

Teleinformatyka w polskim kolejnictwie

Stanisław GAGO¹

Streszczenie

Celem artykułu jest przedstawienie wpływu rozwoju systemów informatycznych i logistycznych na kierunki rozwoju sieci teleinformatycznych w transporcie, a w szczególności na potrzeby transportu kolejowego w Polsce. PKP PLK obecnie realizuje budowę sieci teletransmisyjnej przede wszystkim dla systemu ERTMS. Zdaniem autora, rozwój sieci powinien być tak ukierunkowany, aby ta sieć mogła zapewnić obecne i przyszłe zapotrzebowanie wszystkich Spółek kolejowych w zakresie transmisji danych, umożliwiając ekspansję tych Spółek w zakresie usług teleinformatycznych na inne rodzaje transportu. Systemy sterowania ruchem kolejowym powinny być realizowane na fizycznie wydzielonej sieci światłowodowej (wydzielone włókna w kablach światłowodowych).

Słowa kluczowe: szerokopasmowe sieci teleinformatyczne, technologie 5G, teleinformatyka w kolejnictwie, Internet Rzeczy, Fizyczny Internet

1. Trendy i kierunki rozwoju technologii IT

Rozwijające się techniki i technologie IT stają się obecnie głównym i koniecznym narzędziem prowadzenia działalności gospodarczej. Szczególnie ważne jest wykorzystanie wszystkich możliwości techniki IT w przedsiębiorstwach o strukturze sieciowej. Do takich przedsiębiorstw należy zaliczyć prawie wszystkie Spółki kolejowe, np. PKP PLK, Spółki przewoźowe (pasażerskie i towarowe), a także inne przedsiębiorstwa transportu szynowego i drogowego.

Współczesne technologie IT charakteryzują się coraz większą funkcjonalnością, wydajnością oraz obniżającymi się kosztami inwestycyjnymi i operacyjnymi. Obecnie, wiodącą rolę pełnią systemy w technologii chmury (CC – *Cloud Computing*) o dużej wydajności, dostępności i bezpieczeństwie.

Zaletami CC są możliwości zapewnienia dostępności, wydajności i bezpieczeństwa dla różnych systemów przy jednoczesnym obniżeniu kosztów wyni-

kających z konsolidacji, wirtualizacji, automatyzacji dostarczania usług i zarządzania oraz efektu skali. Technologia CC dostarcza ponadto wiele usług wielu podmiotom korzystającym z usług tych samych dostawców i tych samych technologii, np. SaaS (*Software as a Service*)¹, PaaS (*Platform as a Service*)³, IaaS (*Platform as a Service*)⁴ [15]. Każda z tych usług zmniejsza koszty użytkowania systemów teleinformatycznych klienta – nie ma konieczności zakupu sprzętu, instalacji, licencji na oprogramowanie, utrzymania, aktualizacji (*upgrade*) systemów informatycznych. Klient płaci za każdorazowe korzystanie z usługi, a dostęp do niej uzyskuje na żądanie. Użytkownicy wymienionych usług (SaaS, PaaS, IaaS) mają dostęp do najnowocześniejszych technologii IT i zasobów technicznych po stosunkowo niskich cenach, z których nie mogliby korzystać w przypadku, gdyby musieli nabywać i instalować kolejne ich elementy na własny koszt.

Dążenie technologii IT w kierunku chmury prywatnej, hybrydowej lub publicznej, nie jest dyktowa-

¹ Dr inż.; Instytut Kolejnictwa, Zakład Sterowania Ruchem i Teleinformatyki; e-mail: sgago@ikolej.pl.

² Jest to usługa dostarczenia Klientowi przez Internet potrzebnych funkcji oprogramowania przez wybranego dostawcę (ang. *provider*). Klient ma zapewniony dostęp do potrzebnych funkcjonalnych narzędzi, niekoniecznie połączonych ze sobą jednolitym interfejsem (ang. *Interface*). Wszystkie programy działają na serwerze dostawcy.

³ Jest to usługa zewnętrzna polegająca na dostarczeniu platformy informatycznej i kompletu rozwiązań związanych z jej działaniem, ułatwiająca dyslokację aplikacji bez ponoszenia kosztów i wykonywania prac, związanych z ich zakupem oraz zarządzaniem sprzętem i oprogramowaniem potrzebnym do ich działania i kosztów ich aktualizacji.

