

Dr inż. Sławomir Gajewski,  
Dr inż. Małgorzata Gajewska,  
Mgr inż. Marcin Sokół,  
Dr hab. inż. Ryszard J. Katulski  
Politechnika Gdańska  
Mgr Andrzej Pawłowski  
PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

# SYSTEM MONITOROWANIA I NADZORU RUCHU KOLEJOWEGO

## SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie
2. Perspektywy rozwoju pasażerskiego segmentu przewozów kolejowych w Polsce
3. Podstawowe założenia systemu InnoRAIL
4. Podsystemy składowe oraz podstawowe funkcje systemu
5. Podsumowanie

## STRESZCZENIE

*W artykule omówiono koncepcję oraz podstawowe założenia funkcjonalne Systemu Monitorowania i Nadzoru Ruchu Kolejowego o nazwie InnoRAIL, który pozwoli na zniwelowanie bariery technologicznej w dostępie pasażerów do informacji o aktualnych położeniach i opóźnieniach pociągów. Kluczowym zadaniem systemu będzie przekazywanie do podróżnych i załóg pociągów informacji pochodzących z systemów SEPE oraz SITKol, przekazywanych za pośrednictwem różnych kanałów dystrybucyjnych. Przedstawiono architekturę systemu, jego podstawowe funkcje oraz sposób przepływu danych do odbiorców systemu za pośrednictwem dedykowanych kanałów komunikacyjnych. Omówiono również podsystemy tworzące system InnoRAIL, które będą realizować funkcje bazowe systemu.*

## 1. WPROWADZENIE

Wymagania stawiane obecnie nowoczesnym systemom przewozowym w pasażerskim segmencie transportu kolejowego, to przede wszystkim: wygoda podróżowania, szybkość przemieszczania się, bezpieczeństwo świadczonych przez kolej usług oraz duża zdolność przewozowa [5]. Do realizacji tych wymagań, oprócz modernizacji istniejącej infrastruktury kolejowej, jest niezbędne także stopniowe wprowadzanie przez kolej inno-

wacyjnych rozwiązań teleinformatycznych, przeznaczonych głównie dla klientów spółek przewozowych. Aby sprostać konkurencji, transport kolejowy powinien w możliwie największym stopniu spełniać oczekiwania nabywców i otworzyć się na nowe rozwiązania informatyczne, szczególnie te, które mogą w sposób istotny podnieść jego atrakcyjność. Oczekiwania podróżnych są z reguły konkretyzowane i formułowane w postaci tzw. postulatów przewozowych, które jednoznacznie wskazują na potrzebę wdrożenia tego typu rozwiązań. Odpowiedzią na większość tych postulatów jest system InnoRAIL, który będzie stanowił zintegrowany system teleinformatyczny (w kontekście realizowanych funkcji), przeznaczony do monitorowania i zdalnego przekazywania informacji związanych z prowadzeniem ruchu kolejowego oraz opóźnieniami w ruchu pociągów. Głównymi klientami usług oferowanych przez system będą pasażerowie przewoźników kolejowych, na potrzeby których będzie opracowana zdecydowana większość funkcji systemu. Sama propozycja i koncepcja systemu InnoRAIL są bezpośrednią odpowiedzią na:

- „Master Plan dla Transportu Kolejowego w Polsce do 2030 roku” przygotowany przez Ministerstwo Infrastruktury w 2008 roku, w części poświęconej działaniom inwestycyjnym w infrastrukturę niekonwencjonalną, obejmującą *wszechstronne systemy informacji dla pasażerów dostępne w pojazdach kolejowych, na dworcach i stacjach, a także za pośrednictwem Internetu* [5].
- oczekiwania zarządcy infrastruktury kolejowej (którym są aktualnie w Polsce PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.) oraz pasażerów i klientów kolei.

## 2. PERSPEKTYWY ROZWOJU PASAŻERSKIEGO SEGMENTU PRZEWOZÓW KOLEJOWYCH W POLSCE

Prognozy przedstawione w [5] pokazują jednoznacznie, że szacowana liczba pasażerów w przewozach kolejowych w Polsce będzie systematycznie wzrastać do 2030 roku (tablice 1 i 2). Autorzy przewidują, że szczególnie silne tempo wzrostu liczby przewożonych pasażerów nastąpi w przypadku, gdy podmioty związane z szeroko rozumianym rynkiem kolejowym zainwestują w rozwój nowoczesnych usług, służących poprawie komfortu podróżowania klientów różnych przewoźników. Prognozy i badania pokazują zatem pośrednio, że system InnoRAIL, stanowiący istotny krok w kierunku rozwoju tych usług, może przyczynić się pośrednio do znaczącego wzrostu liczby przewożonych pasażerów oraz wymiennie może wpłynąć na poziom bezpieczeństwa usług świadczonych przez spółki kolejowe [2, 8].

