

Publiczne standardy transmisji bezprzewodowej w poprawie bezpieczeństwa w sterowaniu ruchem kolejowym

Public standards of wireless transmission for safety improvement of railway control



Andrzej Lewiński

Prof. dr hab. inż.

Uniwersytet Technologiczno –
Humanistyczny im. K. Pułaskiego
w Radomiu

a.lewinski@uthrad.pl



Tomasz Perzyński

Dr inż.

Uniwersytet Technologiczno –
Humanistyczny im. K. Pułaskiego
w Radomiu

t.perzynski@uthrad.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono koncepcje i rozwiązania związane z zastosowaniem standardów transmisji bezprzewodowej w systemach zarządzania i sterowania ruchem kolejowym. Przedstawione koncepcje znalazły swoje odzwierciedlenie w pracach naukowo – badawczych, których wyniki potwierdzają możliwość stosowania takich rozwiązań do bezpiecznego transferu danych zgodnie z wymaganiami przedstawionymi w specyfikacji SIL. We wszystkich przedstawionych rozwiązaniach można zaobserwować poprawę bezpieczeństwa w infrastrukturze kolejowej i sterowaniu. Zaproponowany w pracy aparat matematyczny w postaci procesów Markowa pozwolił na ocenę systemów przez analizę typowych parametrów niezawodnościowych.

Słowa kluczowe: Systemy sterowania ruchem kolejowym; Otwarte standardy transmisji; Bezpieczeństwo

Abstract: The paper deals concepts and solutions related to application of public, open wireless transmission in railway control and management systems. Presented concepts are connected with them research works, the obtained results confirm the possibility of such applications for safety transfer in railway systems corresponding to SIL classification. In all presented systems we can observe the improvement of safety in chosen elements of railway infrastructure and control. The proposed mathematical apparatus based on Markov processes allows to estimate the reliability parameters of all presented solutions.

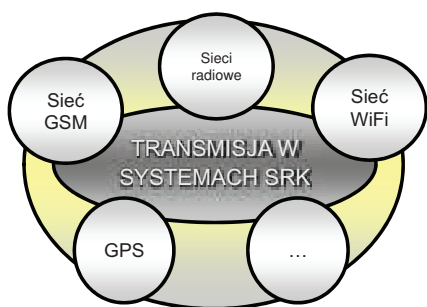
Keywords: Railway traffic control systems; Open standards for transmission; Security

Celem prezentowanego materiału było pokazanie, jak dostępne publiczne standardy transmisji bezprzewodowej mogą poprawić bezpieczeństwo na kolei. Od kiedy została opublikowana norma PN-EN 50 159-2011 podająca zasady stosowania otwartych systemów transmisji w zastosowaniach kolejowych czynione były próby aplikacji radiowych standardów publicznych w systemach zarządzania i sterowania ruchem kolejowym. Propozycje takich zastosowań są opracowywane m.in. na Wydziale Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno – Humanistycznego w Radomiu i Instytucie Kolejnictwa w Warszawie. Rozwiązania takie mogą stanowić inteligentne nakładki na już istniejące systemy i urządzenia poprawiające znacznie funkcjonalność przy zachowaniu wymaganego poziomu bezpieczeństwa zgodnie z klasyfikacją SIL (ang.

Safety Integrity Levels).

Na bazie analizy procesów Markowa możliwe było przeprowadzenie analizy pod kątem oszacowania charakterystycznych dla tych systemów wskaźników bezpieczeństwa. Osiągnięte w pracy wyniki analizy matematycznej potwierdzają zasadność stosowania takich rozwiązań. W pracy przedstawiono zarówno wdrożone już realizacje takich systemów (system sterowania ruchem z transmisją radiową pomiędzy podsystemami sygnalizacji przejazdowej i podsystemami kontroli zajętości torów), przedstawione już w wielu publikacjach systemy (system ostrzegania kierowców na przejazdach bez zapór, system zmiennego odstępu blokowego, system wspomagający ratownictwo w przypadku wystąpienia wypadków i katastrof), ale też niepublikowane propozycje systemów (system ostrzegania o konflikcie pociągów na szlaku).