⁴ Jest to w pełni zewnętrzna usługa polegająca na dostarczaniu infrastruktury informatycznej, w odróżnieniu od modelu wewnętrznego, wymagającego początkowych inwestycji na stworzenie tej infrastruktury. Zamiast nabywania serwerów, licencji na oprogramowanie, miejsca na centrum danych itd., klient wykupuje tylko usługę, a dbanie o sprawność jej działania leży po stronie dostawcy, od którego usługa została nabyta.

ne modą, ale wymiernymi korzyściami wynikającymi z kolejno realizowanych kroków wdrażania modelu chmury, tj. konsolidacji, wirtualizacji, automatyzacji, samoobsługi i optymalnego zarządzania [8].

Wielkość ruchu telekomunikacyjnego w Internecie zmienia się bardzo dynamicznie. Przyrost ruchu telekomunikacyjnego jest szacowany na około 40% rocznie, co spowoduje, że dziesięciokrotny wzrost ruchu będzie następować co 6–7 lat. Szacuje się, że ruch w sieci Internetowej osiągnie wielkość 100 Tb/s około 2020 roku. W pracach koncepcyjnych nad wdrożeniem Internetu optycznego przewiduje się ruch o wielkości 1 Pb/s. Według IDC⁵, do 2020 roku na całym świecie będzie przechowywane nawet do 35 zettabajtów (tj. 35 miliardów terabajtów) danych, co będzie stanowiło 44-krotny przyrost informacji w stosunku do 2009 roku.

1.1. Lawinowy wzrost ilości danych (tzw. zjawisko *Big Data*)

Techniki *Big Data* umożliwiają uzyskanie danych i informacji dotyczących różnych zakresów działalności, podmiotów oraz zdarzeń z różnych źródeł danych korzystających z różnych struktur danych lub zawierających dane nieuporządkowane, pochodzące z różnych okresów. Techniki te są niezbędne do przeprowadzenia analiz rezultatów działań biznesowych wszystkich podmiotów rynku oraz występujących trendów zmian na interesujących rynkach, analiz poszczególnych rynków i także analiz potrzeb potencjalnych klientów. Techniki *Big Data* są jedną z podstawowych metod działania w zakresie transformacji cyfrowej i będzie można je wykorzystywać także do analizy uzyskanych wyników w stosunku do konkurencji lub do analizy potrzeb transportowych klientów.

Wdrażane są także systemy zarządzania firmami BI (*Business Intelligence*) wspierającymi decyzje strategiczne i taktyczne podparte analizą procesów zachodzących wewnątrz organizacji, jak również systemy CI (*Competitive Intelligence*) podające pogłębioną analizę otoczenia konkurencyjnego. Rozwiązanie CI analizuje informacje obejmujące dane makroekonomiczne (np. PKB), rynkowe (np. ceny surowców, energii, wartość inwestycji), ale także dane o konkurencji (np. spojrzenie na efektywność procesów firmy) [7].

2. Technologia IT w transporcie

Współczesne społeczeństwa są zależne od sprawnie działających systemów logistycznych. Dynami-

ka transportu i współpraca z innymi instytucjami i przedsiębiorstwami powoduje, że transport nie może odstawać od trendów światowego rozwoju w dziedzinie stosowania rozwiązań teleinformatycznych. Choćby tylko ze względów na otoczenie i współpracę z tym otoczeniem, transport nie może być „skansenem” systemów IT. Wspólną cechą systemów IT, a szczególnie systemów tworzonych na potrzeby transportu jest to, że swoim działaniem obejmują one duże obszary, a tym samym muszą korzystać z sieci transmisji danych. Zdaniem autora, sieć transmisji danych jest jednym z podstawowych składników obecnych systemów IT. Transport jest jednym z elementów łańcucha logistycznego, w którego skład wchodzi ponadto:

- wielofunkcyjny system usług logistycznych,
- zintegrowany system teleinformatyczny.

Do poprawnego działania centrum logistycznego, pomiędzy systemami musi być przekazywana aktualna informacja, którą wykorzystuje się do tworzenia wiadomości. Wiadomości te charakteryzują się czterema zasadniczymi funkcjami:

- 1) informacyjną,
- 2) decyzyjną,
- 3) sterowania,
- 4) konsumpcyjną.

Wymienione systemy (logistyczny i teleinformatyczny) są coraz bardziej ze sobą związane i ciągle się rozwijają. Obecnie, w logistyce są prowadzone prace związane z poszukiwaniem rozwiązania systemowego, które pozwoli na wzrost efektywności realizacji procesów i rozwój logistyki przy równoczesnym uzyskaniu równowagi ekonomicznej, socjalnej i środowiskowej. Rozwiązania te mają zminimalizować obecne problemy występujące w logistyce:

- nieefektywne wykorzystanie przestrzeni ładunkowej,
- puste przewozy,
- niestandardowe wymiary przesyłek,
- brak chęci do współpracy firm logistycznych,
- zakłócenia płynności ruchu na drogach (kongestia, emisja CO₂),
- magazynowanie produktów w nieodpowiednich miejscach i ilościach,
- problemy z prognozowaniem popytu – część produkcji nigdy nie zostanie sprzedana ani użyta,
- problemy w dostarczaniu towarów do centrów miast,
- brak automatyzacji w organizacji procesów transportowych (niskie używanie jednakowych standardów w małych i średnich przedsiębiorstwach) [10].

