

# MODUŁOWA STANDARDOWA ARCHITEKTURA SYSTEMÓW KIEROWANIA I STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM – AKTUALNE TRENDY<sup>1</sup>

---

**Paweł Wontorski**

dr inż., Rail-Mil Computers Sp. z o.o., ul. Kosmatki 82,  
03-982 Warszawa, tel.: +48 517 141 987, email: pawel.wontorski@rail-mil.eu

---

**Magdalena Dzierżak**

mgr inż., Rail-Mil Computers Sp. z o.o., ul. Kosmatki  
82, 03-982 Warszawa, email: magdalena.dzierzak@rail-mil.eu

---

***Streszczenie.** W artykule przedstawiono przegląd aktualnych trendów w zakresie postępującej modularyzacji i standaryzacji architektury systemów kierowania i sterowania ruchem kolejowym. Podział systemów komputerowych na standardowe komponenty jest procesem trwającym od wielu dekad. Przykładem systemu zgodnego z tym podejściem jest ERTMS/ETCS, a ostatnio rozszerza się on na wiele innych systemów kierowania i sterowania ruchem kolejowym, w tym systemy zależnościowe oraz nadrzędne. Podejmowane są w tym celu kolejne ponadnarodowe inicjatywy standaryzacyjne takie jak: EULYNX, RCA, smartrail 4.0 oraz OCORA. W artykule przedstawiono założenia każdej z nich oraz istotne korzyści płynące z ich wdrożenia, np. standaryzacja interfejsów, zwiększenie wymienności sprzętu i oprogramowania oraz efektywne projektowanie i zarządzanie systemem. Podano również przykłady zastosowania standardowych modułów i interfejsów w warunkach polskich (rmCBTC, standardowe interfejsy BRIK).*

***Słowa kluczowe:** system srk, standardowa architektura, RCA, EULYNX*

## 1. Wprowadzenie

Standaryzacja i modularyzacja systemów kierowania i sterowania ruchem jest trendem postępujących od kilku dziesięcioleci na sieciach kolejowych wielu zarządców infrastruktury. Obecnie najbardziej znanym przejawem standaryzacji i jej praktycznym wdrożeniem jest system ERTMS/ETCS. Nadrzędnym celem tego systemu jest zapewnienie interoperacyjności systemu kolei, poprzez umożliwienie pociągom poruszanie się po sieciach różnych zarządców infrastruktury bez konieczności zmiany lokomotyw i maszynistów. Cel ten udaje się osiągnąć poprzez ustandaryzowany interfejs człowiek – maszyna DMI zainstalowany na pojeździe, który przekazuje informacje w jeden określony sposób, niezależnie od konkretnego, krajowego standardu sygnalizacji przytorowej oraz niezależnie od systemów zależnościowych na danej krajowej sieci kolejowej.

Standaryzacja i modularyzacja systemu ERTMS/ETCS pozwala również na osiągnięcie innego celu interoperacyjności – otwartego rynku dostawców komponentów systemu ERTMS/ETCS. Otwarty rynek umożliwia dostarczanie tego

---

<sup>1</sup> Wkład autorów w publikację: Wontorski P.: 50%, Dzierżak M.: 50%

samemu typowi modułu systemu (np. balisy) przez różnych producentów pod jednym tylko warunkiem – wykonania tego modułu wg ściśle określonych wyspecyfikowanych wymagań – identycznych dla całego rynku.

Standaryzacja systemów zależnościowych oraz sterowania i kierowania ruchem w obszarze, który nazywany jest „warstwą podstawową” stanowi większe wyzwanie, chociażby z uwagi na złożoność funkcjonalną i techniczną, zróżnicowanie (pod względem typów, rodzajów i wieku) oraz ilość urządzeń.