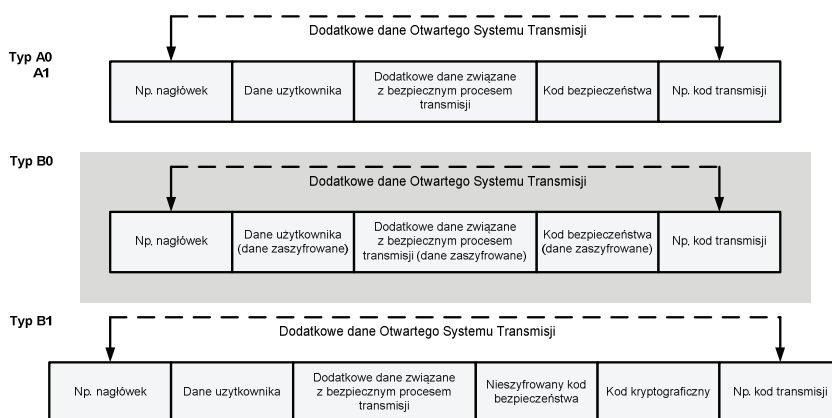
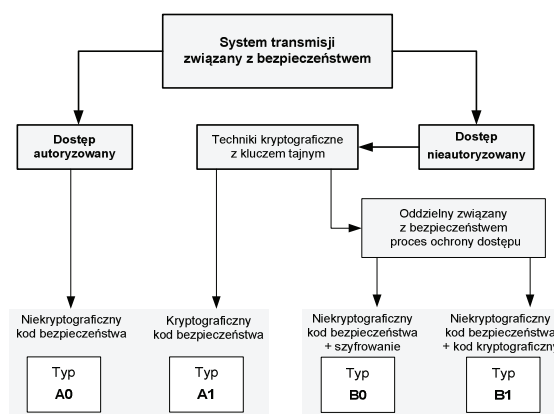
Bezpieczna transmisja w systemach sterowania ruchem kolejowym musi spełniać wymagania i zalecenia określone w obowiązujących właściwych normach PN-EN 50159: 2010 [25]. Bezpieczeństwo transmisji jest analizowane na poziomie systemu sterowania jako jego element (norma PN-EN50126) oraz jest istotnie związana ze sprzętem i oprogramowaniem, co uwzględniają obowiązujące dla systemów kolejowych normy PN-EN 50129, PN-EN 50128. Realizacja transmisji informacji musi być przeprowadzona w taki sposób, aby możliwa była jak najszybsza detekcja błędnych informacji, a przerwa w łączu transmisyjnym musi spowodować przejście systemu do „stanu bezpiecznego” zgodnie z procedurą określoną dla rozpatrywanego systemu srk. Stan ten jest definiowany dla poszczególnych typów systemów indywidualnie i tak np. „stan bezpiecz-



1. Otwarte standardy transmisji w systemach srk

ny” w systemach zliczania osi oznacza sygnalizację stanu „odcinek zajęty”, dla sygnalizacji przejazdowej „stan bezpieczny” może oznaczać załączenie ostrzegania o zbliżaniu się pociągu, a w systemach sygnalizacji wymuszenie wyświetlenia na semaforze „sygnału zabraniającego S1”. Dlatego też w celu zapewnienia prawidłowego działania systemu srk należy zastosować odpowiednie środki zabezpieczające przed przekłamaniami lub utratą informacji będących skutkiem zakłóceń bądź nieświadomej lub celowej (nieuprawnionej) działalności obsługi. W przypadku bezpiecznych systemów transmisji informacje muszą być zabezpieczone dodatkowymi bitami lub zakodowane. Dopuszcza się stosowanie innych środków zabezpieczających, o ile będą one zapewniać wymagany poziom bezpieczeństwa.

Wprowadzany system transmisji otwartej wykorzystującej publiczne sieci radiowe powinien zapewnić dotychczasowy poziom bezpieczeństwa (zgodny z klasyfikacją SIL, wynikający z norm PN-EN 5012x) oraz nie gorszy od poziomu funkcjonalności w istniejących systemach (dotyczy to zwłaszcza opóźnień i przerw w transmisji). W systemach transmisji otwartej transmisja prowadzona jest z wykorzystaniem sieci radiowej, sieci Internet lub poprzez inne łącza współdzielone o publicznym dostępie. Oznacza to, że informacje przesyłane są przez system transmisji dostępny dla nieuprawnionych użytkowników, przez co przesyłane dane mogą być narażone na ataki takie jak np. usunięcie lub podszycie się nadawców pod urządzenia srk pracujące w sieci. W odniesieniu do systemów srk szczególną uwagę należy położyć na oszacowanie poziomu ryzyka (norma PN-EN 50126). Intensywność



2. Klasyfikacja zabezpieczeń transmisji dla systemów transmisji otwartej (a) Struktura informacji w systemach bezpiecznej transmisji zgodnie z normą PN-EN 50159 (b)

uszkodzeń dla ustalonego poziomu SIL określają normy: PN-EN 50126, PN-EN 50128, PN-EN 50129.

W systemach transmisji otwartej (STO) transmisja prowadzona jest z wykorzystaniem sieci radiowej, sieci Internet lub poprzez inne łącza współdzielone o publicznym dostępie. Przedstawia to schematycznie rys. 1. Z kolei w tabeli 1. przedstawiono dostępne standardy radiowe wykorzystywane w publicznej transmisji bezprzewodowej z uwzględnieniem głównego parametru – prędkości transmisji. Nie uwzględnione zostały rozwiązania oparte o licencjonowane systemy dedykowanej transmisji radiowej wykorzystującej autoryzowany dostęp (nie są więc to

standardy publiczne) stosowane w różnych zastosowaniach biznesowych (komercyjnych), przemysłowych, w tym również w niektórych systemach automatyki kolejowej.