⁵ IDC (International Data Corporation) jest wiodącym na świecie dostawcą informacji rynkowych, usług doradczych i rozwiązań dla sektora teleinformatycznego i technologii konsumenckich.

Rozwiązaniem tych problemów ma być tzw. „Fizyczny Internet (PI)”⁶. Jest to połączona infrastruktura komunikacyjna, wykorzystana do transportu modułowych, znormalizowanych jednostek ładunkowych oraz wymiany danych o zachodzących procesach logistycznych.

Fizyczny Internet zakłada zmianę własności elementów sieci dystrybucji i realizowanych w nich procesów, tj. stopniowe przechodzenie z prywatnych sieci dostaw do otwartej światowej sieci dystrybucyjnej. Jej elementy (centra, magazyny i inne) będą dostępne dla większości klientów, sieci producentów, dystrybutorów, dostawców usług logistycznych, detalistów lub użytkowników. W sieci zbudowanej zgodnie z ideą Fizycznego Internetu, produkty i surowce będą transportowane w standardowych, modułowych i odpowiednio zabezpieczonych pojemnikach (π -kontenery i π -pojemniki) [12]. Zapewni to większą swobodę w przechowywaniu pojemników należących do różnych klientów. Kontenery i pojemniki będą musiały być wyposażone w różnego rodzaju czujniki (temperatury, wilgotności, wstrząsów) i nadajniki (np. RFID⁷, GPS⁸) umożliwi to zachowanie pełnej kontroli podczas procesu transportowego [10].

W celu osiągnięcia odpowiednich efektów (ekonomicznych, społecznych i środowiskowych) wynikających z użytkowania Fizycznego Internetu (PI), konieczna jest pełna wymiana informacji pomiędzy użytkownikami systemu PI. Przesyłane dane będą dotyczyć przesyłek, potrzeb transportowych i magazynowych, gotowości do przewozu π -pojemników oraz dostępnej powierzchni magazynowej. Zastosowanie systemu PI umożliwi optymalizację przepływu pojemników w sieci dzięki wyborowi tras, miejsc przeładunku, łączenia ładunków oraz umieszczania ich w odpowiednich magazynach [12].

Celem Fizycznego Internetu jest znaczące skrócenie cykli dostaw, przy jednoczesnym ograniczeniu negatywnego oddziaływania na środowisko oraz zwiększenie efektywności procesów logistycznych. Istotą rozwiązania jest daleko posunięta standaryzacja, obejmująca przede wszystkim opakowania zbiorcze i transportowe, która stwarza warunki do sprawnego przeładunku w punktach węzłowych, stanowiących bazę systemu PI. System PI powinien mieć standardowe protokoły transmisji danych dotyczące wszystkich usług, świadczonych przez system PI. System PI optymalizuje przepływ ła-

dunków w sieci przez wybór tras, miejsc przeładunku, łączenia ładunków, magazynowania. Użytkownicy systemu PI pracują na swoich autonomicznych systemach informatycznych, a z systemem PI łączą się za pomocą zestandaryzowanych interfejsów.

Fizyczny Internet (PI) z pewnością będzie miał wpływ na rozwój systemu teleinformatycznego IP, który będzie musiał zapewnić odpowiednią jakość transmitowanych danych na potrzeby transportu (odpowiednia stopa błędów – BER, opóźnienie, bezpieczeństwo i poufność przesyłanych danych).

3. Teleinformatyka w transporcie i logistyce

W systemach IT przeznaczonych na potrzeby transportu i logistyki można wyróżnić następujące fazy procesu tworzenia informacji i ich teleinformatyczną realizację:

