



19ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

Tema do Trabalho

Sistema de Sinalização

Título do Trabalho

Critérios de Seleção de Sistemas de Sinalização CBTC

Objetivo

Conceitos de Interoperabilidade

Segundo o Mulley e Nelson (1999)¹, a interoperabilidade tem um conceito amplo, abrangendo inclusive a continuidade na prestação do serviço de transporte é, geralmente, definida como a habilidade de dois, ou mais, sistemas de transportes operarem de forma efetiva e eficiente, de acordo com padrões operacionais definidos pelo prestador do serviço.

Já segundo Profillidis (2006)², a interoperabilidade ferroviária é a habilidade de um sistema ferroviário operar trens de forma contínua e segura, diante de parâmetros pré definidos de desempenho.

Diante desses dois conceitos a interoperabilidade deve possuir uma perspectiva técnica muito bem definida, na qual se verifica em sistemas de transporte que uma análise puramente técnica é inadequada para garantir a interoperabilidade. Segundo experiências européias discutidas em Congressos Internacionais e no próprio COMET, demonstra-se que a interoperabilidade exige uma forte coordenação técnica, corporativa, jurídica e cultural para o atendimento dos requisitos necessários no projeto visando garantir uma operação contínua e segura nos diferentes sistemas de transporte. Do ponto de vista técnico a interoperabilidade contempla a infraestrutura, a energia, a manutenção, a sinalização (sistema de controle de trens e telecomunicações), o material rodante e a gestão do tráfego.

(1) MULLEY.C; NELSON.J. Interoperability and transport policy: the impediments to interoperability in the organisation of trans-European transports systems. Journal of transport geography7, pages 93-104,1999

(2) PROFILLIDIS,V.A. Railways Management and Engineering.3.ed.Burlington, USA:Ed.ASHGATE,2006

Para garantir uma operação contínua e segura, os parâmetros mais críticos para a interoperabilidade são a bitola, tensão de eletrificação e o sistema de sinalização e controle (Profillidis, 2006).

A proposta deste trabalho será analisar as necessidades da aquisição de sistemas de sinalização CBTC por parte das operadoras, seja para implantação de novas linhas, seja para extensão da linha existente ou para uma renovação de sistemas de sinalização de linhas já existentes, esbarrando numa gama de diversidade de funções CBTC disponíveis no mercado.

Atualmente, não há um padrão de mercado para os sistemas CBTC. Cada fornecedor implementa as especificações e funções do CBTC, que são normatizadas, de uma forma particular. Portanto, não existe interoperabilidade em termos de subsistemas de um sistema de sinalização CBTC. Se uma operadora quiser adquirir, por exemplo, o ATC de bordo de um fornecedor e o ATC central de outro, estes equipamentos não se interoperarão.

Neste contexto, ao adquirir um sistema CBTC, uma operadora Metroferroviária não poderá substituir um de seus componentes por um de outro fornecedor. Isto faz com que, a operadora trabalhe com uma só arquitetura de sistema de sinalização CBTC durante todo o ciclo de vida do sistema, ou seja, cerca de 30 anos, convivendo com suas vantagens e desvantagens. Por isto, destaca-se a relevância para uma operadora, de escolher o sistema CBTC com a melhor arquitetura na fase de sua aquisição.

As operadoras precisam, então, explorar uma metodologia para a seleção de sistemas CBTC baseada em critérios relevantes da arquitetura destes sistemas, analisados pelos contextos dos requisitos de desempenho, de

operação e de manutenção das operadoras, garantindo um certo nível de interoperabilidade no sistema de transporte.

Sistema de Sinalização e Comunicações Metroferroviárias

O Sistema de Sinalização baseado em Telecomunicações chamado de CBTC (Communication Based Train Control), além do avanço tecnológico proporcionado pelo mundo das telecomunicações, possibilitou um upgrade do sistema bloco fixo de sinalização ATC (Automatic Train Control). O CBTC usa sistemas avançados de comunicação para determinar a localização do trem e autorização segura do seu movimento, conceito dado para um sistema de sinalização bloco móvel., garantindo, com segurança, um espaçamento adequado entre os trens ou em relação a um dispositivo fixo (sinaleiro, fim de via).