Należy także podkreślić, iż oprócz pasażerów, którzy będą kluczowymi odbiorcami usług, system InnoRAIL może być także z powodzeniem użytkowany przez instytucje odpowiedzialne za nadzór nad ruchem kolejowym, przez załogi pociągów oraz instytucje i firmy przewozowe. Szczególnie warta podkreślenia jest użyteczność proponowanego rozwiązania w sytuacjach awaryjnych i kryzysowych, bowiem głównym zadaniem systemu będzie informowanie podróżnych oraz załóg pociągów o bieżącej sytuacji zwią-



zanej z prowadzeniem ruchu kolejowego, za pośrednictwem różnych kanałów informacyjnych, opisanych w dalszej części artykułu. Funkcje systemu będą realizowane przez odpowiednie urządzenia oraz oprogramowanie przeznaczone do przekazu informacji za pośrednictwem telekomunikacyjnych sieci radiowych i stacjonarnych (w tym radiokomunikacyjnych i Internetu). Informacje te będą przekazywane osobom zainteresowanym (przede wszystkim podróżnym), znajdującym się w pociągach, na dworcach/peronach kolejowych oraz w dowolnej innej lokalizacji, z poziomu której będzie możliwy dostęp do zasobów sieci Internet. Będzie również możliwe uzyskanie przez podróżnych różnych informacji za pośrednictwem usługi SMS (ang. *Short Message Service*).

Tablica 1

**Prognozowana liczba pasażerów wyrażona w [mln pasażerów/rok] w przewozach kolejowych do 2030 roku przy założeniu, że będą kontynuowane dotychczasowe trendy wynikające z niedostatecznych inwestycji w infrastrukturę sieci kolejowej (źródło: [5])**

Międzynarodowe	2,5	2,5	2,5	2,5
Ekspresowe, IC	6,8	7,2	7,6	8,0
Pospieszne	46,6	47,6	48,3	48,9
Osobowe (bez aglomeracyjnych)	88,7	83,6	78,9	74,5
Aglomeracyjne	120,0	122,8	125,6	128,4
Suma	264,7	263,7	262,9	262,3

Tablica 2

**Prognozowana liczba pasażerów wyrażona w [mln pasażerów/rok] w przewozach kolejowych do 2030 roku przy założeniu, że pasażerom zostaną zaoferowane nowe, atrakcyjniejsze usługi i że realizowany będzie program poprawy stanu infrastruktury sieci kolejowej (źródło: [5])**

Międzynarodowe	3,4	3,8	4,2	4,5
Ekspresowe, IC	9,3	11,3	13,0	14,7
Pospieszne	63,6	74,3	82,2	89,2
Osobowe (bez aglomeracyjnych)	118,6	127,6	130,3	131,5
Aglomeracyjne	163,7	192,7	214,7	236,1
Suma	358,5	409,7	444,4	476,0



### 3. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA SYSTEMU InnoRAIL

Głównym źródłem danych, przesyłanych do użytkowników proponowanego systemu, będzie System Ewidencji Pracy Eksploatacyjnej (w skrócie SEPE), wykorzystywany aktualnie przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. System SEPE jest istotnym narzędziem pracy dyspozytorskiej pracowników PKP PLK S.A., dlatego też integracja obu systemów jest tutaj szczególnie ważna [7, 9]. Ponadto będzie możliwa integracja proponowanego systemu z innymi systemami użytkowymi obecnie lub w przyszłości przez PKP PLK S.A., m.in. do koordynowania ruchu pociągów oraz z Systemem Informacyjnym Obsługi Transportu Kolejowego (w skrócie SITKol) [1].