- generowanie informacji (produkcja) – terminale, serwery, bazy danych, czujniki, systemy RFID, systemy alarmowe, systemy monitoringu, systemy lokalizacyjne,
- zbieranie informacji (gromadzenie) – sieci dostępowe – przewodowe, bezprzewodowe, satelitarne, optyczne, radiowe,
- przechowywanie informacji (pamiętanie, archiwizowanie, magazynowanie) – hurtownie danych, bazy danych, serwery, portale, wortale, strony internetowe,
- przekazywanie informacji (transmisja) – sieci TCP/IP, LAN, WAN, WLAN, GSM 4G i 5G, Bluetooth, IrDA, WiFi,
- przetwarzanie informacji (przekształcanie, transformacja) – serwery, hosty,
- udostępnianie informacji (upowszechnianie) – portale, wortale, monitory, tablice informacyjne, znaki, piktogramy, strony www,
- interpretacja informacji (translacja na język użytkownika) – przezroczystość sieci do przesyłania informacji dla różnego rodzaju protokołów informatycznych, np. CRM (*Customer relationship management*), ERP (*Enterprise resource planning*), *Cloud Computing*, SaaS (*Software as a Service*),
- wykorzystywanie informacji (użytkowanie) – w innych systemach, np. zarządzanie kadrami, systemy finansowo-księgowo.

⁶ Fizyczny Internet – system globalnych sieci dostaw, które łączą lokalne sieci dostaw (rynki), wykorzystując ich zasoby: transportowe, magazynowe oraz produkcyjne. Z uwagi na podobieństwo do zasad działania Internetu, profesor Benoit Montreuil (*Professor and Co-Director Supply Chain & Logistics Institute at Georgia Tech*) nazwał swoją koncepcję takiego systemu „Fizycznym Internetem” (*Physical Internet, PI*); symbolem Fizycznego Internetu jest grecka litera π .

⁷ RFID – *Radio-frequency identification*.

⁸ GPS – *Global Positioning System*.

Bardzo duże znaczenie dla rozwoju i zarządzania techniką IT będzie miał, praktycznie już powstający, Internet Rzeczy (aplikacji), tzw. *Internet of Things (IoT)*, który umożliwi lepsze wykorzystanie technologii informatycznych i telekomunikacyjnych przez udostępnienie nowych funkcjonalności, zwiększenie wydajności, automatyzacji i także przez zwiększenie szybkości przesyłanych danych, umożliwiających podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym.

Internet Rzeczy będzie służył do zarządzania, zbierania i przekazywania danych między systemami lub urządzeniami wyposażonymi w komputery połączone z Internetem. Jest to kierunek, który daje szansę na budowę inteligentnego taboru i Inteligentnych Systemów Transportowych (ITS) oraz będzie wspierał także spółki kolejowe w dziedzinie świadczenia usług transportowych. Internet Rzeczy jest rozwiązaniem wspomagającym i optymalizującym pozyskanie aktualnych danych, obarczonych mniejszą liczbą błędów. Bez wdrażania nowych, innowacyjnych rozwiązań w przedsiębiorstwach transportowych, w niedługim czasie będzie trudno uzyskać poprawę wyników ekonomicznych i utrzymać się na rynku usług transportowych.

Internet Rzeczy (IoT) jest polem rozwoju licznych innowacji, które mogą wspomagać nie tylko przedsiębiorstwa transportowe, ale także wspierać klienta i jego biznes.

4. Teleinformatyka w transporcie kolejowym

Transport kolejowy wykorzystuje technikę IT do następujących potrzeb:

1. Zarządzania

Spółki kolejowe nie mogą być zapóźnione w systemach zarządzania w stosunku do systemów swoich klientów, a to będzie wymagało stosowania metod zarządzania wspomaganych przez IT dostosowanych do specyficznych profili i wymagań poszczególnych spółek kolejowych, takich jak np. operator infrastruktury (PKP PLK), zarządcy ruchu kolejowego: np. Intercity (IC), przewozy regionalne oraz inne spółki, np. Energetyka PKP.

2. Kierowania

Kierowanie obejmuje wszelkiego rodzaju dyspozycję, np. dyspozycję ruchu, dyspozycję sieci energetycznych, nadzorowanie telekomunikacyjnych systemów sieciowych, np. systemu GSM-R.

3. Sterowania

Sterowanie systemami ERTMS⁹, DSAT¹⁰, klimatyzacji, wentylacji, oświetlenia.

4. Monitoringu obszarów kolejowych

Systemy IT w zakresie monitoringu obszarów kolejowych, tj. stacji rozrządowych, punktów przeładunkowych, przejść granicznych strefy Schengen, wspomagające i zapewniające bezpieczeństwo ludzi (podróżnych, pracowników wszystkich służb państwowych działających na terenie, np. przejścia granicznego), towarów (magazyny i składy, środki i materiały niebezpieczne), infrastruktury kolejowej, taboru i środków transportu wewnętrznego (np. wózki, suwnice).

5. Pasażerów i klientów kolei

Potrzeby IT dla klientów kolei obejmują monitoring wybranych terenów kolejowych (np. parkingi dla podróżnych), bezpieczeństwo podróżnych (przed podróżą, podczas podróży i po podróży), szerokopasmowy dostęp do Internetu, dynamiczny rozkład jazdy, mobilną informację i sprzedaż biletów, monitoring przewozów towarowych.

