

Mirosław SIERGIEJCZYK¹

SYSTEM MOBILNEGO DOSTĘPU DO SIECI INTERNET W POCIĄGACH Z WYKORZYSTANIEM SIECI GSM-R

W artykule została przeprowadzona analiza możliwości dostępu do Internetu z wykorzystaniem sieci kolejowej cyfrowej telefonii komórkowej GSM-R. Przedstawiono opis architektury, dostępnych usług oraz sposobów realizacji transmisji danych w systemach GSM i GSM-R. Następnie zostało zaproponowane rozwiązanie logiczne sieci dostępowej oraz zakres możliwych do zaimplementowania usług z podziałem na usługi dedykowane dla pasażerów oraz dla personelu pociągu. Koncepcja obejmuje sieć dostępową w dwóch wagonach pasażerskich typu: UIC-Z i 154A. W części tej została dokonana wstępna kalkulacja kosztów budowy systemu. Przedstawiono schemat rozmieszczenia urządzeń sieciowych w dwóch wagonach pociągu.

SYSTEM OF THE MOBILE INTERNET ACCESS IN TRAINS USING GSM-R NETWORK

Paper presents the analysis of the possibility of access to Internet with using the railway digital mobile telephony net GSM-R. There is presented the description of the architecture, available services and ways of realization of the data transmission in the systems GSM and GSM-R. Then it is proposed the logical solution of the access net and the range of services possible for implementation with the division for the services dedicated for passengers and for train staff. The conception project encloses two passenger cars type: UIC-Z and 154A, for which the system is elaborated. In this part is also done the preliminary calculation of costs of system building. The final element of the work is scheme presenting location of the net devices in two cars of the train.

1. WSTĘP

Sieci GSM-R są już wykorzystywane na całym świecie, również w krajach europejskich. W najbliższej przyszłości GSM-R ma być budowany również w Polsce. Łączność obecnie stosowana na polskiej kolei, pracująca w paśmie 150 MHz, została wyeksploatowana, przez co nie spełnia dzisiejszych wymagań technicznych, norm i standardów oraz nie posiada wymaganej funkcjonalności. Jakość realizowanych połączeń nie jest zadowalająca. Główne utrudnienia pojawiają się w momencie przekraczania granicy państwa. Wiąże się to z koniecznością wymiany radiotelefonu pociągowego lub

¹Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, 00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75

Tel. (22)2347040, e-mail: msi@it.pw.edu.pl

Institut Kolejnictwa, 04-275 Warszawa, ul. Józefa Chłopickiego 50, e-mail: msiergiejczyk@ikolej.pl

lokomotywy na takie, które są przystosowane do obsługi łączności używanej w danym kraju. Założenia Międzynarodowego Związku Kolei UIC (*franc. Union Internationale des Chemins de fer*) miały na uwadze głównie ujednoczenie europejskich systemów łączności kolejowej poprzez wprowadzenia projektu EIRENE (*ang. European Integrated Railway radio Enhanced Network*) [4]. Implementacja GSM-R ma wymierne korzyści finansowe dla segmentu kolejowego. Znacznie poprawia się przepustowość linii kolejowych, do minimum ograniczony jest czas przekraczania granic państwowych. Tym samym zwiększa się poziom świadczonych usług (na przykład poprzez wprowadzenie monitoringu przesyłek). Istnieje możliwość wprowadzenia aplikacji umożliwiających: automatyczne sterowanie zaporami na przejazdach kolejowych, przekaz obrazu wideo z bezobsługowych przejazdów bezpośrednio do kabiny maszynisty czy przekaz komunikatów głosowych do systemów głośników zainstalowanych na peronach. Jednym z możliwych obszarów wykorzystania cyfrowej sieci komórkowej GSM-R jest także usługa mobilnego dostępu do sieci globalnej.

2. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU CYFROWEJ TELEFONII KOMÓRKOWEJ GSM-R

2.1. Architektura systemu GSM-R

GSM-R jest to system cyfrowej telefonii komórkowej wykorzystywany na potrzeby transportu kolejowego. Zapewnia cyfrową łączność głosową oraz cyfrową transmisję danych. Oferuje on rozbudowaną funkcjonalność systemu GSM. Cechuje się infrastrukturą zlokalizowaną jedynie w pobliżu linii kolejowych. Aby przeciwdziałać zakłóceniom elektromagnetycznym zastosowano częstotliwość 900 MHz. GSM-R ma za zadanie wspomagać systemy wprowadzane w Europie: ERTMS (*ang. European Rail Traffic Management System*) tj. Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym oraz ETCS (*ang. European Train Control System*) czyli Europejski System Kontroli Pociągu, który ma za zadanie permanentnie zbierać i przysyłać dane dotyczące pojazdu szynowego takie jak prędkość czy położenie geograficzne. System GSM-R jest medium transmisyjnym dla ETCS, pośredniczy przy przekazywaniu informacji maszyniście i innym służbom kolejowym. Wdrażając wyżej wymienione systemy poprawia się znacznie bezpieczeństwo ruchu kolejowego, możliwa jest diagnostyka pojazdu w czasie rzeczywistym oraz wprowadzenie monitoringu przesyłek i wagonów. Ponadto poprzez precyzyjne określenie odległości między pociągami można znacznie zwiększyć przepustowość na poszczególnych liniach [8].

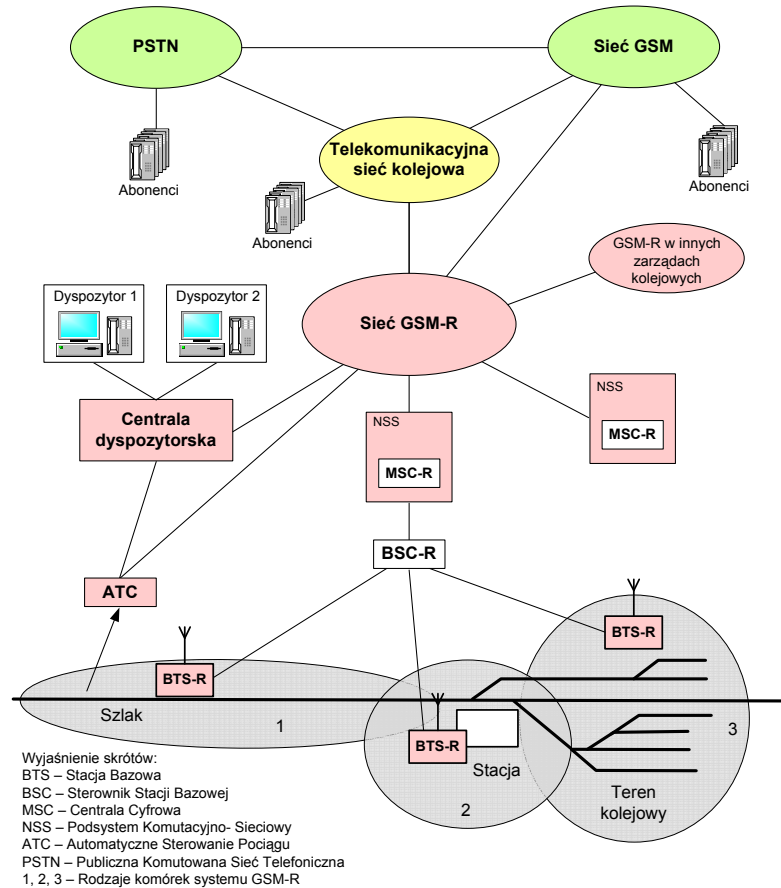
Działanie ETCS w oparciu o medium transmisyjne jakim jest GSM-R nie wymaga stosowania sygnalizacji bocznej co pozwala na zredukowanie kosztów inwestycji i utrzymania urządzeń obecnie używanych. Jeszcze większą redukcję sygnalizacyjnych urządzeń naziemnych i zwiększenie przepustowości linii można osiągnąć poprzez dodatkowe wykorzystanie określania precyzyjnej pozycji poprzez satelitarny system nawigacyjny GPS (*ang. Global Positioning System*).