Relevância

Os sistemas de sinalização CBTC estão definidos nas normas IEEE 1474.1-2004, IEEE 1474.2-2003, IEEE 1474.3-2008, IEC/EN 62290-1:2006 Parte 1, IEC/EN 62290-2:2011 Parte 2 e a gestão do processo através da CENELEC EN50126, EN50128 e EN50129. As definições presentes nestas normas, porém, limitam-se mais aos aspectos funcionais e controle deste sistema, não definindo seus aspectos de construção para garantir a interoperabilidade, como por exemplo, interfaces e protocolos. Estas lacunas de especificação dão margem as distintas implementações deste sistema, resultando no fato em que cada fornecedor desenvolve o sistema de sinalização CBTC de sua forma particular. Diante da diversidade de sistemas de sinalização CBTC, este trabalho traz critérios comparativos que permitem selecionar o melhor sistema

quanto ao atendimento aos requisitos de desempenho, de operação e de manutenção das operadoras.

Descrição

A metodologia proposta baseia-se na análise das arquiteturas dos sistemas CBTC implementados pelos diversos fornecedores. Para esta análise, definem-se critérios seletivos que são julgados a luz dos requisitos de desempenho, operacionais e de manutenção da operadora. Estes critérios de seleção estão descritos a seguir:

1. Rádio Terra-Trem da Sinalização - Capacidade de transmissão, tecnologia e grau de acoplamento com a sinalização: Sua capacidade de transmissão determina a quantidade de informações que podem ser trocadas entre o ATC de Via e o ATC de Bordo CBTC. Soluções com laços indutivos trazem baixa capacidade de transmissão resultando numa distribuição de processamento carregada no ATC de Via e leve no ATC de Bordo (vide item 5). Soluções com rádios de tecnologia superior possibilitam uma melhor distribuição de processamento entre os ATC de Via e de Bordo. Sua tecnologia deve ser atual, sendo recomendado o atendimento as normas IEEE 802.11a/b/g/n ou LTE. Seu grau de acoplamento com a sinalização deve ser baixo, pois enquanto a vida útil de um equipamento de sinalização (ATC, IXL) é da ordem de 30 anos, a vida útil de um equipamento de comunicação é da ordem de 10 anos no máximo. Isto quer dizer que se a arquitetura do CBTC possuir um alto acoplamento e dependência entre os equipamentos de sinalização e do rádio este não poderá ser renovado durante 30 anos.

2. Nível de diagnósticos dos equipamentos do CBTC, importante quesito para o grau de automação UTO (GoA4): Recursos de diagnósticos e auto diagnósticos nos equipamentos que compõem o CBTC são de suma importância para o suporte necessário ao nível de automação dos Sistemas de Sinalização e Controle – UTO. A implementação da comunicação via rádio entre o ATC de via e o ATC de bordo disponibiliza com esta tecnologia todo o monitoramento da “saúde” dos equipamentos (inclusive de bordo) e do próprio canal de comunicação, o qual deve ser redundante e tolerante a falhas simples.. A solução de comunicação CBTC implementada com o loop indutivo, devido a estreiteza de banda e de sua arquitetura simplex, não suporta a transmissão do diagnóstico de monitoração dos equipamentos de bordo e nem do canal de comunicação. Para a filosofia UTO é importante a monitoração da saúde dos sistemas críticos do trem, os quais serão transmitidos por este canal de comunicação de alta capacidade, permitindo a detecção prévia de problemas e a reação aos diagnósticos, maximizando a disponibilidade operacional do sistema.
3. Preocupação com os cenários degradados - uso da detecção secundária ou procedimento operacional: Definição dos recursos do CBTC que estarão disponibilizados quando da ocorrência de uma degradação, item muito importante para determinar os riscos e procedimentos de operação, manutenção e desempenho das operadoras quando da presença de falhas simples que levam a uma interferência e degradação operacional muito brusca para a operadora. Alguns aspectos da arquitetura CBTC são fundamentais para uma degradação suave do

sistema, como a distribuição de inteligência Via / Bordo (vide item 5), intertravamento Centralizado ou distribuído, entre outros. Como regra geral, pode-se dizer que quanto mais distribuída é uma arquitetura, mais robusta esta será na ocorrência de degradações.