## 2. Standaryzacja komponentów i interfejsów oraz modułowa architektura systemów ksrk

Urządzenia i systemy kierowania i sterowania ruchem kolejowym (ksrk) realizują ściśle zdefiniowane funkcje, które umożliwiają czytelny podział struktury tych urządzeń i systemów na moduły funkcjonalne. Kluczowe jest bowiem przyjęcie podejścia, które opiera się na następujących założeniach:

- systemowa analiza kierowania i sterowania ruchem kolejowym, według której system ksrk realizuje ogólnie funkcjonalność kierowania i sterowania ruchem i może być podzielony na mniejsze podsystemy,
- ujęcie struktury (architektury) systemu ksrk w postaci modelu warstwowego – hierarchicznego, z warstwami odpowiadającymi zakresom funkcjonalnym (od najwyższych warstw zarządzania i kierowania, poprzez sterowanie, do najniższej zabezpieczenia ruchu) [12],
- modularyzacja – wyodrębnienie funkcji ksrk i wyróżnienie w każdej warstwie modułów wg kryterium funkcjonalnego, poprzez przypisanie każdemu modułowi konkretnych funkcji w strukturze ksrk,
- uznanie funkcji realizowanych przez każdy moduł za nadrzędne wobec technicznej (fizycznej) realizacji danego modułu – funkcja modułu może determinować jego techniczną (fizyczną) realizację, ale nie może być odwrotnie,
- ustandaryzowany zestaw cech modułów oraz ich interfejsów, które są istotne dla prawidłowego funkcjonowania w systemie i powiązania z innymi modułami – dzięki temu możliwe jest osiągnięcie kompatybilności i wymienności modułów oraz skrócić czas testów, indywidualnych badań i sprawdzeń systemu,
- ściśle wyspecyfikowany zbiór wymagań funkcjonalnych i pozafunkcjonalnych (np. wydajnościowych, środowiskowych, związanych z bezpieczeństwem, itd.), który znacznie upraszcza projektowanie, instalację, testowanie i eksploatację.

Wymienione wyżej pojęcia należy rozumieć następująco:

- **kompatybilność** – zdolność modułu do współpracy z innymi modułami za pomocą ustandaryzowanych interfejsów.
- **wymiennność** – możliwość wymiany modułu na inny z zapewnieniem dalszego działania całego systemu, bez konieczności wprowadzania zmian w innych modułach i interfejsach.

Standaryzacja nie musi, a nawet nie powinna obejmować cech technicznych (fizycznych), poza określeniem tych cech, które są istotne do zapewnienia kompatybilności i wymienności. Takimi cechami mogą być np. wymiary zewnętrzne, ciężar urządzenia, złącza fizyczne, które zresztą w dalszym ciągu stanowią interfejsy modułu z jego otoczeniem (np. mocowaniem do innych urządzeń, szafy aparatuwej, ściany, podwozia pojazdu, itd.). Istotne jest, aby specyfikacja nie obejmowała szczegółów wewnętrznego wykonania modułu (układów elektronicznych, obwodów) oraz oprogramowania. Te szczegóły nie są istotne dla powiązania modułu z innymi modułami i mogą pozostać do pewnego stopnia tajemnicą producenta.

Dzięki takiemu podejściu producenci nadal mogą chronić swoją wiedzę, konkurować na wolnym rynku i produkować zróżnicowane pod względem technicznym (sprzętowym i programowym) urządzenia i systemy. Jednocześnie jednak muszą dostosować się do ściśle zdefiniowanych wymagań standaryzujących, zapewniających możliwość współpracy z modułami innych producentów. Jeśli wszyscy dostawcy przestrzegają tych samych reguł, to konkurując ze sobą dostarczają moduły kompatybilne i wymienne.

W kolejnym rozdziale opisane zostały główne aktualne inicjatywy standaryzujące systemy ksrk.

### 3. Aktualne trendy w standaryzacji i modularyzacji systemów ksrk

#### 3.1. EULYNX

EULYNX jest inicjatywą Europejskich Zarządców Infrastruktury mającą na celu standaryzację interfejsów systemów ksrk. Projekt rozpoczął się w 2014 roku, a jego realizacja trwała trzy lata. Po trzech latach organizacja projektu przekształciła się w stałą organizację standaryzacyjną interfejsów [5]. Celami inicjatywy w odniesieniu do systemów ksrk są:

- Interoperacyjność,
- poprawa wydajności,
- obniżenie kosztów cyklu życia.

Ze względu na różnorodność istniejących systemów ksrk ujednoczenie interfejsów nie jest procesem rozłożonym w czasie i angażującym wiele podmiotów. Wkład uczestników inicjatywy EULYNX jest gromadzony, strukturyzowany i klasyfikowany. Ekspertki w odpowiednich dziedzinach dostosowują architekturę systemu i wymagania systemowe tak, aby można było osiągnąć redukcję kosztów oraz kompatybilność z istniejącymi podsystemami poprzez wspólny przegląd rozwiązań i ich weryfikację [2].