Wprowadzenie ERTMS ma za zadanie unifikację standardów systemów sygnalizacji i kontroli prędkości stosowanych na terenie Europy. Obecnie jest ich ponad dwadzieścia różnych rodzajów, co stanowi bardzo duże utrudnienie dla maszynistów i grup serwisowych, którzy muszą znać każdy z systemów.

Systemowi GSM-R postawione zostały wymagania jakości usług QoS (*ang. Quality of Service*). Jednym z najważniejszych parametrów jakościowych w GSM-R jest dostępność usług, która ustanowiona jest na 99,95%. Istotnymi parametrami jest maksymalny czas zestawiania połączenia o normalnym priorytecie, który nie powinien przekraczać 7,5 sekundy, oraz prawdopodobieństwo niepowodzenia w nawiązaniu połączenia, które powinno być mniejsze od 10^{-3} . Dla trwającego połączenia określono kilka najważniejszych parametrów jakościowych, m.in. bitową stopę błędów czyli BER (*ang. Bit Error Rate*), która określa stosunek ilości błędnych bitów do wszystkich przesłanych bitów. Dla kanału o przepływności 2,4 kbit/s w 90% czasu trwania połączenia wartość BER nie powinna przekroczyć 10^{-4} . Prawdopodobieństwo rozłączenia ustalono na nie większe niż 0,0001. System GSM-R obsługuje terminale poruszające się z prędkością do 500 km/h. Im większa prędkość pojazdu tym częstsza zmiana komórek, dlatego bardzo ważnym parametrem jest maksymalny czas przełączenia pomiędzy komórkami (*ang. handover*). Zastosowane mechanizmy przełączania muszą zapewniać prawidłowe przełączenie komórek, w czasie nie większym niż 300ms w 99,5% przypadków [5].

Podstawowa infrastruktura GSM-R jest bardzo zbliżona do infrastruktury systemu GSM. Jednak ze względów funkcjonalnych jest wzbogacona o kilka elementów, które nie występują w systemach publicznych. Wiąże się to z usługami typowo kolejowymi takimi jak: adresowanie funkcyjne czyli klasyfikowanie poszczególnych abonentów według grup ważności, zastosowano tu specjalną bazę danych zwaną rejestrem adresowania funkcyjnego. Infrastruktura GSM-R jest również wzbogacona o podzespoły współpracujące z systemem automatycznej kontroli pociągu oraz centralę przeznaczoną do obsługi dyspozytorów. W systemie tym wymagana jest realizacja połączeń grupowych, dyspozytorskich oraz połączeń wysoko-priorytetowych, których czas zestawienia nie powinien przekraczać jednej sekundy. W GSM-R oprócz terminali przenośnych, znanych z systemów GSM, również stosuje się terminale tzw. przewoźne montowane w lokomotywach pojazdów szynowych. Przy projektowaniu systemu GSM-R zdecydowano się na przejście od GSM między innymi algorytmów przydziału kanałów radiowych oraz zarządzania i utrzymania sieci.

Rozmieszczenie stacji bazowych w systemach GSM-R może odbywać się na cztery różne sposoby w zależności od wymaganego bezpieczeństwa. Wybór sposobu rozmieszczenia i połączenia stacji bazowych powinien być podyktowany klasą i przeznaczeniem linii kolejowej, jej przepustowością i wymaganym poziomem bezpieczeństwa. Można wyróżnić trzy podstawowe typy stosowanych komórek. Zostały one przedstawione na rysunku 1. Pierwszym (1) są to komórki, które z założenia pokrywają tylko obszar linii kolejowej. Cechuje je długi kształt i niewielka szerokość. Drugim typem są komórki (2) pokrywające tereny stacyjne i częściowo linie kolejowe. Mają zazwyczaj kształt kolisty lub eliptyczny. Trzecim typem są komórki duże (3), pokrywające inne tereny kolejowe takie jak bocznice, kompleksy budynków kolejowych itp. Każdy z typów komórek obsługuje wszystkie rodzaje radiotelefonów. Wielkość komórek i ich kształt można zmieniać poprzez regulację poziomu mocy oraz stosowanie anten dookólnych, szerokokątnych bądź liniowych. System GSM-R ma zastosowanie służbowe, więc nie przewidziano w nim pokrycia radiowego terenów innych niż tereny kolejowe.



