

Andrzej LEWIŃSKI, Paweł UKLEJA

BEZPIECZNE STEROWANIE RUCHEM POCIĄGÓW NA LINIACH REGIONALNYCH

Streszczenie

Praca dotyczy ważnego problemu jakim jest nowoczesne i efektywne sterowanie ruchem kolejowym na liniach regionalnych, gdzie ruch jest ograniczony do kilkunastu par pociągów na dobę. Linie te posiadają właściwą infrastrukturę (systemy sygnalizacji przejazdowej, zależnościowe, blokady liniowe), ale ze względu ekonomicznych potrzebna jest integracja takich systemów na poziomie Lokalnych Centrów Sterowania.

WPROWADZENIE

Pierwsze koncepcje wydzielenia linii regionalnych z sieci narodowych zarządców infrastruktury w Europie pojawiły się na końcu lat dziewięćdziesiątych XX wieku. Zostały wtedy ustalone ogólne kierunki działań dla tychże linii. Na bazie specyfikacji sporządzonych w ramach projektu ETCS oraz przy wykorzystaniu technik i technologii opracowanych przez przemysł koleje miały dokonać wyboru dwóch rozwiązań technicznych dla linii małoobciążonych [1]:

- a) maksymalnie oszczędnościowe rozwiązanie polegające na utworzeniu stosownych przepisów ruchowych i minimalnym wyposażeniu linii kolejowych w urządzenia sterowania ruchem kolejowym,
- b) rozwiązanie opierające się na transmisji typu GSM-R, przy założeniu, że maszynista dostaje kompetencję do układania drogą radiową dróg przebiegów wraz z zamykaniem przejazdów.

Na tej podstawie firmy zajmujące się produkcją, jak i tworzeniem rozwiązań technicznych w obszarze sterowania ruchem kolejowym, widząc niszę na rynku kolejowym, bardzo szybko rozpoczęły prace nad rozwiązaniami dla linii regionalnych. W rezultacie już na samym początku XXI wieku powstały gotowe produkty odpowiadające założeniom wypracowanym przez UIC.

1. PROWADZENIE RUCHU NA LINIACH REGIONALNYCH

Przeprowadzone badania i doświadczenia zebrane podczas nich nad systemami przeznaczonymi dla linii małoobciążonych doprowadziły do prawie całkowitego zaprzestania korzystania z technologii GSM-R i skupienia się przemysłu jak, i zarządców linii kolejowych do tzw. rozwiązania maksymalnie oszczędnościowego. Jednocześnie zrezygnowano z terminu „linie małoobciążone” na korzyść terminu „linie regionalne” lub „systemy (urządzenia) uproszczone”.

Ponieważ podstawą to tworzenia systemów dla linii regionalnych było ograniczenie procedur związanych z prowadzeniem ruchu pociągów stworzono m.in. następujące założenia:

- ograniczenie lub całkowita rezygnacja ze stosowania sygnałów zastępczych,
- nastawianie przebiegów pociągowych w sytuacjach awaryjnych przez maszynistów [3],
- na liniach dwutorowych rezygnuje się z banalizacji [3].

Grupę ograniczeń nazywa się uproszczeniem prowadzenia ruchu.

Kolejnym krokiem we wspomnianych pracach było określenie ograniczeń technicznych i funkcjonalnych systemów, które wynikały pośrednio lub bezpośrednio z założeń dotyczących procesów prowadzenia ruchu kolejowego. Jednocześnie ograniczenia te wpłynęły znacznie na zmniejszenie kosztów produkcji urządzeń nie zmniejszając jednocześnie wymaganego poziomu bezpieczeństwa warstwy zależnościowej.