Architektura referencyjna EULYNX definiuje system modułowy wraz z podsystemami i interfejsami. Struktura modułowa zdefiniowana została w sposób niezależny od specyficznych wymagań zarządców infrastruktury. Moduły dostosowa-

ne są do integracji z systemem ksrk wyłącznie w oparciu o specyfikacje interfejsu dostarczone przez EULYNX [2].

W dokumencie *EULYNX System Definition* [3] zdefiniowano następujące typy interfejsów:

- interfejs przepływu danych,
- interfejs diagnostyczny,
- interfejs utrzymaniowy,
- interfejs sterujący,
- interfejs obsługi / operatorski / zobrazowania,
- interfejs zasilania.

### 3.2. RCA

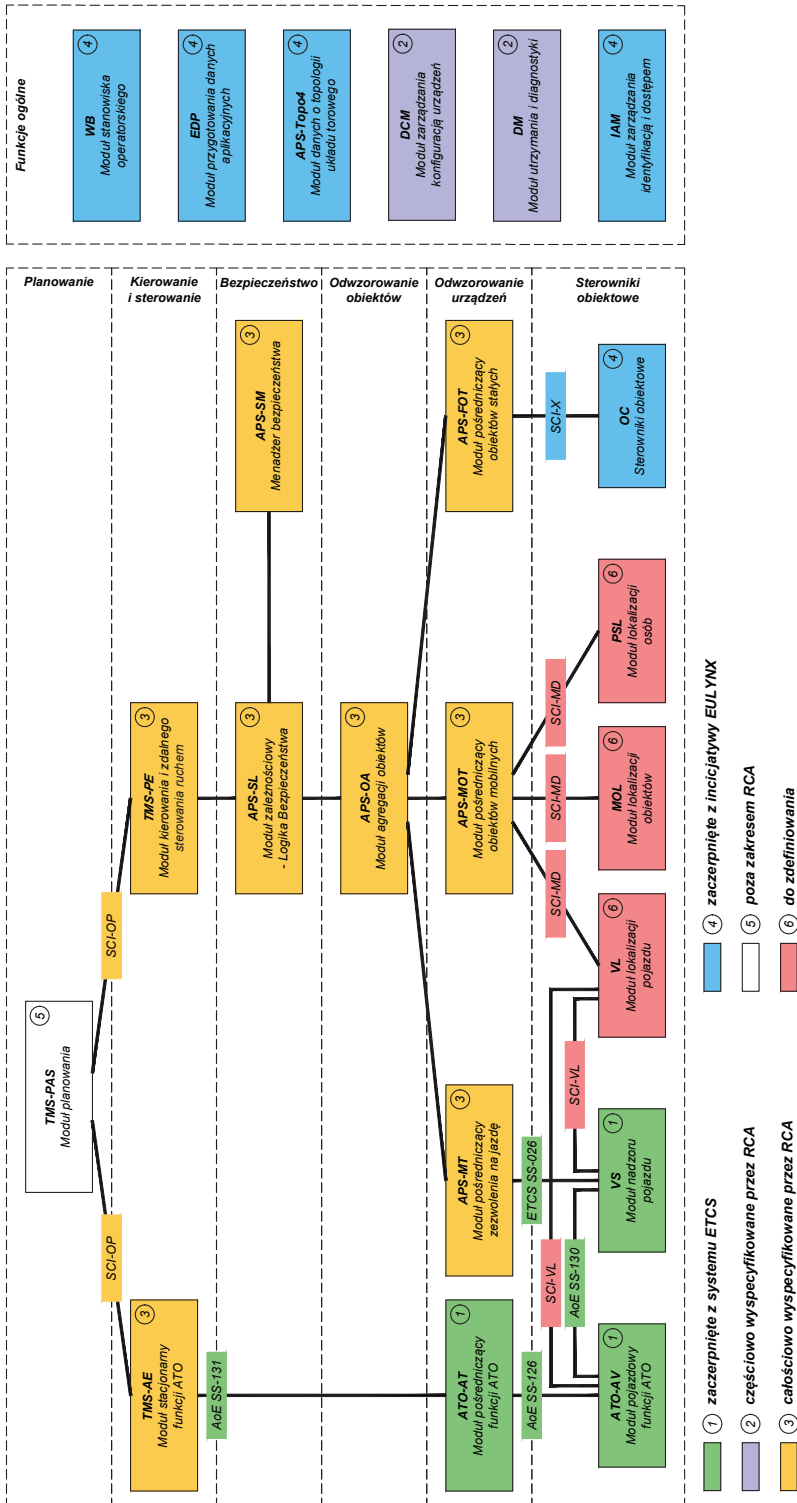
RCA (ang. *Reference CCS Architecture*) architektura referencyjna zapewniająca strukturę systemu ksrk opartą na zharmonizowanych wymaganiach. RCA definiuje podstawową strukturę komponentów i interfejsów bazującą na stabilnych standardach przemysłowych, specyfikacjach ERTMS, TSI CSS oraz specyfikacjach EULYNX.