Rys. 1. Ilustracja organizacji sieci GSMR na PKP

2.2. Transmisja danych

Transmisja danych w GSM-R wspiera cztery zasadnicze grupy usług: wiadomości tekstowe, główne aplikacje transmisji danych, automatyczne fakсы oraz aplikacje wspierające sterowanie pociągu. Wiadomości tekstowe można rozsyłać na dwa sposoby: punkt-punkt pomiędzy dwoma użytkownikami lub rozsiewczo do wielu użytkowników jednocześnie. Usługa transmisji danych związana jest ze zdalnym sterowaniem urządzeniami pokładowymi i trakcyjnymi, automatycznym sterowaniem ruchem pociągów, kontrolą bezpieczeństwa ruchu pojazdów szynowych oraz z aplikacjami przeznaczonymi dla pasażerów. Wśród aplikacji dedykowanych dla pasażerów transportu kolejowego mogą znaleźć się informacje o rozkładach pociągów, informacje o pogodzie, dostęp do sieci Internet. W sieci GSM-R wprowadzono metody transmisji pakietowej GPRS i EDGE znane z publicznych rozwiązań.

Normy standaryzacyjne GSM-R określają minimalną prędkość transmisji danych, która wynosi 2,4 kbit/s. Ponadto w kolejowym systemie komórkowym opcjonalnie możliwa jest implementacja systemów pakietowej transmisji danych takie jak GPRS czy EDGE. Standardy te zostały omówione we wcześniejszym rozdziale. W systemie GSM-R zarówno infrastruktura jak i sposób realizacji transmisji danych nie różnią się niczym od tych stosowanych w publicznych sieciach komórkowych.

2.3. Usługi w sieci GSM-R

Usługi wymagane w kolejnictwie różnią się znacznie od tych oferowanych standardowo przez publicznych operatorów GSM. W sieciach kolejowych stosuje się pewną hierarchię, każdemu z użytkowników należy przydzielić prawa dostępu do usług i aplikacji.

Infrastruktura kolejowej sieci komórkowej jest w zasadzie taka sama jak ta stosowana w publicznych sieciach GSM, jednak aby świadczyć usługi kolejowe należało rozbudować ją o pewne elementy: rejestr wywołań grupowych (znany również z GSM Phase 2+), rejestr adresowania funkcyjnego, centralę obsługującą dyspozytorów, oraz podzespoły współpracujące z systemem automatycznego sterowania ruchem pociągów ATC (*ang. Automatic Train Control*). Elementy systemu GSM-R komunikują się ze sobą za pomocą znanego standardu sygnalizacyjnego SS7 [12].

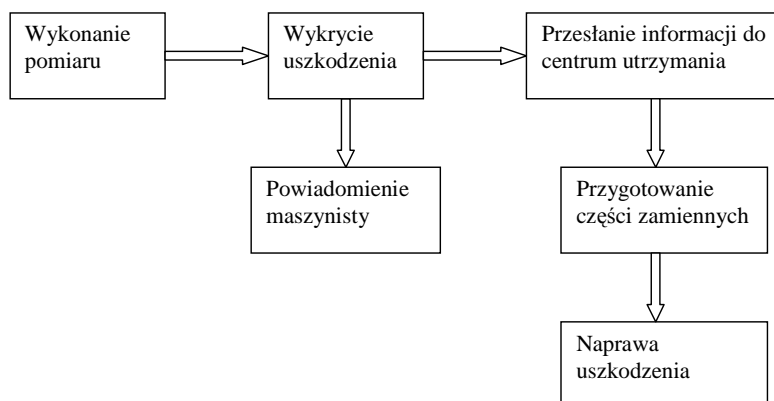
Do najważniejszych usług realizowanych w systemie GSM-R można zaliczyć [11]:

- usługę nadawania komunikatów do wielu użytkowników jednocześnie, czyli komunikatów rozsiewczych (*ang. broadcasting*),
- usługę adresowania funkcyjnego polegającą na przypisaniu do danego abonenta numeru, który identyfikuje go ze względu na pełnioną funkcję,
- usługę rozmów grupowych, która jest realizowana rozsiewczo, jednak połączenie jest zestawiane w technice duplex
- usługę połączenia wysoko-priorytetowe, które są zestawiane w bardzo krótkim czasie. Czas ten z założenia nie powinien przekraczać jednej sekundy. Mechanizmem określającym priorytet połączeń jest eMLPP (*ang. enhanced Multi-Level Precedence Preemption*). Jego głównym celem jest zabezpieczenie przed wystąpieniem natłoku w sieci tak aby w każdym momencie można było wykonać połączenie wysoko-priorytetowe. Funkcje eMLPP wykorzystywane są: w połączeniach punkt-punkt, głosowych połączeniach rozsiewczych oraz w połączeniach grupowych.
- usługę lokalizacji położenia realizowana jest poprzez wysyłanie krótkich komend zawierających numery identyfikacyjne stacji bazowej, w której aktualnie znajduje się pociąg. W celu otrzymania bardziej precyzyjnych informacji wykorzystuje się system nawigacji satelitarnej GPS. Dane otrzymane z tego systemu przesyła się poprzez sieć GSM-R do osób zarządzających ruchem kolejowym. Zapewnienie większej dokładności określania położenia pojazdu szynowego pozwala na zmniejszenie odległości między pociągami, co w znaczny sposób przyczynia się do zwiększenia przepustowości linii kolejowych oraz poprawienia wyników ekonomicznych przewoźnika.
- usługę wezwania alarmowego. Są to połączenia, którym nadano najwyższy możliwy priorytet. Realizowane są w nagłej potrzebie spowodowanej

wystąpieniem sytuacji alarmowej. Zapewnienie najwyższego priorytetu i bardzo szybkiego czasu zestawienia tego typu połączenia znacznie poprawia bezpieczeństwo, eliminuje lub zmniejsza skutki niepożądanych zdarzeń i skraca czas reakcji służb ratunkowych. Wezwania alarmowe można podzielić na dwa rodzaje: pociągowe wezwania alarmowe i manewrowe wezwania alarmowe. Pociągowe wezwania alarmowe powinny być rozesyłane do wszystkich maszynistów i kontrolerów znajdujących się na danym obszarze. Manewrowe wezwania alarmowe rozsyłane są do wszystkich użytkowników realizujących połączenia w trybie manewrowym na obszarze obejmującym manewry pojazdu szynowego.

- usługę przesyłania krótkich wiadomości tekstowych znana z publicznych sieci GSM została wykorzystana w sieci kolejowej między innymi do przekazu szyfrowanych komunikatów decyzyjnych nakazujących wykonywanie różnych działań związanych z prowadzeniem pojazdu szynowego. Popularne wiadomości SMS w tym wypadku mogą przekazywać informacje o potrzebie ograniczenia prędkości, konieczności zatrzymania pociągu i innych. Wymiana wiadomości tekstowych odbywa się głównie między maszynistami pociągów a dyspozytorami. Przez sieć przesyłany jest jedynie kod komunikatu, który w terminalu adresata jest zamieniany na pełną wiadomość tekstową
- usługę łączności bezpośrednia DM (*ang. Direct Mode*), pozwalającej na realizację połączeń bez użycia stałej infrastruktury systemu komórkowego. Połączenia realizowane za pomocą tej metody stosowane są zazwyczaj w sytuacjach awaryjnych, kiedy standardowa infrastruktura systemu komórkowego jest z jakiegoś powodu nieosiągalna. W GSM-R występuje również usługa transmisji informacji diagnostycznych zaliczymy: zbieranie danych z przyrządów pomiarowych umieszczonych w różnych częściach pojazdu szynowego, koncentrację zebranych danych i przesłanie zebranych danych diagnostycznych poprzez sieć GSM-R do centrum utrzymania. Obieg informacji i kolejność wykonywanych czynności została przedstawiona na rysunku 2.

Natychmiastowe przesłanie informacji o wykryciu awarii w pociągu przynosi wiele korzyści między innymi: minimalizuje czas naprawy, skraca czas opóźnień, upraszcza proces naprawy, przyczynia się do wzrostu wydajności, redukuje koszty operacyjne, powoduje wzrost zadowolenia Klienta końcowego. Ponadto możliwa jest optymalizacja magazynu części zamiennych oraz optymalne ustalenie priorytetu zadań naprawczych w czasie rzeczywistym.



Rys. 2. Przesyłanie informacji diagnostycznych o wykryciu awarii w pociągu

3. KONCEPCJA SYSTEMU DOSTĘPOWEGO DO SIECI INTERNET W WYBRANYCH WAGONACH POCIĄGU

W tej części artykułu zostanie przedstawiony projekt koncepcyjny sieci dostępowej dla wagonów UIC-Z oraz 154A eksploatowanych na polskich kolejach. System zapewniający dostęp do sieci Internet w wagonach pociągu oparty jest na transmisji pakietowej realizowanej przez dwa typy komórkowych sieci cyfrowych. Wybór sieci jest mechanizmem dynamicznym i zależy od ich dostępności. Siecią priorytetową jest sieć jednego z operatorów publicznych, w której w zależności od lokalizacji dane mogą być transmitowane w czterech standardach: GPRS, EDGE, UMTS oraz HSDPA z maksymalną prędkością transmisji 3,6 Mb/s. Drugą z sieci jest GSM-R, w której zaimplementowany jest standard GPRS oraz EDGE. Sieć kolejowej łączności komórkowej stanowi redundancję w systemie. Należy podkreślić fakt, że sieć operatora publicznego może nie być osiągalna. Powodem może być na przykład zbyt duża prędkość pociągu. W takim przypadku możliwe jest korzystanie jedynie z komórkowej sieci kolejowej. Transfery osiągnięte w obu sieciach, poprzez zastosowanie specjalistycznego przełącznika warstwy trzeciej mogą się sumować. W sieci dostępowej zastosowano punkty dostępowe WLAN działające w standardach: IEEE 802.11b oraz IEEE 802.11g [3].

W koncepcji systemu dostępowego przyjęto następujące założenia:

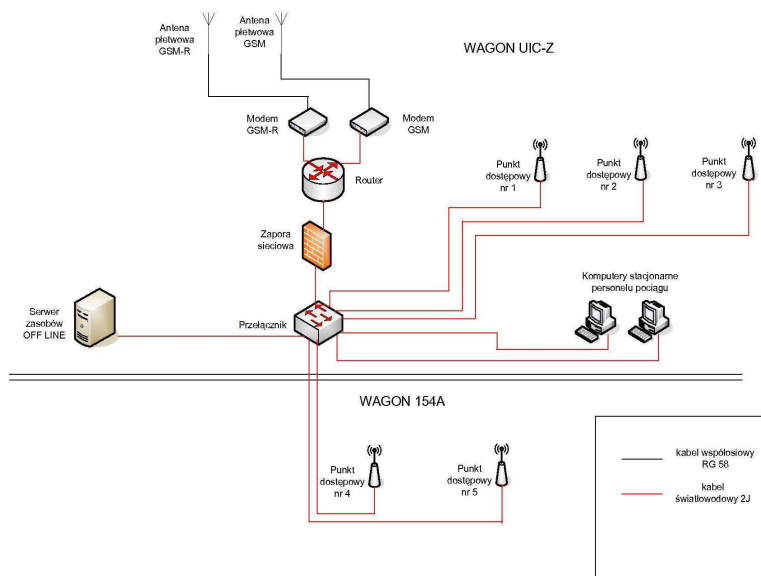
- system ma gwarantować dostęp do sieci Internet w wagonach pociągu;
- komunikacja pomiędzy punktami dostępowymi oraz urządzeniami użytkowników końcowych odbywa się w standardzie IEEE 802.11b lub IEEE 802.11g;
- usługi dostarczane użytkownikom końcowym powinny cechować się stabilnością;
- przepływność gwarantowana na jednego użytkownika w kanale „w dół” (od punktu dostępowego do terminala użytkownika) powinna wynosić co najmniej 20 kb/s;
- przepływność „w górę” dla jednego użytkownika jest nie mniejsza niż 10% przepływności „w dół”;
- przepływność będzie przydzielana każdemu z użytkowników dynamicznie, w zależności od dostępności sieci;

- zapewniony będzie dostęp do treści specjalnych (na przykład dedykowana strona startowa z reklamami lub informacjami o przewoźniku kolejowym);
- w systemie przewidziany jest serwer zawierający bazę plików multimedialnych takich jak filmy, pliki muzyczne, książki elektroniczne.

System powinien zapewniać personelowi pociągu usługi dostępu do poczty elektronicznej, dostępu do intranetowej sieci kolejowej oraz w przyszłości system może być rozbudowany o kolejne aplikacje (na przykład aplikacje dedykowane dla kolei) i funkcjonalności (na przykład monitoring wagonów przy wykorzystaniu kamer pracujących w technologii bezprzewodowej). Natomiast pasażerom system powinien zapewniać następujące usługi dostępu do poczty elektronicznej, możliwość przeglądania stron internetowych, bezpiecznego dostępu do wydzielonych sieci korporacyjnych VPN, możliwość porozumiewania się z innymi użytkownikami Internetu za pomocą komunikatorów tekstowych oraz głosowych a także dostęp do bazy plików dźwiękowych, wideo oraz książek elektronicznych dostępnych na serwerze pociągowym.

System składa się z urządzeń telekomunikacyjnych rozmieszczonych w dwóch wagonach (rys. 3). W wagonie typu UIC-Z została przewidziana instalacja głównych komponentów systemu: routera, przełącznika, serwera zasobów multimedialnych oraz modemów sieci komórkowych. Na dachu wagonu UIC-Z powinny być zainstalowane anteny współpracujące z sieciami GSM i GSM-R. Ponadto w wagonie tym przewidziano adaptację jednego z przedziałów dla potrzeb personelu pociągu. W przedziale tym znajdują się dwa komputery stacjonarne włączone do sieci dostępowej. Sieć radiową wewnątrz wagonów stanowi pięć radiowych punktów dostępowych. Trzy z nich znajdują się w wagonie typu UIC-Z, dwa kolejne w wagonie 154 A [6].

Ze względu na środowisko w jakim pracuje sieć zaproponowane zostało zastosowanie okablowanie światłowodowe. Użycie kabli optotelekomunikacyjnych pozwala na zachowanie kompatybilności elektromagnetycznej oraz uniknięcia zakłóceń przesyłanych sygnałów. Do połączeń urządzeń sieciowych zostały wykorzystane wielomodowe kable światłowodowe. Ze względu na wymagania teletransmisyjne oraz odległości pomiędzy urządzeniami należy zastosować kabel stacyjny dwuwłóknowy (2J). Jest on całkowicie dielektryczny oraz odporny na zakłócenia elektromagnetyczne. Może być układany w pobliżu instalacji elektrycznych.



Rys. 3. Schemat logiczny urządzeń sieci dostępowej

4. ZAKOŃCZENIE

Systemy sieci dostępowych w wagonach pociągu nie są jeszcze masowo wdrażane na polskiej kolei. Pierwsza instalacja prototypowa systemu dostępowego znalazła się w wagonie konferencyjnym własności spółki PKP Intercity. Na szerszą skalę systemy takie zostały wdrożone między innymi w Wielkiej Brytanii, Szwecji, Włoszech i we Francji. Wprowadzenie systemu zapewniającego dostęp do sieci Internet w wagonach pociągu może przyciągać większą liczbę klientów. Przyczyni się to do wzrostu zysków z przewozów pasażerskich. Przewoźnicy, którzy wprowadzą ten system mogą być bardziej konkurencyjni na rynku kolejowym.

Głównym założeniem w przedstawionej koncepcji jest to, że warstwą pośrednią łączącą sieć dostępową z globalną siecią Internet są cyfrowe sieci komórkowe. Sieć publiczna GSM zapewnia dużo większą przepływność w transmisji danych jednak w warunkach kolejowych może pracować niestabilnie. Ponadto należy podkreślić fakt, że obszary na których świadczone są usługi szybkiej transmisji danych ograniczają się jedynie do dużych miejskich aglomeracji. W transporcie kolejowym, w którym środki transportu poruszają się po bardzo zróżnicowanym pod względem urbanizacji terenie, stanowi znaczne ograniczenie. Ponadto sieć publiczna GSM nie jest przystosowana do działania przy dużych prędkościach, z jakimi mogą poruszać się pociągi. Mechanizmy przełączające pomiędzy komórkami przy dużych prędkościach mogą nie działać prawidłowo co będzie skutkowało zerwaniem połączenia lub pojawianiem się błędów w transmisji. Sieć GSM-R mimo tego, że udostępnia mniejszą przepływność transmisji danych, jest doskonale przygotowana dla transportu kolejowego. Z przeprowadzonej analizy tych systemów

wynika, że najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie publicznej sieci komórkowej GSM jako redundancję sieci GSM-R. Równoległe wykorzystanie obydwu sieci komórkowych zapewnia odpowiedniej szerokości pasmo do transmisji danych.

Zakłada się, że dzięki takiej polityce transportowej interoperacyjnej koleje europejskie zdołają osiągnąć do 2020 r. następujące cele: 10% udziału w rynku przewozów pasażerskich UE, co oznacza podwojenie liczonych w pasażerokilometrach przewozów w ciągu niespełna 20 lat, 15% udziału w rynku przewozów towarowych UE, co oznacza potrojenie liczonych w tonokilometrach przewozów w ciągu niespełna 20 lat, trzykrotne zwiększenie efektywności, wyeliminowanie katastrof w kolejowym europejskim ruchu interoperacyjnym, podniesienie o 50% efektywności wykorzystania energii, zmniejszenie o 50% emisji substancji szkodliwych oraz zwiększenie wydolności sieci kolejowej dla umożliwienia realizacji planowanych przewozów kolejowych [7].

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Beeby I.: Train Communications Systems. London, document PDF, 2006
- [2] Bielicki Z.: Łączność Paneuropejska. Nowe Sygnały nr 4. KOW, Warszawa 2000
- [3] Folga K.: Sieci bezprzewodowe – najszybszy rozwój. Networld nr 7. IDG, Warszawa 2007
- [4] International Union of Railways, Project EIRENE – Functional Requirements Specification, 2006
- [5] International Union of Railways, Project EIRENE – System Requirements Specification, 2006
- [6] Komorowski D.: Dostęp do sieci Internet w wagonach pociągu z wykorzystaniem cyfrowej sieci komórkowej GSM-R. Praca dyplomowa WT PW (Kierownik pracy M.Siergiejczyk), Warszawa 2007
- [7] Posiedzenie Rady Ministrów z dnia 6 marca 2007 r. (www.mt.gov.pl)
- [8] Przelaskowski K.: Eksploatacja systemu GSM-R w kolejnictwie europejskim. Przegląd Telekomunikacyjny Nr 2-3, 2003
- [9] Seminarium: Radiołączność w kolejnictwie wczoraj – dziś – jutro, SI i TK RP, Radom 2003
- [10] Siergiejczyk M.: Koncepcja wykorzystania usług inteligentnych w cyfrowych sieciach telefonii komórkowej dla potrzeb transportu. Międzynarodowa Konferencja Naukowa Transport XXI wieku. Warszawa 2004
- [11] Siemens: Bezprzewodowa łączność GSM-R. Nowe Sygnały nr 29, KOW, Warszawa 2001
- [12] Urbanek A.: Komunikacja kolejowa GSM-R. Networld nr 1. IDG, Warszawa 2005
- [13] Urbanek A.: Technologie dostępu szerokopasmowego. Networld nr 9. IDG, Warszawa 2006
- [14] Urbanek A.: Technologia pakietowa GPRS. Networld nr 2. IDG, Warszawa 2000