Medium bezprzewodowe jest dużo bardziej podatne na podsłuch niż medium przewodowe, przez co jest wrażliwe na niepożądane działania osób do tego nieupoważnionych, których celem jest nieautoryzowane zdobycie informacji, a często również wprowadzenie szkodliwych danych do sieci. Zgodnie z obowiązującymi normami PN-EN 50159 otwarty system transmisji narażony jest na następujące, podstawowe typy zagrożeń:

- Celowe lub niecelowe „podszycie

Tab. 1. Parametry standardów bezprzewodowych (oprac. na podstawie [7])

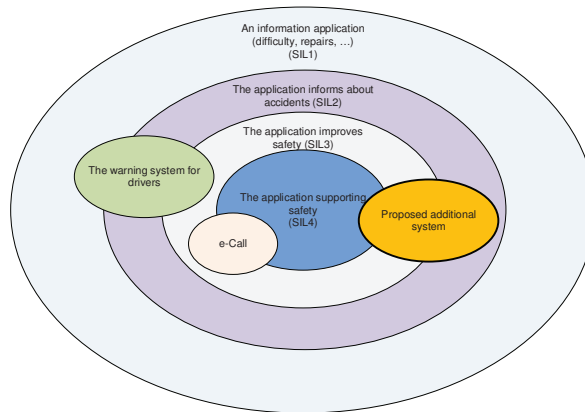
Parametr	2,5 G	3G	LTE	WiMax
Standard	GPRS, EDGE	UMTS, HSPA	3GPP Release 8	IEEE 802.16e
Zasięg od nadajnika	10km	2km	5-30-100 km	5-15 km
Downlink	200kb/s	384kb/s - 7,2Mb/s	43 Mb/s	2-4 Mb/s
Uplink	80kb/s	160 kb/s - 2Mb/s	5 Mb/s	512 kb/s - 2Mb/s
Vmax terminala	250km/h	250 km/h	250 km/h	120 km/h
Opóźnienie	>500ms	50-200 ms	20-40 ms	30-50 ms

się” innego systemu pod system srk,

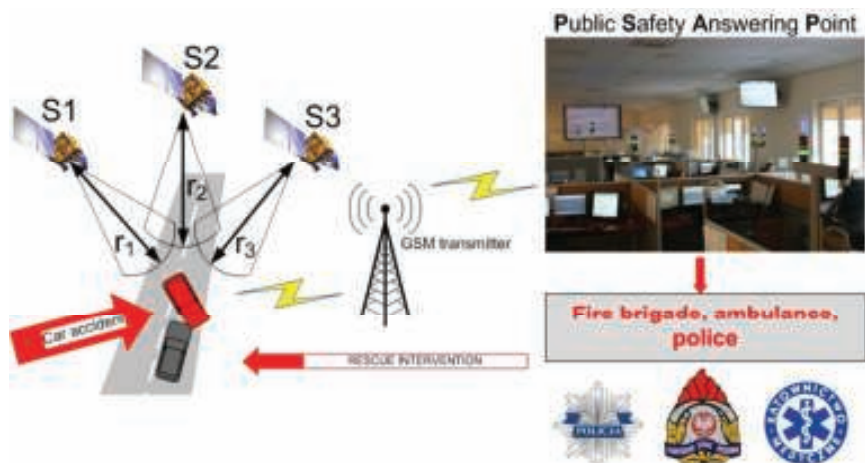
- Ataki w celu uzyskania dostępu do przesyłanych informacji lub podsyłanie przetworzonych pakietów,
- Usunięcie, modyfikacja lub przekierowanie telegramów,
- Zmiana kolejności lub powtórzenie telegramów,
- Opóźnienia telegramów.

Oznacza to, że informacje przesyłane są przez system transmisji dostępne dla nieuprawnionych użytkowników, przez co przesyłane dane mogą być narażone na ataki takie jak np usunięcie lub podszycie się nadawców pod urządzenia srk pracujące w sieci. W odniesieniu do systemów srk szczególną uwagę należy położyć na oszacowanie poziomu ryzyka (norma PN-EN 50126). Intensywność uszkodzeń dla ustalonego poziomu SIL określają normy: PN-EN 50126, PN-EN 50128, PN-EN 50129. Zastosowanie transmisji radiowej w systemach kolejowych pozwala na opracowanie i implementację nowych rozwiązań szczególnie na liniach o mniejszym znaczeniu transportowym. Szczegóły dotyczące zastosowania takiej transmisji zawarto w dedykowanej dla transportu kolejowego normie PN-EN 50159: 2011 (Zastosowania kolejowe. Systemy łączności, sterowania ruchem i przetwarzania danych. Łączność bezpieczna w systemach transmisyjnych).