Zakres RCA obejmuje podstawowe funkcjonalności i interfejsy części przytorowej systemu ksrk. Komponenty systemu ksrk znajdujące się poza częścią przytorową i mające wpływ na bezpieczeństwo są brane pod uwagę jedynie w celu określenia interfejsów z tymi komponentami, z uwzględnieniem systemów ksrk jako całości. RCA nie jest architekturą systemu z kompletnym zbiorem szczegółowych specyfikacji, ale zapewnia odniesienie, tj. ramowy plan rozwoju i wdrożenia konkretnego systemu ksrk dla konkretnego zarządcy infrastruktury [1] [9].

Rys. 1 przedstawia architekturę systemu ksrk w standardzie RCA. Schemat został opracowany na podstawie [10], nazwy angielskie zostały przetłumaczone na język polski.

Głównymi celami RCA są:

- **niski koszt cyklu życia systemu** (ang. *Life Cycle Cost - LCC*) – RCA daje możliwość obniżenia kosztu cyklu życia systemu poprzez wdrożenie i eksploatację systemu ksrk o uproszczonej architekturze zbudowanego z modułów zakupionych na otwartym rynku (realizując tym samym wymogi kompatybilności i wymienności modułów),
- **struktura modułowa** – RCA umożliwia konfigurację praktycznie dowolnego obiektu (stacji, obszaru zdalnego sterowania) na sieci kolejowej w ramach zdefiniowanej przez RCA struktury systemu (realizując także cechę systemu nazywaną skalowalnością),
- **migracja** – RCA proponuje rozwiązania powiązania z systemami obecnie eksploatowanymi oraz uwzględniające dotychczasowe inwestycje, zapewniając tym samym płynne przejście od obecnego stanu do pełnego wdrożenia RCA,
- **adaptowalność** – zdefiniowaną przez RCA elastyczną strukturę można kształtować poprzez parametry konfiguracyjne lub dobór modułów w za-



Rys. 1. Schemat architektury systemu ksrk w standardzie RCA (źródło: opracowanie własne na podstawie: {10})

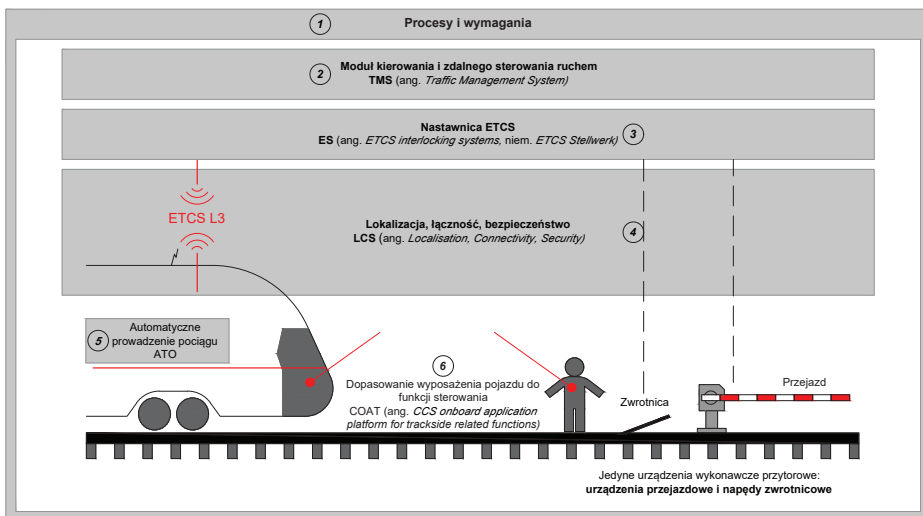
kresie dotyczącym bezpieczeństwa, kosztów, wydajności i wymagań niefunkcjonalnych,

- **bezpieczna inwestycja** – przygotowane w ramach RCA mechanizmy oraz sformalizowane interfejsy pozwolą uniknąć w przyszłości niezgodności z przyszłymi zmianami, a co za tym idzie rozwiązań specyficznych, niestandardowych [1].