4. - Interoperabilidade dos componentes do CBTC: O requisito de interoperabilidade é de suma importância para que a operadora possa mensurar o quanto o produto é flexível e padronizado, permitindo que alguns componentes do CBTC possam ser trocados entre os fornecedores do CBTC, desde que os componentes respeitem as Normas Internacionais comum entre eles, um exemplo prático é a baliza de localização (EUROBALIZE).
5. Distribuição do processamento do ATC entre ATC de Via e ATC de Bordo: Cada fornecedor tem uma distribuição de processamento diferente entre o ATC de Via e de Bordo resultando em alto processamento à Via e baixo processamento a Bordo, equilíbrio de processamento entre Via e Bordo ou baixo processamento à Via e alto a Bordo. O fato de aumentar o processamento a bordo promove certa inteligência a bordo, permitindo uma maior autonomia ao trem em casos de degradações, porém aumenta a troca de informações entre o ATC de via e a bordo levando a necessidade de uma alta capacidade do sistema de comunicação, nestes casos o ATC de bordo conhece os parâmetros da via e calcula de forma a otimizar a sua energia diante de um ponto de conflito dado pelo ATC de via. Dependendo do grau de automação e do poder de recuperação do sistema existem vantagens e desvantagens em cada uma das opções da divisão da inteligência no ATC de bordo ou

de via. Como exemplo, pode-se citar a distribuição e inteligência entre o ATO de Bordo e o ATS em seu diálogo de ordens de regulação e de controle de missão. No caso de queda do ATS, o ATO de bordo deve ter os parâmetros “Default” de regulação pré-armazenados (tempo de parada nas plataformas e nível de desempenho nas interestações). Também, a memória da missão do trem deverá ser retida pelo ATO de bordo na falha do ATS, ou o trem pararia por falta de destino de missão.

6. Redundâncias: Item relacionado a disponibilidade geral do sistema CBTC quando da existência de falhas simples em equipamentos de baixa confiabilidade. As redundâncias dos equipamentos de sinalização e das redes de transmissão de dados determinam a capacidade do sistema ser tolerante a falha, bem como determina o grau de robustez de um sistema CBTC às degradações dos equipamentos.
7. Uniformidade de solução de hardware entre os diversos subsistemas: característica fundamental para a manutenibilidade do sistema. As soluções CBTC devem ter uma homogeneidade de hardware e software entre seus diversos equipamentos. A vantagem mais evidente é o menor custo de manutenção. Outras vantagens podem ser evidenciadas caso o mesmo hardware e software básico, compuserem os equipamentos de bordo e via (e.g. ATC de Bordo e ATC de Via e Intertravamento central). Neste caso o equipamento central de sala técnica herdaria todas as características de robustez que um equipamento de bordo deve possuir (resistência a vibrações, etc.) e o equipamento de bordo herdaria a característica de estabilidade de um equipamento central, por exemplo, a não necessidade de “Resets” periódicos.

8. Capacidade de auto detecção de falhas latentes: característica fundamental para a disponibilidade e manutenibilidade do sistema. As soluções CBTC devem trazer a capacidade de detecção de falhas latentes intrinsicamente aos seus equipamentos, visando garantir a detecção de falhas ocultas, as quais podem influenciar na segurança do sistema.

Dados dos Autores

Rubens Navas Borloni – Engenheiro Eletrônico - Companhia do Metropolitano de São Paulo.

Graduado em Engenharia Eletrônica pela Universidade Paulista em 1996. Pós-graduado em Tecnologia Metroferroviária pela Educação Continuada da Politécnica da USP em 2004. Coordenador do Sistema de Sinalização do Monotrilho. Desde 1991 no Metrô, sendo 6 anos como Técnico de Manutenção e 15 anos de Engenharia de projetos do Sistema de Sinalização.

George Eduardo Gomes de Faria – Engenheiro Elétrico – GE Transportation.

Graduado em Engenharia Elétrica pela Escola Politécnica da USP em 1983. Pós-graduado em Engenharia Elétrica e Computação pela UNICAMP em 2000. Engenheiro de sistemas atuando desde 1991 na área metroferroviária. Atualmente responsável por Marketing na América Latina da Solução de Sinalização CBTC TEMPO™ da GE Transportation.