Do spełnienia wszystkich wymagań systemów IT zaimplementowanych na potrzeby kolei, potrzebna jest sieć teleinformatyczna, która będzie bazą dla wszystkich systemów IT zastosowanych w kolejnictwie.

Obecnie, kolejowa spółka infrastrukturalna PKP PLK prowadzi budowę sieci światłowodowej na potrzeby systemu GSM-R, który jest składnikiem systemu ERTMS. Sieć GSM-R także zastąpi używaną do tej pory technicznie przestarzałą, analogową simpleksową sieć łączności radiowej VHF pracującą w paśmie 150 MHz. Sieć GSM-R będzie obsługiwała około 18 000 km sieci kolejowej. Oprócz usługi „głosowej” sieć GSM-R będzie także świadczyć usługę transmisji danych, która jest konieczna dla nowoczesnych systemów sterowania ruchem kolejowym (ERTMS).

Część przewodowa systemu GSM-R, łącząca jego elementy stacjonarne (stacje bazowe – BTS, sterowniki stacji bazowych – BSC, centrale – MSC), powinna być, ze względów bezpieczeństwa, wykonana na rozdzielonych włóknach światłowodowych, na których będą zaimplementowane odpowiednie systemy teletransmisyjne (np. systemy SDH, Ethernet). Pozostałe systemy IT konieczne do działalności Spółek kolejowych powinny korzystać z innych włókien światłowodowych znajdujących się w tym samym kablu, niż włókna przeznaczone dla systemu GSM-R.

Ponieważ infrastruktura oparta na technice światłowodowej ma, z kolejowego punktu widzenia, nieograniczone przepływności (wielowłóknowe kable

⁹ ERTMS – *European Rail Traffic Management System* (Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym).

¹⁰ DSAT – system Detekcji Stanów Awaryjnych Taboru kolejowego.

światłowodowe, stosowanie systemów DWDM¹¹, duże przepływności w światłowodach przez zastosowanie w nich systemów *Optical cross connect*¹², w których każda λ może przetransmitować bardzo dużo danych – obecnie $\lambda = 100$ Gbps, a w niedługim czasie $\lambda = 400$ Gbps, a w dalszej perspektywie nawet $\lambda = 1$ Tbps), to biorąc pod uwagę tylko aspekt ekonomiczny, należy taką sieć wykorzystać do wszystkich kolejowych systemów IT.

Technika światłowodowa rozwija się nie tylko na potrzeby sieci szkieletowych (*backbone*), ale także dostępowych (*access network*). Obecnie są już dostępne tzw. sieci PON2 (*Passive optical network*), które mogą transmitować do abonenta lambdę o przepływności 100 Gbps [11] – w 2020 roku jest planowana trzecia generacja sieci PON3 o przepływności do abonenta 250 Gbps.

Równie szybko następuje postęp w sieciach bezprzewodowych. Obecnie opracowano mapę drogową określającą horyzont czasowy wdrożenia systemu 5G dla sieci użytku publicznego (pilotowe wdrożenia systemu 5G są prowadzone przez firmy telekomunikacyjne w różnych krajach, także w Polsce). Wstępne kluczowe wymagania dla systemu 5G, wraz z niektórymi proponowanymi wartościami docelowymi przedstawiają się następująco:

- praca urządzeń w sieci o gęstości 200 000 połączeń/km²,
- przepływności do użytkownika od 0,1 do 1 Gbps, w zależności od potrzeb,
- szybkość transmisji od 10 do 100 Gbps,
- opóźnienie przesyłania danych obniżone, w zależności od potrzeb, nawet do 1 ms,
- długie okresy pracy urządzeń bez ładowania baterii (żywołność baterii 100 razy dłuższa od obecnie stosowanych systemów),
- większa niezawodność i dostępność od obecnie stosowanych systemów,
- mobilność urządzeń przewoźnych do 500 km/h,
- większa liczba oferowanych usług i zastosowań w stosunku do oferowanych przez obecne systemy.

Planuje się, że system 5G będzie obsługiwał licencjonowane pasma częstotliwości (2G, 3G i 4G), nielicencjonowane pasma (2,4 GHz, 5 GHz) i nowe pasma częstotliwości powyżej 6 GHz. Nasuwa się tylko pyta-

nie „Czy Koleje Europejskie potrzebują transmisję danych z parametrami oferowanymi przez system 5G?”