### 3.3. Smartrail 4.0

Inicjatywa smartrail 4.0 jest projektem rozwijanym i wdrażanym na szwajcarskich liniach kolejowych koncentrującym się na cyfryzacji kolei w ciągu najbliższych 20 lat. Rozwiązania proponowane w ramach projektu mają doprowadzić do zintegrowania urządzeń i systemów: zależnościowego, sterowania i kierowania ruchem, urządzeń przytorowych oraz systemu transmisji danych.

Smartrail 4.0 podzielono na sześć podprogramów będących grupami zagadnień stanowiących bazę do wyróżnienia w dalszej kolejności komponentów (modułów) i interfejsów. Rys. 2 przedstawia poszczególne podprogramy wraz z ich wzajemnymi relacjami i określeniem roli w całości systemu ksrk.



Rys. 2. Wizja systemu kierowania i sterowania ruchem według smartrail 4.0

Źródło: opracowanie własne na podstawie [15]

Projekt rozpoczęło w 2017 r. czterech szwajcarskich przewoźników kolejowych SBB (niem. *Schweizerische Bundesbahnen*), SOB (niem. *Schweizerische Südostbahn*), RhB (niem. *Rhaetian Railway*), VöV (niem. *Verband öffentlicher Verkehr*) [15] [14].

Korzyści płynące z wprowadzenia programu smartrail 4.0:

- redukcja kosztów (szacuje się że największy szwajcarski operator kolejowy SBB, zaoszczędzi 450 milionów franków szwajcarskich rocznie [15]),
- zwiększona przepustowość,

- zwiększona punktualność,
- zwiększone bezpieczeństwo,
- wzrost poziomu obsługi i lepsza komunikacja dla pasażerów.

Architektura systemu ksrk zgodnego ze smartrail 4.0 bazuje w dużej mierze na RCA.

### 3.4. OCORA

OCORA (ang. *Open CCS On-board Reference Architecture*, CCS ang. *Command, Control and Signalling*) jest międzynarodową inicjatywą standaryzującą interfejsy oraz funkcje otwartego standardu systemu pokładowego. Standaryzacja jest realizowana w nawiązaniu do architektury referencyjnej opartej na RCA. OCORA jest związana z częścią pojazdową ETCS (ang. *on-board ETCS*) ale może obejmować różne systemy pokładowe.

Celem architektury OCORA jest spełnienie aktualnych wymagań funkcjonalnych TSI (ang. *Technical Specification of Interoperability*), umożliwiając kompatybilność z istniejącym taborem oraz infrastrukturą. Jest to platforma współpracy technicznej otwarta dla każdego przewoźnika kolejowego, stworzona na rzecz sektora kolejowego w Europie. Członkami oraz założycielami inicjatywy OCORA są DB (niem. *Deutsche Bahn AG*), SNCF (fr. *Société nationale des chemins de fer français*), NS (niderl. *Nederlandse Spoorwegen*), ÖBB (niem. *Österreichische Bundesbahnen*), SBB (niem. *Schweizerische Bundesbahnen*) [6] [8] [7].

Cele inicjatywy OCORA:

- **otwartość** – OCORA jest otwartą platformą techniczną współpracy do dyspozycji dla wszystkich przedsiębiorstw kolejowych. Opiera się na wspólnym użytkowaniu i publicznej dostępności swoich wyników,
- **modułowość** – OCORA ma na celu podział systemów pokładowych CCS na optymalną / wystarczającą liczbę standardowych bloków konstrukcyjnych. Modułowość systemu stanowi podstawę dla modułowej strategii bezpieczeństwa i wymienności, która obsługuje cały cykl życia systemu pokładowego,
- **uproszczenie** – OCORA planuje wydzielić w swojej architekturze bloki funkcjonalne które w dającej się przewidzieć przyszłości staną się przestarzałe (GSM-R, krajowe systemy, balisy w obecnej technologii, itd.) ułatwi to uproszczenie implementacji opartych na OCORA, gdy tylko odpowiednie funkcje przestaną być potrzebne,
- **autonomia** – OCORA zamierza zminimalizować współzależność różnych modułów i komponentów, takich jak sprzęt, oprogramowanie, urządzenia peryferyjne – stanowi to podstawę modułowego podejścia do systemów ksrk,
- **ewolucja** – w uznaniu ogromnego znaczenia ciągłych aktualizacji dla cyfryzacji kolei, OCORA zamierza wprowadzić bezpieczną możliwość aktualizacji i wymienności, aby przyspieszyć elastyczną integrację przyszłych inno-

