The diagnostic network uses star topology and it is designed to have no effect on railway functionality. One notable additional property of the system, physical networks (both railway functionality-related and diagnostic-related) are colour coded to assist maintenance (fig. 4 and fig. 5). External connections are orange and magenta, internal railway related connections are red and green, diagnostic connections are blue whilst system update connections are yellow.

6 Final thoughts

As a last word on our journey along safety electronics we should mention that we live in the world of buttons, lights, and bells of the track diagram setting relay interlocking control panels. Prolan's ETCS Level 2 Interface system can cope with the challenge of coupling old fashioned interlocking to a modern ETCS system. It is a state-of-the-art platform including route logic level context thus creating a safe solution besides being designed for easy operation.

Prolan together with GTS Ground Transportation Systems Austria are committed to using this promising technology for building the railways of the future. ■

LITERATUR | LITERATURE

[1] Golarits, Z.; Sinka, D.; Jávör, A.: Proris – a new interlocking system for regional and moderate-traffic lines, SIGNAL+DRAHT 10/2022