W celu przeciwdziałaniu takim zagrożeniom we wspomnianym standardzie PN-EN 50159 zalecane są specjalne procedury szyfrowania przesyłanych wiadomości, w zależności od sposobu autoryzacji i jakości połączenia, przedstawione na rys. 2.a. Podstawowy standard A0 dotyczy w zasadzie transmisji zamkniętej z pełną autoryzacją nadawcy i odbiorcy informacji. Ten sposób transmisji jest stosowany we wszystkich obecnie eksploatowanych systemach sterowania ruchem kolejowym, w celu podniesienia niezawodności stosowany jest kontroli integralności danych CRC 32 dla ciała telegramu i CRC 8 dla nagłówka telegramu (sposób formatowania informacji przedstawia rys. 2.b). Zaznaczony standard B0 jest obecnie podstawową



3. Propozycje wykorzystania standardów bezprzewodowych w zarządzaniu i sterowaniu ruchem kolejowym



4. System e-call dla transportu kolejowego

metodą zabezpieczenia telegramów w transmisji otwartej w zastosowaniach zarządzania i sterowania ruchem kolejowym.

Charakterystyka dostępnych standardów bezprzewodowych stosowanych w kolejnictwie polskim

Pierwsze badania związane z możliwościami zastosowania publicznych w automatyce kolejowej zostały podjęte na początku XXI wieku. Pierwszą opublikowaną aplikacją był system ostrzegania kierowców na niestrzeżonych przejazdach kolejowych i przejazdach bez zapór (kategorii C) [2], następną był system prowadzenia pociągu w oparciu o ruchomy odstęp blokowy. Kolejne aplikacja wiązała się z kolejową realizacją numeru ratunkowego 112 [3], zaś następnie, przedstawione w tej pracy propozycje dotyczą wykorzystania publicznych standardów komunikacji radiowej w podniesienia poziomu bezpieczeństwa w ruchu kolejowym. Ten stan badań został przedstawiony na rys. 3. *Rozszerzenie systemu e-call dla kolei*

Naturalnym rozszerzeniem aplikacji e-call opracowanej dla transportu samochodowego była analogiczna propozycja dla transportu kolejowego [3] przedstawiona na rys. 4. W przypadku wykrytej awarii pociągu lub katastrofy system ten powinien przekazać do dyspozytora (dyżurnego ruchu) przez system GSM/GSM-R informację o położeniu na szlaku (lokalizacja GPS z dokładnością do 10 m), rodzaju zdarzenia (awarii/katastrofy), ilości pasażerów, itp. informacja taka może być wygenerowana automatycznie (bez udziału obsługi pociągu) na podstawie wskazań czujników zainstalowanych w pojeździe.

System ostrzegania na przejazdach kolejowych bez zapór

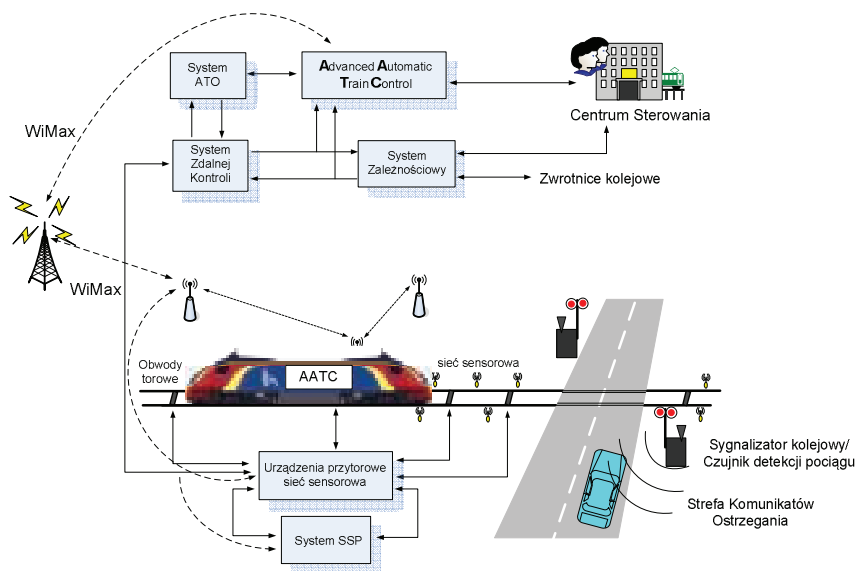
Kolejną propozycją był system ostrzegania na przejazdach [4] (przedstawiony na rys. 5), gdzie informacja o pociągu w obrębie skrzyżowania była poprzez sieć WiFi była przekazywana do pojazdów samochodowych w okolicy skrzyżowania bez zapór (obszar około 1-3 km).