wacji i zapewnić podstawę do wprowadzenia takich rozwiązań, jak FRMCS i ATO [8] [6].

#### 4. Przykłady zastosowania standardowych modułów i interfejsów w warunkach polskich (BRIK, rmCBTC)

Przedstawione wyżej inicjatywy standaryzacyjne w obszarze systemów ksrk rozwijają się dynamicznie głównie w Zachodniej Europie (m.in. w Eulynx w Niemczech, smartrail 4.0 w Szwajcarii). W Polsce działania w tym obszarze są bardzo ograniczone. Nie dotyczy to oczywiście ERTMS/ETCS do wdrożenia którego Polska jest zobligowana. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., największy polski zarządca infrastruktury, nie uczestniczy aktywnie w żadnej z inicjatyw opisanych w rozdziale 3.

Problemy wynikające z braku standardowych modułów, a w szczególności interfejsów dotyczą jednak polskich zarządców infrastruktury i podejmowane są, także przez producentów systemów ksrk, aktywne działania w obszarze standaryzacji i modularyzacji.

##### 4.1. BRIK – standardowe interfejsy

Ze względu na narastające problemy z interfejsami między systemami ksrk różnych producentów, postanowiono ogłosić krajowy projekt pod nazwą *Standaryzacja wybranych interfejsów urządzeń i systemów sterowania ruchem kolejowym* POIR.04.01.01-00-00000/17. Projekt realizowany jest przez Instytut Kolejnictwa oraz Rail-Mil Computers Sp. z o.o. w ramach wspólnej inicjatywy **BRIK** (Badania i Rozwój w Infrastrukturze Kolejowej) i współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. [11]

Celem projektu jest opracowanie specyfikacji i wymagań dla interfejsów stosowanych w komputerowych urządzeniach ksrk, w oparciu o wyniki badań i testów gotowych prototypów weryfikujących przyjęte założenia. Konsekwentne egzekwowanie spełnienia wymagań umożliwi skuteczne powiązanie urządzeń i systemów ksrk różnych producentów. Projekt realizuje więc w podstawowym, niezbędnym zakresie założenia standaryzacji w obszarze ksrk, takie jak kompatybilność i wymiennność komponentów systemu.

Lista interfejsów (powiązań), stanowiących przedmiot projektu obejmuje:

- LB – IXL (blokada liniowa – urządzenia stacyjne zależnościowe),
- LX – IXL (urządzenia przejazdowe – urządzenia stacyjne zależnościowe),
- LCS – IXL (lokalne centrum sterowania – urządzenia stacyjne zależnościowe),
- LCS – LCS (lokalne centrum sterowania – lokalne centrum sterowania),
- IXL – CUID (urządzenia stacyjne zależnościowe – centrum utrzymania i diagnostyki),



- RBC – CUID (radiowe centrum sterowania – centrum utrzymania i diagnostyki).

Projekt skupiony jest na standardowych interfejsach i nie podejmuje zagadnienia standaryzacji samych modułów ksrk, pośrednio tylko wpływając na ich specyfikację (w zakresie interfejsów do innych modułów). Zakończenie prac przewidziano na 2022 rok. Opracowany standard dedykowany jest do zastosowania na sieci kolejowej zarządzanej przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., ale z powodzeniem może być stosowany przez innych zarządców infrastruktury.

#### 4.2. *rmCBTC – system automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych*

Innym przykładem praktycznego wdrażania idei standaryzacji i modularyzacji, a dokładnie, zastosowania standardowych rozwiązań w nowych obszarach ksrk jest projekt systemu rmCBTC realizowany przez Rail-Mil Computers Sp. z o.o. [13].