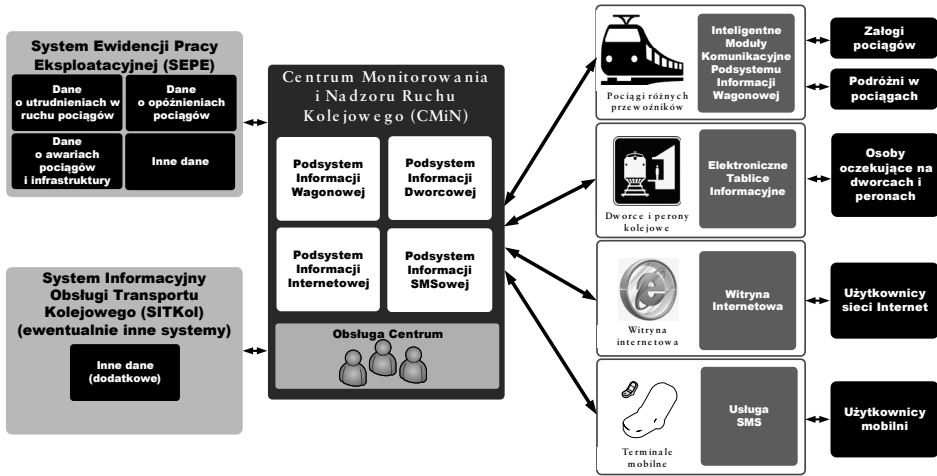
Kluczową funkcją systemu InnoRAIL będzie zdalne przekazywanie podróżnym i załogom pociągów informacji dotyczących głównie utrudnień w ruchu, przewidywanych opóźnień pociągów, ewentualnych awarii oraz innych danych, istotnych z punktu widzenia zarządzania ruchem, których zakres będzie uzależniony od konfiguracji systemu i wymagań jego zarządcy. System InnoRAIL pozwoli zatem na lepsze wykorzystanie możliwości systemów SEPE i SITKol oraz na zniwelowanie bariery technologicznej w dostępie pasażerów do informacji o położeniach i opóźnieniach pociągów, co wpłynie na poprawę komfortu ich podróżowania zarówno w warunkach normalnych, awaryjnych, jak i kryzysowych. Dzięki wykorzystaniu proponowanego systemu podmiot zarządzający infrastrukturą kolejową, jak również przewoźnicy, będą mogli uzyskać dostęp do wielu nowoczesnych usług, które będą mogli świadczyć podróżnym na ustalonych przez siebie warunkach. Sposób przekazu oraz zakres informacji przesyłanych w systemie, przeznaczonych dla różnych grup użytkowników, np. obsługi Centrum Monitorowania i Nadzoru Ruchu Kolejowego (w skrócie CMiN), załóg pociągów, przedstawicieli przewoźników, pasażerów itp., będzie uzależniony od zarządcy, który będzie miał możliwość elastycznego dostosowywania systemu do bieżących wymagań i oczekiwań pasażerów.

Warto również podkreślić, iż szczególnie ważna będzie także współpraca zarządcy systemu z przewoźnikami, która jest niezbędna do skutecznego wdrożenia proponowanego systemu. Funkcję zarządcy systemu InnoRAIL będzie pełnił podmiot zarządzający infrastrukturą kolejową, który za pośrednictwem CMiN (rys. 1), będzie sprawować nadzór nad całym systemem. Centrum Monitorowania i Nadzoru Ruchu Kolejowego będzie stanowiło także:

- informatyczny punkt styku systemu z zewnętrznymi systemami informatycznymi zarządcy (np. SEPE i SITKol),
- centralny punkt systemu, z którego będą dystrybuowane informacje do podróżnych i załóg pociągów, z użyciem odpowiednich protokołów i podsystemów komunikacyjnych, tworzących tzw. kanały dystrybucyjne.

W odniesieniu do podobnych rozwiązań, które można w pewnym sensie uznać za konkurencyjne, a oferowanych np. przez włoską firmę TSP S.p.A. (opartych na platformie OboE, opisanej w [3]), system InnoRAIL wyróżnia się przede wszystkim tym, iż do