Ogólna koncepcja transmisji radiowej pomiędzy podsystemami

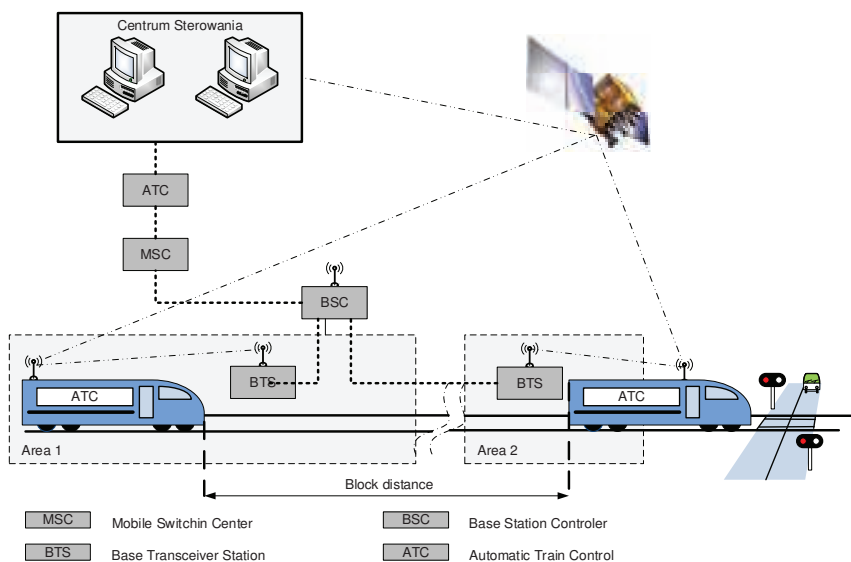
W przyjętym modelu kanał radiowy wykorzystywany jest do przekazywania informacji między sterownikami współpracującymi z czujnikami koła a sterownikami systemu ssp umieszczonymi w kontenerze. Taka konfiguracja pozwala na wyeliminowanie konieczności wykonywania połączeń kablowych od oddalonych od przejazdu punktów oddziaływania (czujników). W tym przypadku przyjęto metodę porównania standardowych parametrów charakteryzujących system ssp oparty o system wymiany telegramów siecią w układzie zamkniętym (sieć kablowa) – systemy takie są powszechnie eksploatowane na sieci PKP PLK S.A. – oraz wyznaczenia parametrów dla sieci transmisji w układzie otwartym (tak, aby możliwe było stwierdzenie czy nie został naruszony, obniżony, poziom SIL). W rozpatrywanym przypadku kanał transmisji otwartej oparty został na wydzielonej radiolinii, co zapewnia m.in. kontrolę autoryzacji dostępu. Na rys. 7a przedstawiono podobne radiolinie do komunikacji ze sterownikami stacyjnymi (SS) i systemem kontroli niezajętości torów.

W systemie ESTER przyjęto telegramy zgodne z typem transmisji B0 (nie wyklucza się zastosowanie nieautoryzowanego dostępu, wymagane jest szyfrowanie, nie jest wymagany kryptograficzny kod bezpieczeństwa), 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 CRC, które zabezpieczają przed przypadkowymi błędami pozwalając wykrycie pojedynczych lub seryjnych błędów.

W systemie ESTER przyjęto telegramy zgodne z typem transmisji B0 (nie wyklucza się zastosowanie nieautoryzowanego dostępu, wymagane jest szyfrowanie, nie jest wymagany kryptograficzny kod bezpieczeństwa), wykorzystując techniki kryptograficz-



5. Koncepcja systemu ostrzegania kierowców na przejazdach niestrzeżonych i bez zapór



6. System zmiennego odstępu blokowego

Zmienny odstęp blokowy

Na rys. 6 przedstawiono koncepcję systemu wykorzystującego metodę zmiennego odstępu blokowego w zarządzaniu i sterowaniu ruchem pociągów. Idea tego rozwiązania polega na aktualizacji przy pomocy GPS pozycjonowania pociągu i uwzględniając awaryjne hamowanie (zgodnie z krzywą hamowania) dopasowanie prędkości do realnej pozycji pociągu przed aktualnie jadącym i zaleceń centrum sterowania [5]. System ten znacznie poprawia funkcjonalność przy zachowaniu wymaganego poziomu bezpieczeństwa (SIL4).

Implementacja Systemu Sterowania Ruchem z transmisją radiową

W ciągu ostatnich lat przeprowadzone zostały badania nad zastosowaniem publicznych standardów transmisji do sterowania ruchem kolejowym. Ważnym przykładem tego typu aplikacji jest system ESTER opracowany w firmie KOMBUD [3], [7] i zainstalowany na linii Radom – Tomaszów Mazowiecki. W tej propozycji koncepcji systemu bezpiecznej transmisji zastosowany został kanał radiowy (otwarty system transmisji) do przekazywania informacji w podsystemie urządzeń oddziaływania. Analiza prowadzona była w odniesieniu do systemu zabezpieczenia przejazdu kolejowego.

ne 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 CRC, które zabezpieczają przed przypadkowymi błędami pozwalając wykrycie pojedynczych lub seryjnych błędów.

Radiowa transmisja pomiędzy układami podsystemu

W systemie ESTER zastosowano też radiową transmisję pomiędzy rozproszonymi elementami – sterownikami tarcz manewrowych, co przedstawia rys. 7.b. Kanał radiowy z wykorzystaniem radiomodemu przemysłowego zastąpił w tym przypadku standardowe połączenie kablowe oparte na standardzie PROFIBUS (IEEE 485).