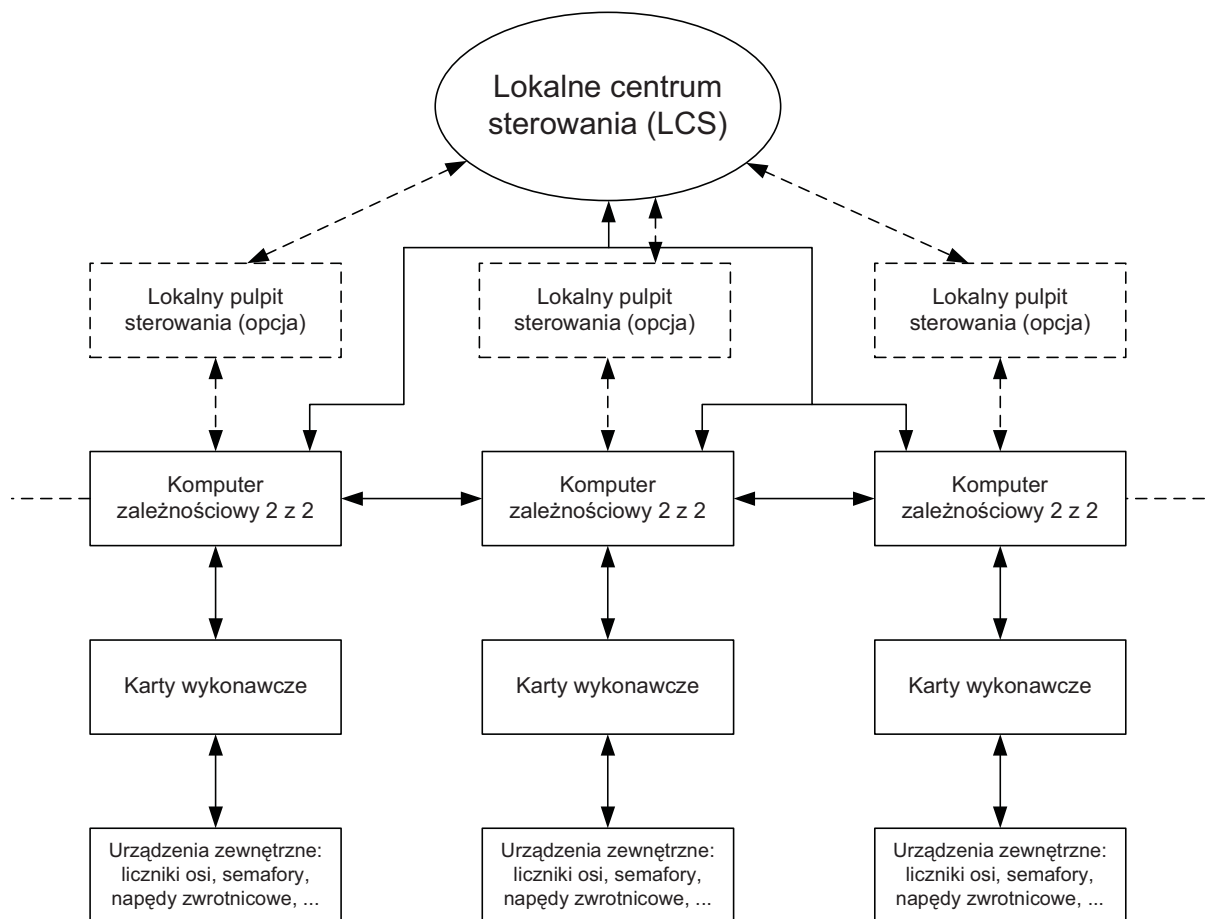
Ograniczenia techniczne i funkcjonalne zastosowane w urządzeniach przeznaczonych dla linii regionalnych przedstawiają się następująco:

- komputer zależnościowy w konfiguracji 2 z 2
- pulpit nastawczy spełnia SIL 2 (zabezpieczony)
- rezygnacja z lokalnych pulpitów sterowania (opcjonalnie)
- brak przebiegów pociągowych bez zatrzymania po torach głównych dodatkowych
- brak przebiegów manewrowych zorganizowanych [3],
- zastosowanie tzw. trybu manewrowego,
- brak komór na semaforach do wyświetlania sygnałów zastępczych,
- rezygnacja ze sterowania zwrotnic z ruchomymi dziobami krzyżownic [4],
- zastosowanie liczników osi do stwierdzania niezajętości torów i rozjazdów.