Rys. 1. Schemat poglądowy Systemu Monitorowania i Nadzoru Ruchu Kolejowego [2]

jego funkcjonowania nie będzie konieczna budowa drogiej i rozległej sieci czujników, przez co koszty wdrożenia systemu InnoRAIL będą zdecydowanie niższe. Należy również podkreślić, iż koszty eksploatacji i serwisu tak rozległej sieci czujników mogą okazać się druzgocące. Ponadto, rozwiązania oferowane przez firmę TSP nie oferują mechanizmów samoorganizacji sieci wewnątrz pociągu, co w polskich warunkach, w których częstotliwość zmian konfiguracji połączeń pojazdów szynowych na poszczególnych stacjach jest bardzo duża, może stanowić poważne utrudnienie w ich użytkowaniu przez służby kolejowe. Na tle rozwiązań oferowanych przez firmę TSP S.p.A. system InnoRAIL wyróżnia się tym, że może być wdrażany etapowo. Ponadto system InnoRAIL jest odpowiedzią na specyficzne wymagania polskich przewoźników oraz zarządcy infrastruktury kolejowej, jakim jest PKP PLK. Więcej na temat systemów oferowanych przez firmę TSP można znaleźć w [3].

Opisany w [8] System Śledzenia Pociągów wdrażany aktualnie przez PKP Przewozy Regionalne Sp. z o.o., ze względu na ograniczenie jedynie do systemu informacji internetowej liczby kanałów służących informowaniu podróżnych, jest w stanie dotrzeć z informacją tylko do ograniczonej grupy odbiorców, mającej dostęp do sieci Internet. Poza tym nie wydaje się, aby rozwój autorskich systemów służących informowaniu podróżnych, wdrażanych niezależnie przez poszczególnych przewoźników był właściwą ścieżką rozwoju tego typu systemów, co wyraźnie wskazują autorzy [5], podając jednocześnie, że właściwym kierunkiem rozwoju tego typu systemów są systemy o charakterze zintegrowanym.

System Monitorowania i Nadzoru Ruchu Kolejowego będzie mógł być użytkowany jako system uzupełniający ogólnoeuropejskie systemy sterowania ruchem kolejowym. Nie będzie on także ograniczał możliwości użytkowania tych systemów.

W dalszej części artykułu opisano szerzej wszystkie podsystemy przedstawione na rysunku 1, tworzące system InnoRAIL.

## 4. PODSYSTEMY SKŁADOWE ORAZ PODSTAWOWE FUNKCJE SYSTEMU

W ramach systemu InnoRAIL zostaną zaprojektowane 4 podsystemy realizujące funkcje związane, m.in. z informowaniem pasażerów i załóg pociągów o aktualnym położeniu pociągu na trasie jego podróży, o szacowanym opóźnieniu oraz jego ewentualnych przyczynach. System InnoRAIL będzie się składał z następujących podsystemów funkcjonalnych:

1. **Podsystemu Informacji Wagonowej**, przeznaczonego do zdalnego przekazywania informacji podróżnym znajdującym się w pociągach, w wagonach wyposażonych w specjalne urządzenia wizualizacyjne,
2. **Podsystemu Informacji Dworcowej**, przeznaczonego do zdalnego przekazywania informacji podróżnym znajdującym się na dworcach kolejowych, wyposażonych w specjalne urządzenia wizualizacyjne, np. elektroniczne tablice informacyjne,
3. **Podsystemu Informacji Internetowej**, przeznaczonego do zdalnego przekazywania informacji za pośrednictwem usług sieci Internet, z wykorzystaniem witryny internetowej,
4. **Podsystemu Informacji SMS**, przeznaczonego do zdalnego przekazywania informacji za pośrednictwem usługi SMS, dla użytkowników korzystających z terminali komórkowych.

Głównymi funkcjami systemu InnoRAIL będą:

- przekazywanie informacji o utrudnieniach w ruchu pociągów oraz przewidywanych opóźnieniach i ich przyczynach podróżnym, zarządcy infrastruktury kolejowej, przewoźnikom oraz załogom pociągów, za pośrednictwem różnych, wcześniej wymienionych podsystemów i kanałów dystrybucyjnych (rys. 1),
- integracja z systemami kolejowymi np. SEPE (ewentualnie z innymi systemami wykorzystywanymi przez służby kolejowe),
- akwizycja, przetwarzanie i dystrybucja informacji, w tym przekazywanie danych do różnych zainteresowanych grup, zgodnie z nadanymi im uprawnieniami i według określonych reguł polityki bezpieczeństwa,
- automatyczne przekazywanie informacji o położeniu pociągów zainteresowanym grupom użytkowników, np. informacje te mogą być przeznaczone dla obsługi CMiN, przewoźników i pasażerów (o zakresie informacji przekazywanych poszczególnym grupom użytkowników będzie decydowała obsługa CMiN),
- możliwość tworzenia grup użytkowników i nadawania im uprawnień,