Propozycje wykorzystania publicznych standardów transmisji w celu poprawy bezpieczeństwa na kolei - system zapobiegający kolizjom

Dodatkowym elementem zwiększającym bezpieczeństwo prowadzenia pociągów może być system oparty na przemysłowych sieciach WiFi czy WiMax, rys. 8. W przypadku linii regionalnych, gdzie prędkość pociągów jest poniżej 120 km/h, rozwiązania takie mogą okazać się pomocne. Zakładając, iż minimalny odstęp blokowy pomiędzy pojazdami wynosi 1600m, zastosowanie sieci o zasięgu 10km może okazać się wystarczające.

Ogólna koncepcja systemu

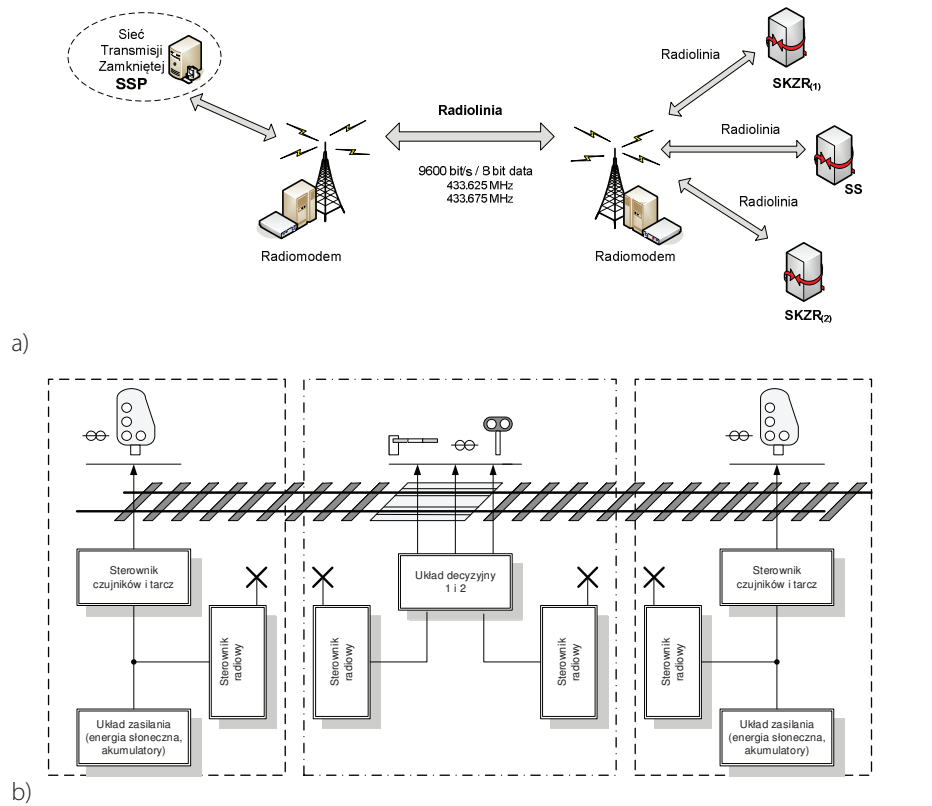
Dodatkowy panel zainstalowany w kabinie maszynisty może informować o zbliżającym się pociągu bądź o zbliżeniu się do niego. Dodatkowe informacje, pozwolą na identyfikację pojazdu oraz wskazaniu toru po którym się porusza.

Proponowane rozwiązanie nie ingeruje w istniejącą infrastrukturę kolejową i nie stanowi elementu zarządzania i kierowania ruchem kolejowym. Może jedynie stanowić dodatkowy system