Mając na uwadze konieczność rozwoju systemów sterowania ruchem w Metrze Warszawskim oraz innych systemach kolei miejskich, szybkiego tramwaju, kolei przemysłowych firma Rail-Mil Computers Sp. z o. o. zaprojektowała zupełnie nowy system automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych klasy CBTC (ang. *Communications-Based Train Control*) – rmCBTC.

System został opracowany, zaprojektowany, zbudowany i wdrożony na poziomie instalacji pilotażowej w Metrze Warszawskim w ramach projektu nr POIR.01.01.01-00-0276/17 pod nazwą: *System automatycznego prowadzenia pojazdów szynowych klasy CBTC, wykorzystujący unikalne połączenie dwukierunkowej bezprzewodowej transmisji danych oraz komponentów interoperacyjnego systemu kolejowego ETCS, zwiększający poziom wydajności i bezpieczeństwa w aglomeracyjnym transporcie szynowym*. Projekt dofinansowany był przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR).

To co odróżnia system rmCBTC od innych podobnych funkcjonalnie rozwiązań i stanowi o jego przewadze, jest oparcie jego architektury, platformy sprzętowej oraz zasad realizacji funkcji związanych z bezpieczeństwem w dużej części na standardzie ERTMS/ETCS. System rmCBTC bazuje m.in. na balisach, które są zgodne ze specyfikacją eurobalisy w systemie ERTMS/ETCS. Oznacza to możliwość stosowania tych samych komponentów w europejskim systemie sterowania pociągami oraz systemie klasy CBTC.

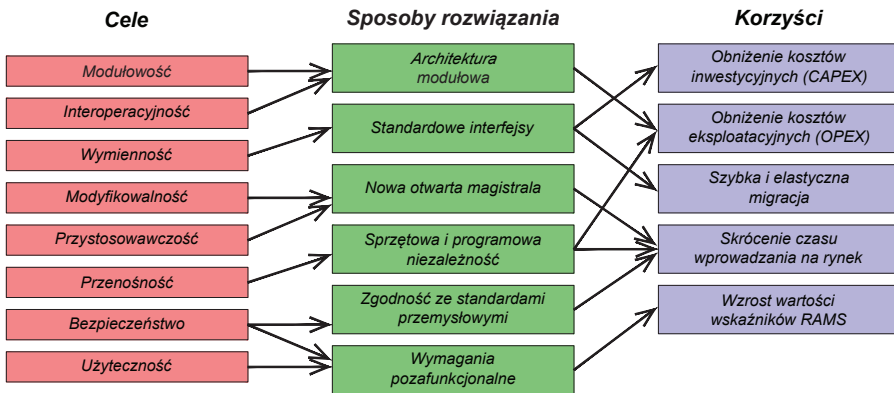
Na specyfikacji ERTMS/ETCS oparto także strukturę urządzeń pojazdowych (moduł odczytu balis, bezpieczny komputer pokładowy, odometr, itd.) Modułowa jest architektura całego systemu, a przy jej projektowaniu kierowano się podobnymi założeniami co w standardzie RCA i OCORA.

Zastosowane moduły mają być przede wszystkim ustandaryzowane, konfigurowalne (a przez to elastycznie dopasowane do potrzeb klienta) oraz wymienne bez konieczności zmian w całym systemie. Nawet wdrożenie systemu na modernizowanej linii możliwe jest jako rozłożone w czasie, dzięki opcji prowadzenia ruchu w trybie mieszanym pojazdów wyposażonych i niewyposażonych.

## 5. Podsumowanie

Do tej pory standaryzacja urządzeń i systemów warstwy podstawowej wydawała się zbyt trudna, a kolejno podejmowane próby zmuszały odkładać ją w czasie. Skupiono się na systemie ERTMS/ETCS. Rozwój techniki komputerowej umożliwił wyodrębnienie funkcji ksrk, przeniesienie większości tych funkcji do oprogramowania, a w konsekwencji bardziej elastyczne kształtowanie cech funkcjonalnych urządzeń i systemów i oderwanie ich od konkretnej fizycznej realizacji.

Rys. 3 przedstawia w sposób syntetyczny cele, sposoby ich osiągnięcia (konkretne rozwiązania) oraz korzyści z wdrożenia modułowej, standardowej architektury systemów ksrk.