W gremiach UIC rozważane są różne warianty wprowadzenia, na potrzeby transportu kolejowego, nowej generacji telekomunikacyjnych sieci bezprzewodowych. Rozważane są różne argumenty:

1. Wprowadzenie techniki 5G do bezprzewodowej łączności kolejowej na pewno zapewniłoby zaspokojenie wszystkich potrzeb kolei.
2. Część ekspertów uważa, że infrastruktura kolejowa jest częścią infrastruktury krytycznej Państwa i w ramach PPRD (*Public Protection and Disaster Relief*) powinna być wypracowana wspólna koncepcja sieci na potrzeby wszystkich służb, tzw. *blue light* (policja, straż ogniowa, pogotowie ratunkowe) i sektorów gospodarczych zapewniających „przeżycie” ludności w sytuacjach krytycznych, np. rozległe awarie sieci elektroenergetycznych, awarie sieci ciepłowniczych, awarie wodociągów, brak dostaw paliwa dla transportu, sieciowe zagrożenia transportu kolejowego i drogowego (ITS – *Intelligent Transport Systems*)¹³.
3. Rozwój sieci GSM-R powinien następować przez wprowadzenie usługi transmisji pakietowej (GPRS) i sieci IP dla potrzeb ETCS, a do transmisji mowy na potrzeby kolejowe wystarczy GSM-R i VoIP (*Voice over Internet Protocol*).
4. Rozpatruje się również wykorzystanie łączności satelitarnej na potrzeby kolejnictwa (niektórzy fachowcy uważają, że ten rodzaj łączności określany jako „lepszy niż nic” może, ze względu na wnoszone opóźnienia, znaleźć zastosowanie wyłącznie na peryferyjnych liniach kolejowych).
5. W styczniu 2014 r., UIC uruchomiła program pod nazwą *Future Railway Mobile Communication System* (FRMCS). Decyzję w sprawie przyszłego systemu, będą podjęte w 2018 roku, a system powinien być udostępniony do wdrożenia po 2022 roku.

Polska kolejowa sieć teleinformatyczna powinna wpisywać się w kierunku rozwoju teleinformatycznych sieci kolejowych w Europie zarówno w części przewodowej, jak i bezprzewodowej (pasmo częstotliwości, technika) po to, aby móc współpracować

¹¹ DWDM – *Dense Wavelength Division Multiplexing* – gęste zwielokrotnienie falowe, technika multipleksacji wielu sygnałów optycznych w jednym łączy światłowodowym z przydzieleniem każdemu sygnałowi innej długości fali świetlnej (częstotliwości) – λ .

¹² *Optical cross connect* (Sieć szkieletowa) – ścieżki świetlne są dynamiczną kompozycją fal o różnej długości (λ), biegnących przez światłowody łączące urządzenia przełączające lambdy. Sygnalizacja na potrzeby konstruowania ścieżki świetlnej będzie powierzona rozszerzonemu protokołowi MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) i zaadaptowanym protokołom, takim jak RSVP (*Resource reservation Protocol*), RSVP – TE (*Traffic Engineering*). Elastyczność protokołów MPLS i RSVP umożliwi oferowanie unikatowych usług, takich jak wirtualne prywatne sieci optyczne i umożliwi jednoczesne świadczenie usług VPN warstwy 2 oraz 3 (*p2p, m2m*) modelu ISO/OSI.

¹³ *Intelligent Systems Transport* (ITS) – systemy, które stanowią szeroki zbiór różnorodnych technologii (telekomunikacyjnych, informatycznych, automatycznych i pomiarowych) oraz technik zarządzania stosowanych w transporcie w celu ochrony życia uczestników ruchu, zwiększenia efektywności systemu transportowego oraz ochrony zasobów środowiska naturalnego [2].

z teleinformatycznymi systemami innych Zarządów Kolejowych.

Rozwój transportu kolejowego, rozwój usług w publicznych sieciach teleinformatycznych, rozwój systemów IT w otoczeniu kolejowym wymusi budowę sieci teleinformatycznych nowej generacji w poszczególnych Zarządach Kolejowych, ponieważ trudno sobie wyobrazić, aby za kilka lat w pociągach podróżni nie mieli dostępu do szerokopasmowego Internetu.

Teleinformatyczna sieć na potrzeby transportu kolejowego, która jest organicznie przystosowana do współpracy z wieloma różnymi systemami IT, jednocześnie uwzględniająca europejskie trendy i standardy, powinna być podatna także na spełnienie wymogów współpracy (integracji) z sieciami sektorów gospodarki wpływających na możliwości „przeżycia” w sytuacji kryzysowych elektroenergetyki, transportu drogowego i rynku paliw. Natomiast systemy IT tworzone na potrzeby transportu kolejowego powinny współpracować z kolejową siecią (sieciami) teleinformatyczną, która będzie wyposażona w różne techniki transmisji danych, ze względu na jej ewolucyjny (a nie rewolucyjny) rozwój i liczne systemy IT stosowane w transporcie.