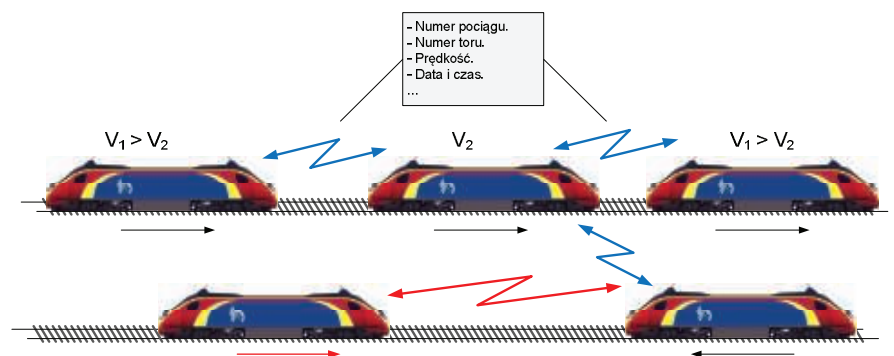
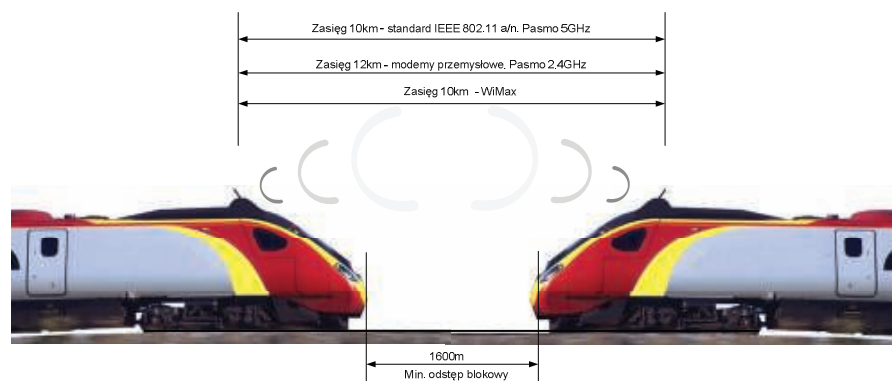
pozwalający na lepszą ocenę przez maszynistę sytuacji na szlaku. Obecnie stosowane rozwiązania pozwalają na taki podgląd tylko dyżurnym ruchu na danym odcinku.

Analiza dostępności i bezpieczeństwa

W celu przeprowadzenia analizy zaproponowano procesy Markowa. Z uwagi na specyfikę systemów przeznaczonych do sterowania i zarządzania



7. Transmisja radiowa pomiędzy podsystemami w Systemie ESTER (a), Transmisja radiowa pomiędzy układami w podsystemie zależnościowym dla stacji (b)



8. Informacja o pociągach w otoczeniu (a) koncepcja (b) struktura informacji

Tab. 2. Założenia dla systemu ostrzegania przed kolizją.

Lp.	Parametr	Wartość
1.	λ	12/h
2.	λ_1	$\lambda_1 = \lambda \cdot p$
3.	p	0.001%, 0.01%, 0.1%, 1%, 10%, 50%
4.	μ_1	30/h
5.	μ_2	$\mu_2 = \mu_1 \cdot (1 - p_{rc})$
6.	μ_3	4h

Tab. 3. Porównanie wyników.

Lp.	Prawdopodobieństwo sytuacji niebezpiecznej	Wartość dostępności A Model bez dodatkowego systemem	Wartość dostępności A Model z dodatkowym systemem
1.	0.001%	0.999520230289461	0.999999840005975
2.	0.01%	0.995223	0.9999998400117581
3.	0.1%	0.954198	0.999998
4.	1%	0.675676	0.999984
5.	10%	0.172414	0.999846

ruchem kolejowym oraz związany z tym restrykcyjnymi normami, procesy Markowa spełniają wymagania tych norm, jako jedno z narzędzi analizy bezpieczeństwa.

Niepożądanym stanem w systemie jest stan niedostępności spowodowany awarią (katastrofą). Rozwiązując odpowiedni układ równań różniczkowych dla modelu systemu dostępność wyraża się wzorem:

$$A = 1 - \lim_{t \rightarrow \infty} P_{nieb.}(t) = \frac{\mu_3}{\lambda_1 + \mu_3} \quad (1)$$

gdzie:

- λ_1 – intensywność zgłoszeń krytycznych,
- μ_3 – czas powrotu do pełnej sprawności, przywrócenie ruchu.

Przy wprowadzeniu dodatkowego systemu informowania, tak zdefiniowana dostępność jest określona w następujący sposób:

$$A = 1 - \lim_{t \rightarrow \infty} P_{nieb.}(t) = 1 - \frac{\lambda_1 \mu_2}{(\mu_1 + \mu_2) \cdot \mu_3 + \lambda_1 \cdot (\mu_2 + \mu_3)}$$

gdzie:

- λ – intensywność zgłoszeń – wystających meldunków na linii,
- λ_1 – intensywność zgłoszeń krytycznych,
- p – prawdopodobieństwo sytuacji krytycznej,
- μ – czas obsługi,
- μ_1 – czas obsługi sytuacji awaryjnej,

μ_2 – intensywność przejść do stanu sytuacji awaryjnej,

μ_3 – czas powrotu do pełnej sprawności, przywrócenie ruchu.

W celu przeprowadzenia analizy dokonano odpowiednich obliczeń na podstawie typowych parametrów i oszacowań typowych dla linii kolejowych, w tym tych modernizowanych.

Porównanie bezpieczeństwa systemu tradycyjnego z systemem do dodatkowym

W Tabeli 2 przedstawione zostały typowe parametry proponowanego systemu ostrzegania w stosunku do średniego natężenia ruchu pociągu na szlaku. Przyjęto wartość prawdopodobieństwa poprawnej reakcji obsługi pociągu PFC na poziomie 0.999 (typowa wartość przyjmowana do analizy w UE).