Rys. 3. Podsumowanie celów, sposobów ich osiągnięcia i korzyści z wdrożenia standardowej architektury systemów ksrk

Zródło: opracowanie własne

Możliwość standaryzacji całości systemu ksrk stała się coraz bardziej prawdopodobna, a sukces ERTMS/ETCS oraz obiecujące wyniki pierwszych inicjatyw standaryzacyjnych (np. EULYNX) potwierdziły zasadność prowadzenia dalszych działań w tym kierunku. W skali wszystkich systemów ksrk komponenty ERTMS/ETCS zajmują, owszem, istotny dla interoperacyjności, ale jednak stosunkowo niewielki fragment całości.

Przykładami praktycznych wdrożeń specyfikacji systemów o standardowych modułach i interfejsach, w większości jeszcze pilotażowych, są projekty niemieckich kolei Deutsche Bahn (DB) obejmujące zabudowę cyfrowych nastawnic (niem. *Digitales Stellwerk*) zgodnych ze specyfikacją EULYNX [4]

Wprowadzając standaryzację modułów i interfejsów w systemie ksrk każdy zarządca infrastruktury będzie zobligowany za opublikowanie specyfikacji wymagań dla standardowych modułów mając za cel zapewnienie ich kompatybilności i wymienności. W zamian jednak będzie mógł wymagać od producentów spełnienia reguł zapisanych w specyfikacjach, eliminując jednocześnie tych spośród nich, którzy do tych reguł nie potrafili lub nie chcieli się dostosować.

Standaryzacja wszystkich urządzeń i systemów ksrk stanowi ogromne wyzwanie, z którym zarządcy infrastruktury oraz rynek dostawców będzie musiał zmierzyć się w najbliższym czasie. Proces ten już się rozpoczął i korzyści płynące z jego wdrożenia niewątpliwie będą przyspieszać działania w tym obszarze.

## Bibliografia

- [1] 18C044-0C WHITE PAPER REFERENCE CCS ARCHITECTURE BASED ON ERTMS , 12.07.2018.
- [2] EULYNX Concept [w:] Document number: Eu.Doc.6, Baseline: 2.0 (2.A), EULYNX Baseline Set: 3.
- [3] EULYNX System Definition [w:] Document number: Eu.Doc.7, Baseline: 3.2 (0.A), EULYNX Baseline Set: 3.
- [4] Freese A., Matthäi O., Aktuelle Trends von IT/TK und LST in Eisenbahnprojekten. Digitale LST, NeuPro, , 2019..
- [5] <https://www.eulynx.eu/>, data dostępu: 10.2021.
- [6] OCORA – Die europäische Initiative zur ETCS-Fahrzeugausrüstung der Zukunft [w:] SIGNAL + DRAHT (112) 9/2020 , s. 25-30.
- [7] OCORA Open CCS On-board Reference architecture CCS On-board for Europe's Rail Joint Undertaking, OCORA-BWS05-030, version 0.11 [w:] 13.04.2021.
- [8] OCORA Open CCS On-board Reference Architecture, Introduction to OCORA Gamma Release, OCORA-30-001-Gamma, version:3.00 [w:] 04.12.2020.
- [9] partners and EULYNX EUG, RCA– Architecture Overview, Document id: RCA.Doc.2, Version: Beta.1 26.08.2019.
- [10] RCA Architecture Poster, id: RCA.Doc.40, 0.2 (0.A) [w:].
- [11] Wontorski P., Dzierżak M., Digital standard interfaces in railway traffic control systems [w:] WUT Journal of Transportation Engineering, vol. 131 2020, s. 17-29.
- [12] Wontorski P., Kochan A., Komputerowe systemy kierowania i sterowania ruchem kolejowym. Część 1: Funkcje, elementy i układy, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2020.
- [13] Wontorski P., Sobótka P., Wychowański W., Die Entwicklung des Warschauer Metro CBTC-Systems / Development of the Warsaw Metro CBTC system [w:] Signal und Draht 2021.
- [14] [www.bls.ch/en/unternehmen/projekte-und-hintergruende/smartrail](http://www.bls.ch/en/unternehmen/projekte-und-hintergruende/smartrail), data dostępu: 10.2021,
- [15] [www.railtech.com/digitalisation/2019/01/29/switzerland-to-implement-smartrail-4-0-traffic-management-system/](http://www.railtech.com/digitalisation/2019/01/29/switzerland-to-implement-smartrail-4-0-traffic-management-system/), data dostępu: 10.2021.