W niedługim czasie, bazą dla tych sieci będzie sieć pracująca zgodnie z protokołami TCP/IP, tzw. sieć *Internet of Things* (IoT). Ta sieć ma największe szanse na integrację oraz współpracę różnych sieci i systemów IT i może zapewnić połączenia pomiędzy Centrami danych zorganizowanych w modelu chmury, a także użytkownikami wyposażonymi w dowolne stanowiska komputerowe lub dowolne urządzenia mobilne, które będą połączone z serwerami usług przez szerokopasmowy Internet. Szczególne ważne jest to w branży kolejowej ze względu na charakter działalności, która dotyczy całego obszaru objętego usługami i polega na przemieszczaniu środków transportu, ludzi oraz ładunków.

6. Problematyka sieci szerokopasmowych w grupie PKP

Problematyka sieci i usług szerokopasmowych w Grupie PKP praktycznie nie jest zauważana, co znaczy, że w Grupie nie są podejmowane żadne prace związane z tą tematyką, a także żaden ośrodek naukowy w Polsce nie prowadzi prac związanych z przyszłym wdrożeniem usług szerokopasmowych w polskim kolejnictwie. Opracowano wiele programów diagnostyczno-rozwojowych transportu kolejowego w Polsce, ale w żadnym z nich nie ma odniesienia do tej tematyki [1].

Prowadzona od lat polityka eliminacji telekomunikacji z polskiego kolejnictwa doprowadziła do

sytuacji, w której nikt nie zajmuje się zarówno koncepcjami wdrażania nowych rozwiązań wynikających z postępu technicznego, jak i nowych usług teleinformatycznych na polskich kolejach, co na pewno przyczyni się do braku zdolności konkurencyjnych polskich przewoźników kolejowych, a tym samym marginalizowania transportu kolejowego w Polsce. Generalnie jest to sprzeczne z polityką UE, która dąży do wyrównania szans transportu kolejowego z transportem drogowym. Jednocześnie można stwierdzić, że ta sytuacja doprowadziła do tego, że brakuje fachowców z dziedziny telekomunikacji, którzy mogliby wypracować odpowiednie koncepcje wdrażania usług szerokopasmowych dla transportu kolejowego w Polsce.

7. Proponowane kierunki rozwoju teleinformatyki w branży kolejowej

W niedługim czasie Spółka PKP PLK stanie się właścicielem około 18 000 km kabli światłowodowych niezbędnych do realizacji sieci GSM-R, która z założenia będzie zbudowana dla systemu ERTMS. Jednocześnie system GSM-R zastąpi stosowany dotychczas na PKP przestarzały technicznie analogowy system łączności radiowej pracujący w paśmie 150 MHz.

Jak wykazuje doświadczenie, kable światłowodowe mogą być eksploatowane w środowisku kolejowym przez wiele lat nie tracąc parametrów. W Polsce, pierwsze światłowody w środowisku kolejowym ułożono w pierwszej połowie lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia i do dziś są eksploatowane. Z tego powodu należy sieć światłowodową tak tworzyć, aby mogła zaspokoić potrzeby teletransmisyjne wszystkich Spółek kolejowych na kilkadziesiąt lat, co znaczy, że już teraz należy podjąć działania, które określą strategię rozwoju transportu kolejowego w Polsce na kilkadziesiąt lat, np. do 2050 roku.

Transport kolejowy w Polsce powinien nadążać nie tylko za rozwojem transportu kolejowego w Europie, ale też za rozwojem innych gałęzi transportu lądowego. Jednym z warunków tego rozwoju będzie posiadanie nowoczesnych systemów teleinformatycznych (*Cloud Computing*, *Big Data*, *IoT*), które umożliwią współpracę Spółek kolejowych między sobą, i z partnerami z zagranicy, umożliwią wprowadzenie nowych usług IT dla klientów i w ten sposób zapewnią im lepsze zaspokojenie ich potrzeb transportowych. W dalszej perspektywie będzie można świadczyć usługi IT dla przedmiotów prywatnych, np. dla transportu multimodalnego i drogowego, stworzyć Internet na potrzeby transportu lądowego (bezobsługowe pojazdy szynowe, autonomiczne pojazdy drogowe), a następnie stworzyć sieć teleinformatyczną na potrzeby Fizycznego Internetu (PI).