2. STRUKTURA SYSTEMU STEROWANIA DLA LINII REGIONALNYCH

Ze względu na specyfikę posterunków ruchu na liniach regionalnych, charakteryzujących się małą liczbą torów stacyjnych i rozjazdów, zastosowano (podobnie jak dla linii głównych i magistralnych) tzw. lokalne centra sterowania (LCS-y) umożliwiające sterowanie i prowadzenie ruchem kolejowym na kilku posterunkach ruchu z jednego miejsca.

Typowa struktura systemu sterowania ruchem kolejowym dedykowanego dla linii regionalnych wg przedłożonych założeń jest przedstawiona na poniższym rysunku:



Rys.1. Typowa struktura systemu sterowania dla linii regionalnej

W systemach z pełną funkcjonalnością struktura jest bardziej rozbudowana i składa się z następujących poziomów, i warstw:

1. Poziom kierowania ruchem
 - a) warstwa przekazywania informacji o pociągu (pip)
 - b) warstwa kontroli dyspozytorskiej (kd)
2. Poziom sterowania ruchem
 - a) warstwa sterowania zdalnego (zs)
 - b) warstwa sterowania miejscowego (ms)
3. Poziom zabezpieczenia ruchem
 - a) warstwa zależnościowa
 - b) warstwa wykonawcza

Struktura ta została opracowana przez Politechnikę Warszawską [4], [5], [11].

Różnice w strukturach między urządzeniami uproszczonymi (dla linii regionalnych), a urządzeniami z pełną funkcjonalnością wynikają z zastosowanych rozwiązań zaproponowanych przez UIC. Przede wszystkim jest to połączenie poziomów kierowania ruchem z poziomem sterowania ruchem. Zadania poziomu kierowania przejmuje tutaj poziom sterowania zawierając funkcje tego pierwszego (np. system ZSB 2000). Dodatkowo systemy dedykowane dla linii regionalnych posiadają lokalne pulpity sterowania jako opcję, która jest tylko stosowana ze względu na sposób prowadzenia ruchu na wybranych stacjach (np. stacja Czerwonak w LCS Wągrowiec [7]).

Zastosowanie urządzeń uproszczonych, mimo dużego zapotrzebowania na nie, przyniosło zarządom kolejowym problemy wynikające z braku standardów, które w pełni określiłyby zakres i sposób funkcjonowania tych urządzeń. Na samym początku poradzili oni sobie z tym problemem korzystając z możliwości stosowania odstępstw od obowiązujących przepisów

i wytycznych budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Dopiero w następnym kroku zaczęto tworzyć stosowne regulacje. Na dzień dzisiejszy najbardziej zaawansowane prace w tym kierunku mają Koleje Niemieckie (DB). W Polsce prace dopiero się zaczynają. Określono tutaj ogólne kryteria kwalifikacji odcinków linii o małym natężeniu ruchu [11], na których przewiduje się zabudowę urządzeń uproszczonych, a kryteria te mają następujący zakres:

- natężenie ruchu 10-16 pociągów na dobę (dopuszczalne do 30),
- prędkość jazdy pociągów nie większa niż 100km/h,
- na odcinku nie kursują pociągi kwalifikowane [11].

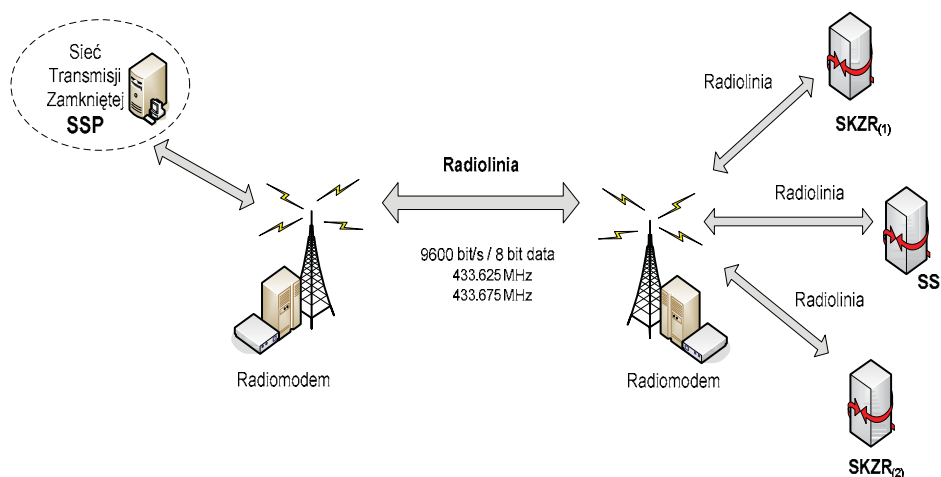
3. PROPOZYCJA REALIZACJI STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM Z WYKORZYSTANIEM NOWYCH TECHNOLOGII INFORMACYJNYCH