- funkcje zabezpieczenia kryptograficznego i ograniczenia dostępu osób niepowołanych, w zakresie właściwym dla każdej grupy użytkowników, uniemożliwiające dezorganizację pracy proponowanego systemu oraz zintegrowanych z nim innych systemów teleinformatycznych,
- zapewnienie zasilania awaryjnego dla wybranych urządzeń, których funkcja jest krytyczna z punktu widzenia działania systemu,
- samoorganizacja modułów komunikacyjnych w wagonach, niezależna od ich liczby, sposobu połączenia, zmian połączenia wagonów w trakcie podróży, miejsca podłączenia lokomotywy itp.

Do transmisji danych system InnoRAIL będzie wykorzystywał różne technologie służące do radiowej transmisji danych, przy czym w wariantcie podstawowym będą to systemy komórkowe (GSM/UMTS), natomiast docelowo system InnoRAIL będzie umożliwiał wykorzystanie do tego celu systemu kolejowego GSM-R, wdrażanego w programie ERTMS (ang. *European Rail Traffic Management System*) [4]. Podróżni znajdujący się wewnątrz pociągu będą mieli dostęp do informacji za pośrednictwem odpowiednich modułów wizualizacyjnych i komunikacyjnych. Ponadto będą mogli odbierać te informacje drogą radiową za pośrednictwem swoich terminali komórkowych lub notebooków, w zależności od tego, jaki sprzęt posiadają.

System będzie zaprojektowany w sposób modułowy, umożliwiający jego wykorzystanie zarówno w całości, jak i w części (poszczególne podsystemy), w zależności od wymogów przewoźników, zarządcy systemu oraz dostępnych środków finansowych. Modułowa struktura systemu umożliwi zatem znaczną elastyczność jego wdrożenia.

## 5. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono ogólne założenia Systemu Monitorowania i Nadzoru Ruchu Kolejowego pod nazwą InnoRAIL, który korzystnie może wpłynąć na poprawę jakości funkcjonowania przewozów kolejowych w Polsce oraz jakości obsługi pasażerów. Proponowany system pozwoli na szybką i sprawną dystrybucję informacji o ruchu pociągów do pasażerów, przewoźników oraz załóg pociągów. Ponadto umożliwi poprawę jakości podróżowania w sytuacjach awaryjnych i kryzysowych.

System będzie umożliwiał elastyczną rozbudowę, dzięki dużej skalowalności stosowanych rozwiązań. Proponowany system może stanowić istotne uzupełnienie systemu ERTMS, głównie w warstwie zarządzania ruchem ETML i może być odpowiedzią na konkretne oczekiwania zarządcy infrastruktury kolejowej, przewoźników kolejowych oraz pasażerów. Wdrożenie systemu InnoRAIL przyczyni się bezpośrednio do znaczącego zwiększenia rynekowości i poziomu nowoczesności przewozów kolejowych w Polsce.



## BIBLIOGRAFIA

1. Gacki G.: *PKP wdraża system informacyjny SITKol*, 2008 r.
2. Gajewski S., Gajewska M., Sokół M.: *System Monitorowania i Nadzoru Ruchu Kolejowego – koncepcja systemu*. Gdańsk, Politechnika Gdańska, 2011.
3. *Innowacyjne włoskie rozwiązania dla sektora transportu. Broszura informacyjna*. TSP S.p.A, 2006, s. 22–23.
4. Kowalski M., Bartłomiejczyk J.: *Kolejowa sieć łączności cyfrowej GSM-R*. Łódź, 2010.
5. *Master Plan dla Transportu Kolejowego w Polsce do 2030 roku*. Warszawa, Ministerstwo Infrastruktury R.P., 2008.
6. *Przewozy regionalne i nowe technologie*. PKP Przewozy Regionalne Sp. z o.o., 2009.
7. *Rozliczanie przewoźników na podstawie systemu ewidencji pracy eksploatacyjnej (SEPE) – raport*. Warszawa, PKP PLK S.A., 2006.
8. Sokół M.: *Towarzyszymy zmianom*. „Magazyn KZA Express”, 2009, nr 03, s. 14–18.
9. *System SEPE w Centrum Kierowania Przewozami*. „Rynek Kolejowy”, 2004, nr 11.