W celu zapewnienia w transporcie kolejowym bezpieczeństwa pasażerom i przewożonym towarom, odpowiednie systemy (np. system ERTMS składający się z systemu ETCS i systemu GSM-R) powinny być wykonane na fizycznie wydzielonych włóknach światłowodowych, w których transmisja danych będzie szczególnie chroniona przed, np. niepowołanym dostępem do tych systemów. Reasumując, można stwierdzić, że:

- Spółki kolejowe muszą współpracować ze swoim otoczeniem, tj. z innymi spółkami kolejowymi, z klientami kolei, z innymi rodzajami transportu, z władzami państwowymi i samorządowymi,
- do współpracy Spółek kolejowych z otoczeniem, będą konieczne odpowiednie systemy IT i dlatego kolej powinna ciągle rozwijać i modernizować swoje systemy teleinformatyczne.

Tak stworzona sieć teleinformatyczna powinna być zarządzana przez wyspecjalizowany, kompetentny podmiot kolejowy. Takim podmiotem może być Spółka Teleinformatyczna (telekomunikacja i informatyka) stworzona w holdingu PKP S.A.

8. Wnioski

1. Należałoby stworzyć interdyscyplinarny zespół do opracowania koncepcji sieci teleinformatycznej na potrzeby transportu kolejowego i określenia zasad działania tego transportu w systemie „Fizycznego Internetu (PI)”.
2. Infrastruktura teleinformatyczna związana ze sterowaniem ruchem kolejowym powinna być fizycznie wydzielona z infrastruktury pozostałych kolejowych systemów teleinformatycznych.

Literatura

1. Biała Księga 2013, Kolej na działania – mapa problemów polskiego kolejnictwa. Publikacja powstała z inicjatywy FORUM KOLEJOWEGO – RAILWAY BUSINESS FORUM, Wydanie drugie „Białej księgi 2010”, poprawione i zaktualizowane Warszawa, Kraków, luty 2013.
2. Gago S., Siergiejczyk M.: *Telematyka w polskim kolejnictwie*, VI Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Najnowsze technologie w transporcie kolejowym” Warszawa 15-17 listopada 2017 [Materiały konferencyjne].

3. Gago S., Siergiejczyk M.: *Zastosowanie sieci teleinformatycznych dla potrzeb transportu kolejowego*, V Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Najnowsze technologie w transporcie kolejowym”, Warszawa 9–10 listopada 2016 [Materiały konferencyjne].
4. Gago S.: *Trendy w technice łączności bezprzewodowej w transporcie szynowym*, Konferencja Naukowo-Techniczna „IT w transporcie szynowym”, 05–06.10.2017, materiały niepublikowane.
5. Narodowy Plan Szerokopasmowy, Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji, Styczeń 2014 r.
6. Patora R., Wasilewski M.: „*Fizyczny Internet*” jako nowatorskie podejście do zasad logistyki, *Przedsiębiorczość i Zarządzanie* 2016 t. 17, z. 11, Cz.1 Agile Commerce – zarządzanie informacją i technologią w biznesie.
7. Rudowski M.: *Cloud Computing w transporcie szynowym*. Chmura – ale jaka?, V Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Najnowsze technologie w transporcie kolejowym” Warszawa 15-17 listopada 2017 [Materiały konferencyjne].
8. Rudowski M.: *Współczesne rozwiązania i trendy IT a aktualne wyzwania w PKP*, *Problemy Kolejnictwa*, 2017, Zeszyt 175.
9. The UIC future railway mobile communication system has officially started, information published on 29 January 2014 in the UIC electronic newsletter „UIC „News” nr 383.
10. Zdziarska M., Hachuła P.: *Fizyczny Internet – Logistyka przyszłości*, Instytut logistyki i Magazynowania, Poznań 13.03.2015 [on-line] <http://docplayer.pl/792279-Fizyczny-internet-logistyka-przyszlosci-martyna-zdziarska-piotr-hachula.html>, [dostęp 03.10.2018].
11. Zhengxuan Li, Lilin Yi, Honglin Ji, Weisheng Hu, „100-Gb/s TWDM-PON based on 10G optical devices”, <https://www.osapublishing.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-24-12-12941> [dostępny 04.03.2018].
12. Żak J., Lewczuk K.: *Wybrane aspekty idei fizycznego internetu*, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Transport z. XX* 2016.

Źródła internetowe

13. <http://www.computerworld.pl/artykuly/288310/Nastepca.DWDM.html#sthash.e3B3fpEy.dpuf>
14. <http://www.pionier.net.pl/online/pl/projekty/>
15. <http://computingcloud.pl/pl/cloud-przewodnik/220-saas-paas-iaas-co-to-jest>
16. <https://www.itspolska.pl/?page=11>
17. https://ec.europa.eu/transport/themes/its_en