Zastosowanie nowych, publicznych standardów telekomunikacyjnych opartych na radiowych sieciach bezprzewodowych, przeważnie przedstawia norma EN-PN 50159-2010 [8]. Norma ta dopuszcza możliwość stosowania bezprzewodowych standardów transmisji pod warunkiem, że zapewniony jest ten sam poziom funkcjonalności i bezpieczeństwa, co w dotychczasowych realizacjach wykorzystujących transmisję kablową [2]. Podstawowym kryterium jest zapewnienie dopuszczalnego poziomu ryzyka (THR) zgodnie z obowiązującymi normami PN-EN 50 126 [9] i PN-EN 50 129 [10]. Oznacza to, że wskaźnik THR dla systemów srk zaliczonych do danego poziomu bezpieczeństwa SIL nie powinien przekroczyć przewidzianej dla tego poziomu maksymalnej wartości.

Na przykład dla systemów sterowania ruchem kolejowym odpowiedzialnych za bezpieczeństwo przyjmuje się wartość z przedziału $10^{-9} \leq \text{THR} < 10^{-8}$ dla poziomu SIL 4.

W koncepcji systemu ESTER (ESTER-ekonomiczny system zdalnego sterowania i kierowania ruchem kolejowym) systemu bezpiecznej transmisji zaproponowanej przez firmę KOMBUD S.A. w Radomiu [6] (rys. 2) zastosowano kanał radiowy (otwarty system transmisji) do przekazywania informacji w podsystemie urządzeń oddziaływania (występującymi w przejazdach kategorii B i C) sterownikami transmisji radiowej EST_KRG (informacje z głowic oraz polecenia dla Top) a odpowiadającym mu w kontenerze sterownikiem EST_KR (informacje rozsyłane w lokalnej sieci kontenerowej).

Zaznaczone na rysunku 2 podsystemy to: SKZR (system kontroli zajętości), system sterowania na stacji (SS) i system sygnalizacji przejazdowej (SSP). W tej koncepcji systemu bezpiecznej transmisji zastosowany został kanał radiowy (otwarty) do przekazywania informacji w podsystemie urządzeń oddziaływania. Kanał radiowy wykorzystywany jest do przekazywania informacji między sterownikami współpracującymi z czujnikami koła, a sterownikami systemu ssp. Taka konfiguracja pozwala na wyeliminowanie konieczności wykonywania połączeń kablowych od oddalonych od przejazdu punktów oddziaływania – czujników. W obecnej fazie badań eksperymentalnych połączenia radiowe traktowane są jako kanały rezerwowe, transmisja podstawowa wykorzystuje istniejące połączenia kablowe, światłowodowe i skrętki miedziane.