W tabeli 3 przedstawiono porównanie wyników z analizy obu systemów, podstawowego i z dodatkowym ostrzeganiem w funkcji podstawowego parametru – prawdopodobieństwa wystąpienia sytuacji niebezpiecznej (większe wartości odpowiadają ograniczeniom spowodowanym np. wyłączeniem szlaku spowodowanym modernizacją).

Otrzymane wyniki potwierdzają założenia, iż zastosowanie proponowanych rozwiązań może przyczynić się do podniesienia bezpieczeństwa ruchu pociągów. Implementacja dedykowanego GSM-R oraz dodatkowych roz-

wiązań opartych o sieci WiFi, radiowe czy publiczny GSM, dodatkowo może przyczynić się do zwiększenia poziomu bezpieczeństwa. Zaproponowany model oparty na procesach Markowa pozwolił na oszacowanie wartości dostępności oraz porównanie oszacowanych wyników zaproponowanych modeli. Ważną kwestią w przypadku stosowania otwartych sieci radiowych jest problem bezpieczeństwa, jednak stosując odpowiednie mechanizmy zabezpieczeń transmisji w sieciach otwartych oraz stosując typowe elementy transmisyjne (np. modemy) możliwe jest osiągnięcie bezpieczeństwa transmisji na poziomie bezpieczeństwa SIL-4.

Wnioski

Autorzy zaproponowali szereg rozwiązań pozwalających poprawić bezpieczeństwo na kolei przy wykorzystaniu publicznych standardów transmisji bezprzewodowej. Przedstawione koncepcje są naturalnym rozszerzeniem rozwiązań stosowanych w innych gałęziach transportu. Przeprowadzone analizy i badania symulacyjne wyraźnie pokazują, że zastosowanie w każdym przypadku dodatkowego łącza transmisji wykorzystującego otwarte (publiczne) standardy transmisji zmniejszają o co najmniej dwa rzędy wielkości prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji krytycznej. Ale, tak jak to miejsce w systemie zarządzania i sterowania ruchem kolejowym opartym na zasadzie ruchomego odstępu blokowego, istnieje możliwość znacznej poprawy funkcjonalności (zwiększenie przepustowości linii) przy zachowaniu wymaganego poziomu bezpieczeństwa zgodnie z wymaganiami obowiązujących norm PN-EN 5012x.

Bezprzewodowe standardy transmisji rozwijają się dynamicznie, dotyczy to nie tylko prędkości transferu danych (na co ma wpływ np. technologia LTE), ale też istotnego zmniejszenia czasu opóźnienia transmisji oraz zasięgu zwłaszcza na takich niezurbanizowanych terenach przez które przebiegają linie kolejowe. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 585/2014/UE z dnia 15 maja 2014 r. w sprawie wdrożenia interoperacyjnej usługi eCall na terenie całej UE (Dz.U. L 164 z 3.6.2014, s. 6)
- [2] A. Lewiński, „Nowoczesne systemy telematyki kolejowej”, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom, 2012, ISBN 978- 83- 7351-506-2
- [3] A. Lewiński, T. Perzyński, A. Toruń: „The Analysis of Open Transmission Standards in Railway Control and Management”, materiały Międzynarodowej Konferencji TRANSPORT SYSTEMS TELEMATICS TST 2012, 10-13.10.2012, Communications in Computer and Information Science 329), Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012
- [4] A. Lewiński, L. Bester: „The Analysis of Transmission Parameters in Railway Cross Level Protection Systems with Additional Warning of Car Drivers”, materiały Międzynarodowej Konferencji TRANSPORT SYSTEMS TELEMATICS TST 2012, 10-13.10.2012, Communications in Computer and Information Science 329), Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012
- [5] Lewiński A., Toruń A.: „The efficiency analysis of train monitoring system applying the Changeable Block Distance method”, 23-26.10.2013, materiały Międzynarodowej Konferencji TRANSPORT SYSTEMS TELEMATICS TST2013, monografia, COMMUNICATIONS IN COMPUTER AND INFORMATION SIENCE (395), Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013
- [6] Lewiński A., Łukasik Z., Perzyński T., Ukleja P.: „The Future Generation of Railway Control Systems For Regional Lines Including New Telematic Solutions”. Archives of Transport Systems Telematics, volume 7, issue 3, 2014. (s. 13-17). ISSN 1899-8208
- [7] Lewiński A., Łukasik Z., Toruń A.: „The application of public radio transmission standards in innovative railway automation systems”. Journal of KONBiN 2(26) 2013, s. 123-136, ISSN 1895-8281
- [8] Lewiński A., Perzyński T., Toruń A.: “Risk Analysis as a Basic Method of Safety Transmission System Certification”. Communications In Computer and Information Science no. 239. Springer 2011
- [9] Sumiła M.: „Pozyskiwanie informacji w systemach ITS”. Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, z 100. Warszawa 2013

REKLAMA

 **BAMAAR**
MASZINY BUDOWLANE

Wielofunkcyjna maszyna HUDDIG w zastosowaniach robót kolejowych



Copyrights
FPHU BAMAAR 2016