Rys.2. Struktura systemu sterowania ruchem kolejowym z transmisją radiową

System transmisji otwartej oparty jest na radiolinii zapewniającej kontrolę autoryzacji dostępu. Do celów łączności wybrane zostały radiomodemy Satellar firmy Satel. Transmisja odbywa się w kanale 433.725 MHz (odstęp sąsiednio-kanałowy 25 kHz) z prędkością w kanale radiowym do 19200 bit/s. Zastosowany sprzęt transmisyjny charakteryzuje się wysoką niezawodnością – MTBF około 525600 h, co zostało potwierdzone odpowiednim certyfikatem. Przyjęto telegramy zgodne z typem transmisji B0 (zgodnie z normą PN-EN 50 159), wykorzystując techniki kryptograficzne z kluczem tajnym oraz szyfrowanie danych w całości łącznie z kodem integralności danych. Jako algorytm szyfrowania przyjęto standard AES z kluczem 128-bitowym, do tak zaszyfrowanych danych dołączanych jest dodatkowy kod integralności danych, który pozwala na odrzucenie przekłamanych telegramów oraz zabezpiecza przed ich rozszyfrowaniem. Natomiast w celu kontroli integralności danych wykorzystano technikę kodowania nadmiarowego CRC, które zabezpiecza przed przypadkowymi błędami, pozwalając na wykrycie pojedynczych lub seryjnych błędów.

WNIOSKI

Analizując już przeprowadzone zabudowy urządzeń uproszczonych na sieci PKP PLK S.A. nie wszystkie w/w kryteria są spełnione. Chodzi tu o prędkość maksymalną pociągów. Na części modernizowanych szlaków (np. linia 356) ze środków Urzędów Marszałkowskich maksymalna prędkość po modernizacji dla pojazdów szynowych została podniesiona do 120km/h w celu zwiększenia przepustowości linii jak i wykorzystania możliwości technicznych szynobusów. Z tego względu autorzy proponują, aby wspomniane kryteria jak i inne nie wymienione tutaj dotyczyły linii przed modernizacją lub rewitalizacją [7]. Wynika to z możliwości jakie dają dziś technologie.

Należy też zwrócić uwagę na fakt, że nowe technologie komunikacyjne oparte na publicznych standardach transmisji radiowej stwarzają nowe możliwości w przypadku modernizacji linii regionalnych, tak jak to ma miejsce w przypadku przedstawionej linii nr 22 [6].

BIBLIOGRAFIA

1. Dyduch J., Pawlik M.: „Systemy automatycznej kontroli jazdy pociągu”, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2002
2. Lewiński A.: „Nowoczesne systemy telematyki kolejowej”, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2012

3. Lewiński A., Ukleja P.: „Sterowanie ruchem kolejowym na liniach regionalnych”, Materiały konferencji Logitrans 2012, Politechnika Radomska 2012, Logistyka Nr 3/2012 (płyta CD).
4. Grochowski K., Konopiński L.: „Kierowanie i sterowanie ruchem kolejowym w inteligentnym systemie transportowym”, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Seria Transport z. 61, Warszawa 2007
5. Kochan A., Karolak J.: „Badania podsystemu kontroli dyspozytorskiej”, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej Transport, Warszawa 2009
6. Materiały firmy KOMBUD S.A. w Radomiu
7. Materiały firmy SCHEIDT&BACHMANN POLSKA
8. Norma PN-EN 50 159-2010, *Zastosowania kolejowe. Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania. Transmisja w systemach sterowania ruchem kolejowym*
9. Norma PN-EN 50 126-2002, *Zastosowania kolejowe. Specyfikowanie i wykazywanie Nieuszkodzalności, Gotowości, Obsługiwalności i Bezpieczeństwa (RAMS): Wymagania podstawowe i procesy ogólnego przeznaczenia*
10. Norma PN-EN 50 129-2007, *Zastosowania kolejowe. Systemy łączności, przetwarzania danych i sterowania ruchem. Elektroniczne systemy sygnalizacji związane z bezpieczeństwem*
11. <http://www.plk-sa.pl/czytelnia/infrator/kierunki-rozwoju-urzadzen-srk-4852>

THE SAFETY CONTROL OF REGIONAL RAILWAY LINES

Abstract

The paper deals with very important problem of modern and efficient railway control for regional lines with traffic reduced to less than 20 pairs of trains per day. These lines are equipped with appropriate infrastructure (cross level systems, interlocking or line block control) but with regard to economic aspects all local systems must be integrated in one Local Control Centre.

Autorzy:

prof. dr hab. inż. Andrzej Lewiński - Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki,
mgr inż. Paweł Ukleja – doktorant na Wydziale Transportu i Elektrotechniki, Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu,