

Niektóre problemy praktyczne występujące w układach sterowania i telekomunikacji KDP

WSTĘP

Harmonizacja i integracja norm technicznych europejskich Zarządów kolejowych sprzyja lepszemu wykorzystaniu kolei jako środka transportu w Europie. Każda europejska linia znajdująca się w „Transeuropejskim Systemie Kolejowym Dużych Prędkości” powinna spełniać niezbędne i określone **Dyrektywą 2008/57/WE** warunki dotyczącą interoperacyjności systemów kolejowych. Celem tej Dyrektywy jest umożliwienie ruchu pociągów dużych prędkości pomiędzy poszczególnymi sieciami kolejowymi Unii Europejskiej. Dyrektywa ma na celu wdrożenie interoperacyjności sieci europejskiej dużych prędkości poprzez regulację poszczególnych faz projektowania, budowy, etapowego uruchamiania i eksploatacji.

Przepisy Dyrektywy (z późniejszymi zmianami) dotyczą parametrów, składników, interfejsów i procedur niezbędnych i wystarczających do zapewnienia interoperacyjności. Sieć pociągów dużych prędkości jest to system składający się z kolejowej infrastruktury, stałych instalacji, sprzętu logistycznego i taboru kolejowego.

Dyrektywa przedstawia zasadnicze wymagania dotyczące zespołu warunków, jakie powinny być spełnione w celu zapewnienia interoperacyjności Europejskiej Sieci Kolei Dużych Prędkości (KDP). Państwa członkowskie UE mają obowiązek przestrzegania zasadniczych wymagań w celu osiągnięcia interoperacyjności KDP w Europie.

W załączniku III wspomnianej Dyrektywy są określone ogólnie wymagania dotyczące bezpieczeństwa, niezawodności, zdrowia osób, ochrony środowiska, kompatybilności technicznej i eksploatacji.

Zasadnicze wymagania sprecyzowane są w «Technicznych Specyfikacjach

Interoperacyjności» (TSI). Specyfikacje te precyzują podstawowe elementy każdego podsystemu i w szczególności określają składniki odgrywające zasadniczą rolę z punktu widzenia interoperacyjności. Europejska Agencja Kolejowa ERA (*European Railway Agency*), od utworzenia w roku 2004, zajmuje się opracowywaniem i korygowaniem TSI.

Dyrektywa jest podstawowym elementem trójpoziomowej architektury zaleceń i norm na która składają się:

- Dyrektywy z zasadniczymi wymaganiami, jakie system powinien spełniać;
- Technicznych Specyfikacji Interoperacyjności (TSI), które powinny zostać przyjęte w ramach ustanowionych przez Dyrektywę;
- Zespołów pozostałych specyfikacji europejskich, w szczególności, europejskie normy opracowane przez europejskie organy normalizacyjne: CEN (Europejski Komitet Normalizacyjny), CENELEC (Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki) oraz ETSI (European Telecommunications Standards Institute).

Transeuropejska sieć pociągów dużych prędkości dzieli się na kilka podsystemów.

Każdy z nich podlega własnemu regulaminowi. Unia Europejska ustanawia normy zarządzania podsystemami według państw członkowskich. Dyrektywa określa również podział funkcji i prerogatyw państw członkowskich, instytucji zamawiających, producentów oraz jednostek notyfikowanych.

Dyrektywa przewiduje dokładne przepisy w zakresie poprawnego zastosowania wymagań interoperacyjności. Wspomniane wymagania dotyczą pozwolenia na oddanie do użytku, procedury sprawdzającej WE oraz deklaracji sprawdzającej WE w odniesieniu do zasadniczych wymagań oraz technicznych specyfikacjach interoperacyjności TSI, jak również roli organów notyfikowanych oraz współpracy z nimi.

Wszystkie etapy realizacji inwestycji linii KDP, od momentu powstania koncepcji do momentu jej uruchomienia, określone są w normie CENELEC EN 50126. Wyszczególnione są tam dokładnie zadania i obowiązki, przy szczególnym zwróceniu uwagi na kwestie Bezpieczeństwa, Jakości (RAM) oraz zagadnienia techniczne.

Takie samo podejście stosowane jest na poziomie każdego podsystemu.

Dla *systemu zarządzania ruchem kolejowym*, najważniejsze z punktu widzenia jego zdefiniowania, zaprojektowania, zainstalowania i przeprowadzenia prób są poniższe normy:

- EN50126: Kolejnictwo. Specyfikacja niezawodności, podatności utrzymaniowej, i bezpieczeństwa (RAMS),
- EN50128: Kolejnictwo: Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania. Programy dla kolejowych systemów sterowania i zabezpieczenia,
- EN50129: Kolejnictwo: Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania. Elektroniczne systemy sygnalizacji związane z bezpieczeństwem.

System zarządzania ruchem musi zagwarantować bezpieczną jazdę pociągów, z tego względu ważne jest, aby przy opracowywaniu projektu wymienione poniżej normy zostały wzięte pod uwagę:

- R009-001: Kolejnictwo: Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania. Niebezpieczne awarie i poziomy integralności bezpieczeństwa (SIL - Safety Integrity Level).
- R009-004: Kolejnictwo: Systematyczne definiowanie wymogów dotyczących integralności bezpieczeństwa.

¹ dr inż. Politechnika Warszawska, Wydział Transportu. Instytut Kolejnictwa

- EN50159-1: Kolejnictwo: Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania. Część 1: Bezpieczna łączność w układach zamkniętych.
- EN50159-2: Kolejnictwo: Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania. Część 2: Bezpieczna łączność w układach otwartych.

Systemy urządzeń zarządzających ruchem kolejowym na stacjach (interlocking)

Oprócz wspomnianych wyżej norm stosowanych do systemu zarządzania ruchem, którego część stanowią urządzenia zarządzające ruchem na stacjach kolejowych (interlocking), podczas opracowywania projektu oraz jego realizacji należy zwrócić szczególną uwagę na zapisy normy:

- IEC 62279: Zastosowania kolejowe – Systemy komunikacji, sygnalizacji i przetwarzania danych – Oprogramowania dla kolejowych systemów sterowania i zabezpieczeń.

Jednym z ważniejszych systemów, które będą miały zastosowanie w KDP jest system ERTMS (European Rail Traffic Management System- Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym), który został zaprojektowany w celu ustanowienia zintegrowanego i przyjaznego użytkownikom (przewoźnikom) systemu transportu kolejowego. ERTMS jest zunifikowanym systemem Bezpiecznej Kontroli Jazdy Pociągami (BKJP) klasy A (zgodnie z terminologią Unii Europejskiej) i umożliwia prowadzenie ruchu kolejowego z prędkością dochodzącą do 500 km/h.

Na system ERTMS składają się dwa podstawowe komponenty:

- system ETCS – Europejski System Sterowania Pociągami (European Train Control System) który zapewnia realizację sygnalizacji kabinowej i ciągłą kontrolę pracy maszynisty;
- system GSM-R Globalny System Kolejowej Radiokomunikacji Ruchomej (Global System for Mobile Communication – Rail) jest kolejową wersją systemu GSM, pracującą w paśmie 900 MHz. GSM-R udostępnia użytkownikom obok kanału rozmównego cyfrowy kanał radiowy do przesyłania danych i realizacji funkcji, przewidzianych dla specjalistycznych zastosowań dla kolei.

Odnośnie urządzeń automatycznej kontroli pociągów określonych w europejskich standardach, system ERTMS/ETCS musi spełniać wymagania wszystkich obowiązkowych norm i zaleceń określonych przez Europejską Agencję Kolejową (ERA), a konkretnie:

- Specyfikacja interoperacyjności (TSI) dla systemów sterowania kolei dużych prędkości (2006/860/WE)
- Modyfikacja Załącznika A 2010/79/EC. Najważniejsze normy z tego załącznika dotyczące projektowania funkcjonalnego to:
- 99E5362: Oświadczenia funkcjonalne ERTMS (wersja 2.0.0)
- UNISIG SUBSET-26: Specyfikacja wymagań systemowych (wersja 2.3.0)

Systemy łączności radiowej do kierowania i obsługi ruchu kolejowego

Zastosowanie standardowego systemu automatycznej kontroli jazdy pociągów ERTMS/ETCS na poziomie zastosowania 2, wymaga wykorzystania systemu telefonii komórkowej opartej na technologii GSM, przeznaczonej dla środowiska kolejowego, GSM-R.

Sieć GSM-R musi spełniać obowiązkowe normy, które mają duże znaczenie przy projektowaniu i definiowaniu funkcji systemu tj:

- EIRENE FRS: GSM-R Specyfikacja wymagań funkcjonalnych (wersja 7)
- EIRENE SRS: GSM-R Specyfikacja wymagań systemowych (wersja 15)
- EN301515: Wymagania dla pracy kolejowej sieci GSM (wersja 2.3.0)

Aby sieć GSM-R była kompatybilna ze standardem europejskim EIRENE (ang. European Integrated Railway Radio Enhanced Network) opracowanym przez Międzynarodową Organizację Kolejową UIC, musi spełniać kilka określonych wymogów. W zakresie pokrycia radiowego najważniejsze wymagania to:

- wymagany minimalny poziom pokrycia radiowego:
 - 95% prawdopodobieństwo pokrycia przy poziomie pokrycia -98 dBm dla transmisji głosowej i mało krytycznych danych,
 - 95% prawdopodobieństwo pokrycia przy poziomie pokrycia -95 dBm na liniach z systemem ERTMS/ETCS poziomu 2, przy prędkościach mniejszej lub równych 220 km/h
- zalecane wartości poziomu pokrycia radiowego:
 - 95% prawdopodobieństwo pokrycia przy poziomie pokrycia -92 dBm na liniach z ERTMS/ETCS poziomu 2, przy prędkościach maksymalnych powyżej 280 km/godz, poziom pokrycia od -95 dBm do -92 dBm z prawdopodobieństwem 95% na liniach wyposażonych w ERTMS/ETCS poziomu 2, dla prędkości wyższej niż 220 km/h i niższej niż 280 km/h.
- zaleca się, by wymagania dotyczące pokrycia radiowego były spełniane przynajmniej przez 95% czasu na 95% obszaru w dowolnej lokalizacji w odstępach co 100 m. Przekłada się to na konieczność przyjęcia podczas projektowania pokrycia radiowego pewnego marginesu bezpieczeństwa związanego z utratą sygnału. Zapewni to spełnienie warunków czasowych i przestrzennych pokrycia radiowego.

Założenia do projektowania stref pokrycia radiowego (komórek)

- Obszar, na którym zapewnia się pokrycie radiowe dla linii kolejowej, ma z reguły charakter podłużny (biegnie wzdłuż linii). Z tego względu stosuje się komórki o kształcie elipsy, której większa oś jest dużo dłuższa niż mniejsza oś. Aby nadać komórkom wspomniany, podłużny kształt, stacje bazowe BTS lokalizuje się w środku komórki i wyposaża w anteny kierunkowe dzielące moc przekaźnika i promieniujące ją z każdej strony stacji bazowej BTS. Kąt wiązki takiej anteny wynosi z reguły 65°, a zysk 17 dB. W przypadku odcinków bardzo krótkich można zastosować anteny o kącie promieniowania 30° i zysku 21 dB.
- Aby przełączenie pomiędzy stacjami bazowymi BTS było możliwe, strefy pokrycia radiowego muszą się znacznie na siebie nakładać. Umożliwia to przekazanie połączenia telefonicznego lub transmisja danych z jednej komórki do drugiej. Obszar, w którym strefy nakładają się na siebie, musi być wystarczający, by terminal ruchomy połączył się z obydwoma komórkami w czasie potrzebnym na przełączenie. Zazwyczaj wystarczający czas na przełączenie połączenia wynosi 6s. Jeśli przyjmiemy, że pociągi jeżdżą z prędkością 350 km/h, minimalny obszar, na którym komórki muszą na siebie nachodzić, wynosi 600 m.
- Aby zagwarantować redundancję pokrycia radiowego to strefy pokrycia radiowego muszą być zdublowane. W tym celu instaluje się dwie niezależne warstwy pokrycia radiowego, a każda bazuje na niezależnej infrastrukturze łączności przewodowej. Najlepszym rozwiązaniem w takim przypadku jest rozmieszczenie stacji bazowych BTS obydwu warstw naprzemiennie, tzn. stacja bazowa warstwy A znajduje się pomiędzy stacjami bazowymi warstwy B i odwrotnie. Niemniej jednak, takie rozwiązanie zależy od warunków terenowych, istniejących instalacji oraz zabudowań przytorowych. Aby zapewnić większą gotowość (dostępność) i nieuszkodzalność (niezawodność) stacji bazowych BTS, należy wyposażać je w zredundowane urządzenia nadawczo-odbiorcze w konfiguracji n+1 (gdzie n to liczba aktywnych urządzeń w stacji bazowej BTS).
- Stacja bazowa danej komórki wyposażona będzie w jedno czynne urządzenie nadawczo-odbiorcze oraz jedno rezerwowe znajdujące się w trybie stand-by. Taka konfiguracja określana jest jako 1+1.
- Urządzenia sieci GSM-R są urządzeniami telekomunikacyjnymi i muszą spełniać normy telekomunikacyjne. Podczas projektowania oraz definiowania funkcjonalnego systemów telekomunikacyjnych, pierwszym krokiem jest określenie wszystkich usług niezbędnych dla użytkownika systemu kolejowego, wymagających wykorzystania sieci fizycznej telekomunikacyjnej, sieci teletransmisyjnej czy też sieci dostępowej.

Podobnie jak w przypadku kolejowego systemu zarządzania, należy stosować następujące normy:

- EN50126: Kolejnictwo. Specyfikacja niezawodności, podatności utrzymaniowej, i bezpieczeństwa (RAMS)
- EN50128: Kolejnictwo: Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania. Programy dla kolejowych systemów sterowania i zabezpieczenia
- EN50129: Kolejnictwo: Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania. Elektroniczne systemy sygnalizacji związane z bezpieczeństwem.
- Podczas projektowania funkcjonalnego systemów łączności należy uwzględnić normy związane z bezpieczeństwem, aby móc przypisać poszczególnym funkcjom dany poziom SIL.
- R009-001: Kolejnictwo: Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania. Niebezpieczne awarie i poziomy integralności bezpieczeństwa (SIL).
- R009-004: Kolejnictwo: Systematyczne określanie wymogów integralności bezpieczeństwa

W zakresie systemów teletransmisyjnych większość norm odnoszących się do sieci fizycznej (okablowania) odpowiada normom wyposażenia i instalacji stosowanych w telekomunikacji publicznej, nie wpływając w dużym stopniu na funkcjonalność telekomunikacyjnych systemów dla potrzeb kolei.

Dla sieci transportu danych i sieci dostępu należy uwzględnić następujące normy:

- UIC 917-1: Przepisy techniczne dla międzynarodowych połączonych wzajemnie kolejowych sieci transmisji danych.
- ITU-T G.707: Interfejs węzłów sieci dla Synchronicznej Hierarchii Systemów (SDH).
- ITU-T G.803: Architektura sieci transportowych oparta na SDH.
- IEEE 802.3 Ethernet.

Podstawowym systemem dla potrzeb przekazywania informacji między urządzeniami stacjonarnymi srk znajdującymi się w centrum zarządzania ruchem a urządzeniami mobilnymi srk zainstalowanymi na pokładzie pojazdu trakcyjnego jest system GSM-R. System ten, w porównaniu z publicznym systemem GSM, musi spełniać dodatkowe wymagania związane z szeroko pojętym bezpieczeństwem przesyłania danych, które to dane są bezpośrednio związane z bezpieczeństwem ruchu kolejowego.

Bezpieczeństwo przesyłania danych składa się z:

- bezpieczeństwa wynikającego z funkcji GSM R – tj. zamknięte grupy użytkowników, adresowanie obszarowe, adresowanie funkcyjne, wywołania alarmowe, priorytety, numeracja,
- bezpieczeństwa telekomunikacyjnego.

Bezpieczeństwo telekomunikacyjne systemu GSM-R

W systemie GSM-R oprócz mechanizmów stosowanych obligatoryjnie, niezmiernie ważne jest dobranie odpowiedniej struktury systemu, poprzez określenie m.in. nadmiarowości poszczególnych elementów. Przeznaczenie systemu GSM-R oraz jego wpływ na bezpieczeństwo ruchu kolejowego, nakłada na projektantów obowiązek zapewnienia systemowi odporności na uszkodzenia i zakłócenia oraz na potencjalne zagrożenia dla struktur telekomunikacyjnych. Pojęcie „bezpieczeństwa telekomunikacyjnego” można rozpatrywać jako zbiór metod oraz mechanizmów, których zastosowanie

zapewnia wysoki poziom dostępności oraz niezawodności systemu. Przyjęcie takiego określenia zobowiązuje do opracowania strategii, zapewniającej utrzymanie niezbędnego poziomu bezpieczeństwa oraz przygotowanie planów funkcjonowania systemu w sytuacjach szczególnych zagrożeń. Scenariusze te określane są mianem *Disaster Recovery* tj. odtwarzanie infrastruktury po awarii i są to procesy i procedury związane ze wznowieniem lub utrzymywaniem infrastruktury technicznej, krytycznej dla danej organizacji, po wystąpieniu katastrofy naturalnej lub wywołanej przez człowieka [1]. Do zdarzeń katastroficznych można zaliczyć m.in. pożar, powódź, wyładowania atmosferyczne, huragan, ataki terrorystyczne oraz inne wypadki powodujące zniszczenie urządzeń telekomunikacyjnych. Operatorzy sieci GSM-R (a może już projektanci) powinni opracować strategię *Disaster Recovery* dla sieci, która to strategia będzie podstawą wdrożenia tej funkcjonalności.

W strategii *Disaster Recovery* dla sieci GSM-R należy określić następujące zagadnienia i wymagania:

- definicja awarii tzn. podanie stanu granicznego, poniżej którego system jest w stanie awarii;
- czas odtworzenia systemu dla usług priorytetowych;
- wykaz usług, które są priorytetowe po odtworzeniu (rodzaje połączeń usługi o wartości dodanej);
- metoda odtworzenia systemu (interwencja w miejscu powstania stanu awaryjnego, zdalne przeprogramowywanie, lokalizacja personelu utrzymania).

W oparciu o priorytetowy poziom usług, które po odtworzeniu muszą być zachowane, można zidentyfikować krytyczne urządzenia systemu GSM-R i zapewnić ich redundancję.

Komponenty, których uszkodzenie w najwyższym stopniu może wpłynąć na poprawną pracę systemu, powinny być dublowane. Należą do nich indywidualne karty i łącza telekomunikacyjne. Aktywacja (i tam, gdzie jest to niezbędne, rekonfiguracja) redundantnych urządzeń powinna być możliwa w działającym systemie np. zdalnie z centrum eksploatacyjno-utrzymaniowego OMC.

Architektura systemu GSM-R powinna być zaprojektowana tak, aby uwzględniała minimalne przerwy w świadczeniu usług przy uszkodzeniu jednego lub więcej elementów. Osiąga się to poprzez kombinację redundancji urządzeń i odporności sieci na uszkodzenie pojedynczych elementów sieciowych. Konsekwencją poważnej awarii sieci GSM-R jest utrata zdolności eksploatacyjnej tzn. przerwa w świadczeniu usług na całej sieci kolejowej w dłuższym okresie czasu niż to wynika ze zdefiniowanego maksymalnego czasu naprawy. W większości przypadków utratę tą spowoduje awaria:

- aktywnego podsystemu NSS (Network Switching Subsystem);
- sterownika BSC (Base Station Controller);
- podsystemu OMC (Operation and Maintenance Centre) - dla radia lub komutacji, przy czym nie jest to bezpośrednio oddziaływanie.

Planowanie *Disaster Recovery* jest częścią większego procesu planowania ciągłości działania i obejmuje określenie procedur wznowienia aplikacji, danych, sprzętu i łączności. Wyróżnia się trzy podstawowe fazy wchodzące w skład działań dotyczących zdarzeń katastroficznych:

- a) faza przygotowań – przed wystąpieniem awarii lub katastrofy;
- b) faza przystąpienia do naprawy – rozpoczynająca się w momencie zdiagnozowania awarii lub katastrofy i podjęcia pierwszych działań mających na celu przywrócenie sprawności systemu;
- c) faza naprawy - rozpoczynająca się kilka dni lub tygodni po wystąpieniu awarii lub katastrofy.

W trakcie procesu projektowania sieci zakłada się pewne scenariusze, w których poszczególne elementy systemu ulegają awarii lub zniszczeniu. Przywydywanie tego typu zdarzeń pozwala określić elementy krytyczne dla funkcjonowania całego systemu i dobrać odpowiedni sposób ich zabezpieczenia. Naturalną metodą pozwalającą na zwiększenie niezawodności, bezpieczeństwa i dostępności sieci jest redundancja. Odnosi się ona zarówno do informacji przechowywanych w rejestrach jak i do elementów sprzętowych, które mogą być dublowane w różny sposób m.in. n+1, 1+1, 1:n. Praca tych elementów może odbywać się w trybie gorącej lub zimnej rezerwy. Nadmiarowość może także dotyczyć wykonywania kopii całości danych lub też tylko tych, których wartość jest szczególnie ważna.

Nadmiarowość składników systemu GSM-R, może dotyczyć redundancji:

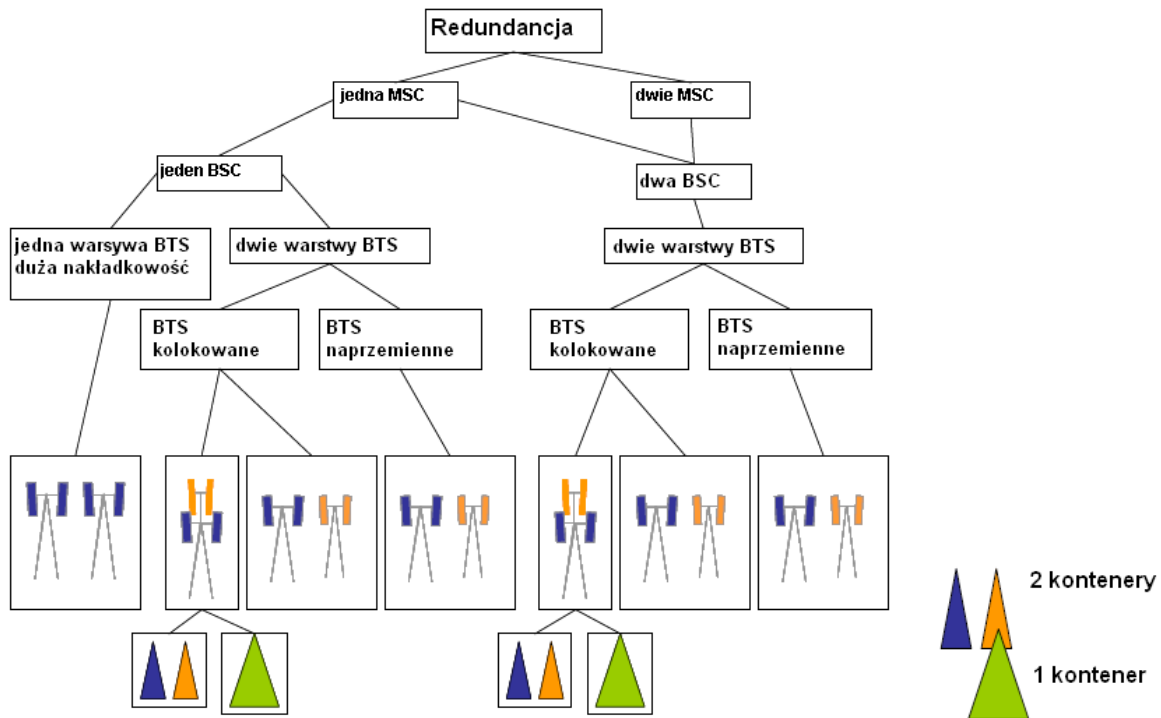
- całego systemu;
- poszczególnych podsystemów np. stacji bazowych BSS, podsystemu komutacyjno sieciowego NSS, centrum eksploatacyjno-utrzymaniowe OMC;
- poszczególnych elementów wchodzące w skład systemu np. centrala MSC, rejestr HLR;
- poszczególnych składników wchodzących w skład elementów systemu np. karty procesorowe centrali MSC, interfejsy.

Oprócz dublowania poszczególnych elementów systemu, nadmiarowość stosowana jest również w doniesieniu do składników takich jak np. karty procesorowe centrali MSC czy interfejsy. Taki rodzaj nadmiarowości jest określane mianem „redundancji wewnętrznej” i jest obecnie stosowany przez wszystkich producentów sprzętu GSM-R.

Przy układaniu planu aplikacji “disaster recovery” należy rozpatrzyć kilka opcji [3]:

- zdublowanie wszystkich systemów sieci szkieletowej i umieszczenie ich w innej odległej lokalizacji. W tej opcji przywrócenie funkcjonalności sieci jest najszybsze, choć koszty największe;
- rozproszenie wszystkich kluczowych urządzeń w różnych lokalizacjach, co ograniczy wpływ uszkodzenia pojedynczych elementów.
- teoretycznym rozwiązaniem jest rozwiązanie polegające na tym, że aplikację “disaster recovery” dostarcza trzecia strona (np. operator sąsiedniej kolei). Jest to możliwe w przypadku gdy oba systemy są kompatybilne i może dotyczyć to tylko głównych składników sieci GSM –R np. centrali MSC. Praktycznie koleje europejskie, jak do tej pory, nie stosują takiego rozwiązania.

Na rysunku poniżej przedstawiono poglądowo, możliwe warianty konfiguracji systemu GSM-R ze względu na redundancję.



Rys.1 Możliwe warianty konfiguracji systemu GSM-R ze względu na redundancję

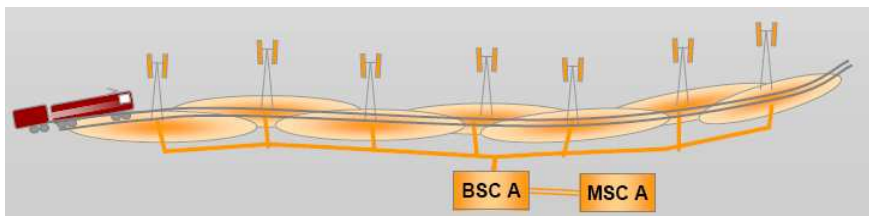
Drzewo wyboru dot. architektury systemu GSM-R (opracowanie własne na podstawie [3]...

Pierwszą decyzją jest decyzja dotycząca obiektów centralowych, co do których stosuje się mechanizmy redundancji geograficznej. Decyzja ta oznacza umiejscowienie centrali rezerwowej MSC w innej lokalizacji niż centrala podstawowa. Architektura z dublowaną centralą pozwala na bezprzerwowe świadczenie usług w wypadku np. przerwy w dostawie energii elektrycznej, awarii systemu zasilania lub też przerw wynikających z czynności eksploatacyjno-utrzymawczych takich jak wymiana oprogramowania w której kolwiek lokalizacji.

Zdublowane urządzenie może być zainstalowane w stanie wyczekiwania, fizycznie rozłączone z siecią lub może być w stanie aktywnym i przetwarzać dane. W przypadku zdublowania centrali MSC rozpatruje się dwa rozwiązania [3]:

- **Load sharing (z podziałem zasobów):** każda centrala MSC jest podłączona do sieci i jest aktywna. Sterowniki BSC funkcjonujące w sieci są przypisane do poszczególnych centrali MSC. Ponieważ jeden, ten sam sterownik BSC może być podłączony tylko do jednej centrali MSC, w przypadku awarii, wszystkie podłączone do niej sterowniki BSC tracą zdolność obsługi, do momentu aż ruch zostanie przekierowany do elementu rezerwowego. Rozwiązanie to wymaga rekonfiguracji rezerwowej centrali MSC i sterowników BSC, przełączenia łączy transmisyjnych oraz uaktualnienia informacji w rejestrze VLR. Sterowniki BSC podłączone do uszkodzonej centrali MSC sygnalizują utratę usługi.
- **Standby (tryb rezerwy):** dodatkowa centrala MSC nie jest fizycznie połączona z siecią i pracuje w trybie rezerwy. W przypadku uszkodzenia centrali MSC, brak usługi wykazują wszystkie sterowniki BSC obsługiwane przez daną centralę. Rozwiązanie to wymaga skonfigurowania rezerwowej centrali MSC, w celu zastąpienia funkcji uszkodzonej centrali MSC (w przypadku, gdy sieć ma jedną aktywną MSC, można przyjąć, że konfiguracja MSC będącej w stanie oczekiwania jest już przygotowana), przełączenia łączy transmisyjnych oraz uaktualnienia informacji w rejestrze VLR. Sterowniki BSC podłączone do uszkodzonej centrali MSC sygnalizują utratę usługi. Liczba sterowników BSC pozostających bez obsługi jest większa niż w opcji load sharing, a ich konfiguracja nie jest wymagana, ponieważ rezerwowa centrala MSC zastępuje w pełni tą uszkodzoną.

Kolejnym krokiem jest podjęcie decyzji w sprawie nadmiarowości podsystemu BSS. Dla danego odcinka linii kolejowej, podobnie jak w przypadku centrali, istnieje możliwość zainstalowania jednego lub dwóch sterowników BSC. W przypadku użycia jednego sterownika BSC, oprócz dwóch opcji z podwójnym pokryciem (BTS kolokowane lub BTS naprzemienne), dochodzi rozwiązanie polegające na zastosowaniu jednej warstwy pokrycia radiowego z dużą nakładkowością komórek.

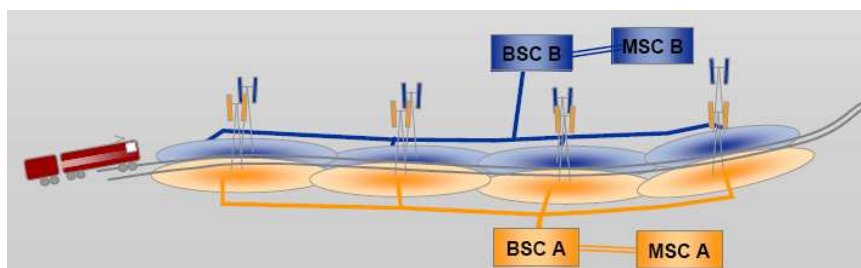


Rys.2 Jedna warstwa pokrycia radiowego z dużą nakładkowością [1]

Rozwiązanie to pozwala zachować ciągłość pokrycia radiowego w przypadku awarii jednej ze stacji bazowych BTS i zwiększa poziom niezawodności przy najmniejszych kosztach. Może za to wpływać na pogorszenie jakości usługi QoS, ze względu ma dużą liczbę zmian częstotliwości (handover) między stacjami bazowymi BTS. Przy tak gęstym usytuowaniu stacji bazowych BTS pracujących w jednej warstwie, ważnym zagadnieniem jest gospodarka częstotliwości. Przypisanie odpowiednich kanałów do sąsiednich stacji bazowych BTS (sektorów) powinno uwzględniać odstęp kilku częstotliwości, w celu uniknięcia interferencji między nimi.

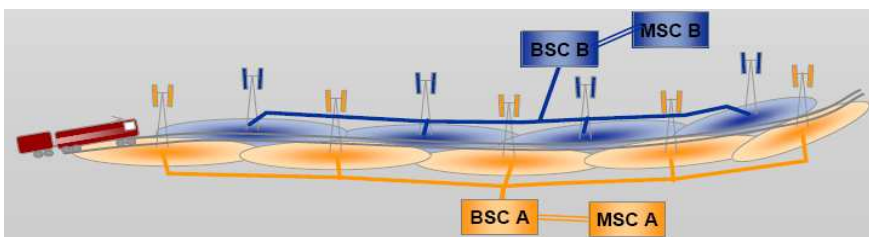
Kolejnym rozwiązaniem nadmiarowości systemu BSS występującym zarówno w opcji z jednym sterownikiem BSC jak i dwoma, jest podwójne pokrycie radiowe. Może być ono realizowane na dwa sposoby:

- a) Stacje bazowe BTS kolokowane (usytuowane w jednej lokalizacji) – elementy zestrojów antenowych warstwy podstawowej i rezerwowej mogą być zawieszane z wykorzystaniem jednego lub dwóch masztów/wież. Podobnie urządzenia BTS mogą być umieszczone w jednym kontenerze telekomunikacyjnym lub dwóch oddzielnych. Oczywiście opcja dublowania elementów konstrukcyjnych powoduje zwiększenie kosztów budowy systemu.



Rys.3 Podwójne pokrycie radiowe - BTS kolokowane [1]

- b) Stacje bazowe BTS usytuowanie naprzemiennie – rozwiązanie to wymaga posadzenia największej liczby masztów/wież ze wszystkich ww. rozwiązań. Zapewnia redundancję podsystemu BSS i zwiększa niezawodność systemu.



Rys. 4 Podwójne pokrycie radiowe - BTS usytuowane naprzemiennie [1]

Użycie dwóch centrali MSC oraz jednego sterownika BSC, nie jest rozwiązaniem zalecanym, gdyż w przypadku awarii centrali, przywrócenie funkcjonalności sieci wymaga ręcznego przełączenia sterownika do centrali rezerwowej a uszkodzenie sterownika powoduje awarię całej sieci.

Redundancja jest również ważna w systemach teletransmisyjnych. Zastosowanie struktur samonaprawialnych SDH, zapewnienie dwóch dróg optycznych lub użycie radiolinii jako rezerwowego systemu transmisyjnego są przykładami nadmiarowości sieci telekomunikacyjnej, zwiększającymi niezawodność i bezpieczeństwo świadczenia teleusług.

Konfiguracja sieci dostępowej SDH tworzy pętle do transmisji danych STM1, które zbierają ruch telekomunikacyjny wszystkich stacji bazowych w pętli i transportują go do sterownika stacji bazowej swojej warstwy

Dostarczane usługi telekomunikacyjne to głównie łącza typu E1 (2 Mb/s) ustanawiane między urządzeniami transmisyjnymi zainstalowanymi w stacjach bazowych i koncentratorze (sterownikiem stacji bazowej), dostarczającym wymagane łącza do podsystemu stacji bazowych GSM-R.

Konfiguracja łącza E1 tworzy węzły tak, że łącza zaczynają i kończą się w sterownikach stacji bazowych odpowiednio warstwy A i B. Każde z łączy E1 obsługuje tzw. interfejs Abis systemu GSM-R, łączący stacją bazową ze sterownikiem stacji bazowej. Aby interfejs Abis miał rzeczywistą topologię pętli, która umożliwiłaby łączność pomiędzy sekwencją stacji bazowych korzystających z głównego łącza E1 w razie jego awarii, sieć telekomunikacyjna powinna posiadać drugie łącza E1 - rezerwowe, które obiega sekwencję stacji bazowych w przeciwnym kierunku. Zgodnie z powyższym każdy interfejs Abis wyposażony jest w dwa łącza typu E1 dla pętli stacji bazowych.

Należy wspomnieć, iż rozwiązanie zapewniające największy poziom niezawodności i bezpieczeństwa telekomunikacyjnego jest także rozwiązaniem najdroższym. Wynika to faktu dublowania całego systemu, łącznie z zapewnieniem alternatywnych systemów transmisyjnych oraz źródeł zasilania.

Zarządca infrastruktury kolejowej dysponujący określoną kwotą pieniędzy, musi określić jaka struktura systemu jest dla niego najkorzystniejsza, nie tylko z punktu widzenia obciążeń finansowych ale i przyszłej eksploatacji systemu. Zalecane jest, aby na liniach na których system GSM-R ma współpracować z systemem ETCS poziom 2/3, stosowane były mechanizmy niezawodnościowe. Architektura systemu GSM-R, pozwala projektantom systemu dostosować użyte rozwiązania do wymagań stawianych przez system ETCS.

PROBLEMY PRAKTYCZNE WYSTĘPUJĄCE W UKŁADACH STEROWANIA I TELEKOMUNIKACJI KDP

Podstawą do prawidłowego działania systemów sterowania ruchem KDP jest by zarówno system sterowania ETCS jak system przesyłania informacji GSM-R były zaprojektowane, wykonane, odebrane i eksploatowane zgodnie z zaleceniami i normami obowiązującymi na terenie Unii Europejskiej.

Jest to warunek konieczny ale nie wystarczający, ponieważ normy i zalecenia dotyczą w dużej mierze tylko istniejących systemów sterowania i przesyłania informacjami związanych ze sterowaniem dla potrzeb KDP.

Chcąc dobrze zaprojektować np. system transmisji informacji (danych) dla potrzeb KDP projektant powinien rozpatrzyć wiele zagadnień, które nie są ujęte w normach i zaleceniach a które mają duży wpływ na proponowane w projekcie rozwiązania. Ponadto normy i zalecenia dotyczą systemów, które są obecnie stosowane i praktycznie nie dotyczą systemów, które mogą być używane za kilka lat. Należy również brać pod uwagę fakt, że planując stacjonarną sieć teletransmisyjną opartą na sieci światłowodowej należy uwzględnić również potrzeby transmisji innych systemów związanych z wprowadzaniem nowych usług dla pasażerów jak i potrzeby związane z postępowaniem technicznym w zakresie prowadzenia ruchu kolejowego, kierowania i zarządzania podmiotami kolejowymi.

Zagadnienia te mają różną wagę, niemniej jednak powinny one być uwzględnione w systemach telekomunikacyjnych. Należy tu przypomnieć, że w warunkach polskich, projektowanie tych systemów, zgodnie z planem, odbywać się będzie prawdopodobnie za około 6-8 lat. Do tych problemów można zaliczyć:

1. Kable światłowodowe

W zaleceniach i normach zalecane jest, by transmisja informacji w sieci stacjonarnej dla potrzeb KDP odbywała się poprzez kable światłowodowe ułożone w pętli po obu stronach torowiska ze względu na samo naprawialność sieci SDH. Teoretycznie pętla powinna być zrealizowana między posterunkami zapowiadawczymi. W warunkach polskich, przy nowobudowanej sieci KDP odległości te mogą wynosić nawet ponad 100km. Czy dla zwiększenia niezawodności sieci światłowodowej nie należałoby tych pętli zmniejszyć i określić maksymalną długość pętli światłowodowych na podstawie rozmieszczenia stacji BTS systemu GSM-R np. maksymalna długość pętli światłowodowej, a co za tym idzie pętli SDH, obejmuje np. 10 stacji BTS.

2. Ilość włókien w kablach światłowodowych

Projektując kable światłowodowe dla potrzeb KDP należy określić ilość włókien w kablach. Ilość włókien jest uzależniona od ilości przesyłanych danych, usług teleinformatycznych, które będą świadczone nie tylko dla potrzeb sterowania ruchem ale także dla wygody i bezpieczeństwa pasażerów. Ogólnie można stwierdzić, że ilość jak i „ważność” przesyłanych informacji z roku na rok wzrasta. Niektóre aplikacje wymagają osobnych włókien (np. automatyka kolejowa, systemy p-poż.), a inne mają osobne wymagania dotyczące jakości świadczonych usług (np. w zakresie elementowej stopy błędów, pasma, opóźnienia). Można postawić pytanie czy wszystkie włókna, które przenoszą różnej klasy dane powinny znajdować się w tym samym kablu czy też włókna przeznaczone do określonych aplikacji powinny być umieszczone w osobnych kablach i w przypadku awarii powinny być one dostępne tylko dla odpowiedniego serwisu, który będzie odpowiedzialny za prawidłowe działanie danej aplikacji np. serwis odpowiedzialny za system ERTMS. Już obecnie rozwijana jest technika mikrokabli, w których mogą znajdować się włókna dedykowane dla poszczególnych aplikacji. Zaletą takiego rozwiązania będzie zwiększenie „autonomii” poszczególnych systemów, zmniejszenie prawdopodobieństwa przypadkowych ingerencji w systemy np. przy naprawach medium transmisyjnego itd. Zagospodarowywanie rurociągu kablowego może być sukcesywne tzn., że w miarę wzrostu zapotrzebowania na włókna światłowodowe, do rurociągu będzie można wprowadzać, metodą pneumatyczną, dodatkowe mikrorurki z mikrokablami. Jest to cenna zaleta, ponieważ obecnie obserwuje się szybki rozwój techniki światłowodowej w sieciach dostępowych. Dużo urządzeń końcowych/wykonawczych sterowanych jest bezpośrednio poprzez włókna światłowodowe np. kamery do monitoringu, wszelkiego rodzaju switch'e, routery, sterowniki itp. Wszystko wskazuje na to, że jest to tendencja stała. Skutkiem tego są trudności w dokładnym zaplanowaniu potrzeb w zakresie ilości włókien światłowodowych w perspektywie kilku lat. Ponadto przy stosowaniu tradycyjnych kabli światłowodowych, mających włókna zapasowe, wprowadzanie nowych urządzeń z interfejsami światłowodowymi powoduje konieczność cięcia włókien światłowodowych i ponownego ich spawania po podłączeniu urządzenia. W rezultacie wprowadzane jest dodatkowe tłumienie, powodujące degradację parametrów światłowodu. W przypadku zastosowania techniki mikrokanalizacji cały trakt światłowodowy praktycznie może składać się z wielu mikrokabli umieszczonych w osobnych mikrorurkach i wtedy istnieje możliwość dedykowania „osobnych” kabli dla poszczególnych aplikacji np. osobny mikrokabel dla srk, osobny dla sterowania podstacji trakcyjnych, osobny dla aplikacji DSAT itd. Można założyć, że technika ta w ciągu najbliższych lat będzie się rozwijała i będzie stosowana powszechnie w wydzielonych sieciach transmisji danych.

3. Monitorowanie włókien światłowodowych

Włókna światłowodowe stanowią medium poprzez które będą transmitowane dane do wszystkich systemów, które będą zaimplementowane dla potrzeb KDP. Z tego powodu stan techniczny tego medium powinien być monitorowany poprzez okresowe pomiary albo ciągle za pomocą automatów pomiarowych. Pomiary okresowe praktycznie mogą być wykonywane tylko na włóknach rezerwowych (ciemnych) dając pośredni obraz stanu włókien czynnych tzn. takich po których odbywa się transmisja. Automaty pomiarowe mogą monitorować zarówno włókna ciemne jak i włókna czynne. Włókna czynne monitorowane są za pomocą sond pomiarowych, które z czynnego włókna wydzielają określoną część mocy optycznej (np.5%) i na tej podstawie określają parametry badanego włókna. Istotną sprawą jest decyzja czy będą monitorowane wszystkie włókna czy tylko włókna wybranych aplikacji np. włókna używane przez ERMTS, sterowanie elektrotrakcją itp. Decyzja o ilości i metodzie monitorowania włókien w zasadzie powinna należeć do inwestora i w dużej mierze będzie zależała od czasu w którym będzie podejmowana - np. za 5 czy za 10 lat?

4. Nowe usługi dla pasażerów

W KDP będą oferowane nowoczesne usługi teleinformatyczne, których zadaniem będzie poprawienie obsługi i komfortu jazdy pasażerem. Do usług tych można zaliczyć multimedialne systemy informacji podróży. Podróżny będzie mógł otrzymywać informację przed podjęciem podróży (np. system planowanie podróży), podczas podróży (bieżąca informacja o odchyleniach od rozkładu jazdy, informacja o przesiadkach i połączeniach z innymi środkami transportu), informacja po zakończeniu podróży (informacja o połączeniach z komunikacją miejską, informacja/rezerwacja miejsc hotelowych, zamawianie taxi, itp.). KDP będą oferowały usługę szerokopasmowego dostępu do Internetu, sprzedaż biletów na komórkę (e-ticket), bezpośrednie połączenia z centrum informacyjnym (Contact Center), bezpośredni dostęp do cyfrowej telewizji, video na żądanie (VoD) i inne aplikacje czasu rzeczywistego. Usługi te będą wymagały szerokopasmowej transmisji pomiędzy szybko poruszającym się pociągiem a stacjonarnym Centrum.

5. Usługi związane z bezpieczeństwem pasażerów

KDP muszą zapewniać bezpieczeństwo podróżnym od momentu znalezienia się do momentu opuszczenia przez pasażera terenu kolejowego lub nawet „terenu przykolejowego” np. bezpieczeństwo pasażera na przystanku komunikacji miejskiej przy dworcu kolejowym. Bezpieczeństwo podróży pasażera w sensie „safety” zapewnione jest przez systemy srk (np. ETSC), systemy monitorowania stanu taboru (np. systemy DSAT), systemy zapewniające dostarczenie energii do sieci trakcyjnej, systemy p-poż itp. Systemy te są zdefiniowane poprzez odpowiednie zalecenia i standardy. Natomiast bezpieczeństwo pasażera w sensie „security” w zasadzie nie jest zestandaryzowane i powinno być zapewnione w ramach budowy konkretnej linii KDP

Do podstawowych zagrożeń należą zagrożenia życia osób przebywających na dworcach kolejowych, zarówno podróżujących jak i osób pracujących na dworcu. Dotyczy to przede wszystkim zagrożeń terrorystycznych (pozostawione walizki, podejrzan paczki wrzucane do koszy na śmieci), jak i zagrożeń ze strony przestępców, chuliganów, bezdomnych (nachalne żebractwo) itp. Innym zagrożeniem jest zagrożenie wynikające z utrzymania czystości na terenie dworca kolejowego. Niebezpieczne z punktu widzenia pasażerów mogą być różnego rodzaju rozlane ciecze, „przysłowiowa” skórka od banana, jak również palące się śmieci.

Nie należy zapomnieć również o bezpieczeństwie pasażerów wsiadających i wysiadających do/z pociągu. Obserwacji należy poddać przestrzeń pomiędzy krawędzią peronu a pociągiem zapobiegając odjazdowi pociągu w przypadku znalezienia się tam człowieka i pasażerów dobiegających do ruszających pociągów.

Czułym punktem monitoringu dworców kolejowych są kasy. Należy zwrócić szczególną uwagę na zawartość kas czyli pieniądze, umożliwiając obserwację zarówno osób podchodzących do kas jak również samych kasjerek. Należy zapewnić także bezpieczne konwojowanie zawartości kas na zewnątrz.

Kolejnym zagrożeniem jest bezpieczeństwo drogi kolejowej -mosty wiadukty, tunele, i bezpieczeństwo pociągów – pozostawienie niebezpiecznych paczek, płynów, środków chemicznych.

Innym zagrożeniem jest bezpieczeństwo dóbr podlegających ochronie znajdujących się na dworcu lub w bliskim jego otoczeniu. Należy strzec przed kradzieżą pojazdy pozostawionych na parkingu przed dworcem, bagaż podróżujących jak i wszelkiego rodzaju punkty usługowe znajdujące się na dworcu (kioski, bary, restauracje, kawiarenki, sklepy itp.).

Należy dodać, że zagrożenia powyższe występują przez cały czas a więc system monitoringu powinien zapewniać bezpieczeństwo przez 24 godziny na dobę [2],[8].

Wszystkie te zagrożenia mogą być zminimalizowane poprzez odpowiednio „inteligentne” systemy monitoringu monitorujące zachowanie podróżnych na dworcach i w pociągach a także poprzez systemy monitorujące drogę kolejową (głowice stacyjne, mosty, wiadukty).

6. Systemy bezpieczeństwa danych

Wszystkie dane przesyłane w ramach systemu KDP powinny być odpowiednio chronione w zależności od aplikacji. Intuicyjnie można określić, że dane związane z systemami prowadzenia ruchu pociągów muszą być bardziej zabezpieczone niż dane przekazywane do systemów informacji podróży. Stopień bezpieczeństwa danych w systemach nie związanych z bezpośrednim zagrożeniem życia ludzkiego będzie zależał przede wszystkim od inwestora (im lepsze ochrona tym droższa).

Informatyczne systemy kolejowe dążą do centralizacji. Do przesyłania danych wykorzystują sieć pracującą zgodnie z protokołami TCP/IP (Intranet). Wiąże się to z niebezpieczeństwem ataku hakierskiego i ewentualnym przejęciem lub modyfikacją danych co może spowodować np. zaburzenia w prowadzeniu ruchu pociągów. Obecnie na świecie obserwuje się tendencje do budowy systemów rozproszonych co zasadniczo zmniejsza możliwości hakierskiego włamania. Innym

zagrożeniem jest kontrola dostępu do systemów. Obecne systemy są zabezpieczone loginem i hasłem. W pewnych przypadkach może być to nie wystarczające zabezpieczenie ponieważ login i hasło może być wykradzione lub wymuszone. Pewniejszym zabezpieczeniem jest system biometrii polegający na skanowaniu indywidualnych cech upoważnionych osób (administratorów/operatorów systemów informatycznych). Do cech tych można zaliczyć linie papilarne, układ żylny ręki czy też skanowanie twarzy.

7. Nowe usługi i nowe rozwiązania techniczne

Upływ czasu powoduje, że powstają coraz to nowe usługi, coraz to nowsze rozwiązania techniczne, które w systemach rozległych wymagają coraz to większej przepustowości dla transmisji danych np. system ETCS poziomu 3 potrzebuje więcej danych niż poprzednie wersje, elektroniczna sprzedaż biletów, itp. Powstają centra nadzoru, sieci nadzoru, systemy wspomagające zarządzanie (Operations Support System /Business Support System – OSS/BSS), rozwijają się systemy automatyki kolejowej, powstają systemy nadrzędne CUID, SEPE, SAP, SILK itd. Wszystkie te systemy zbierają i generują potoki danych, które są lub będą przesyłane przez sieć teleinformatyczną. Każda usługa ma przypisaną do niej jakość (QoS) co najmniej w zakresie dopuszczalnego opóźnienia, elementowej stopy błędów (BER), dostępności, co rzutuje na wielkość i architekturę tych sieci. Wszystko wskazuje na to, że architektura sieci będzie wielowarstwowa. Najwyższa warstwa będzie zrealizowana w technice „IP over WDM”, warstwa pośrednia - „MPLS-TP” (MPLS -Transport Profile), warstwa najniższa - „PBB –TE (The Provider Backbone Bridges – Traffic Engineering standard, IEEE 802.1ah)

ZAŁOŻENIA DO PROJEKTOWANIA SIECI GSM – R DLA POTRZEB KDP - STUDIUM PRZYPADKU

Przystępując do opracowania do założeń dla systemu GSM – R należy zadać pytanie kiedy ten system będzie wdrożony do eksploatacji. Według stanu na rok 2011 linia „Y” KDP w Polsce ma być uruchomiona w roku 2020.

Biorąc pod uwagę, z jednej strony zakres prac związanych z tym przedsięwzięciem, należy stwierdzić, że jest to bardzo krótki okres budowy linii KDP, z drugiej zaś, sytuację kryzysową w Świecie i Europie oraz stan zaawansowania realizacji Narodowego Planu Wdrożenia ERTMS w Polsce, nie można wykluczyć, że realizacja sieci KDP przesunie się od 2 do 4 lata w stosunku do 2020r. Jest to istotne, ponieważ już obecnie obserwuje się bardzo intensywny rozwój bezprzewodowych sieci dostępowych, który ma doprowadzić do szerokopasmowego publicznego dostępu do Internetu z dowolnego miejsca i w dowolnym czasie, co niewątpliwie będzie miało swoje przełożenie na systemy łączności bezprzewodowej w kolejnictwie.

Już obecnie toczą się próby wprowadzenia do systemu GSM-R techniki GPRS. Przewiduję się, że technika ta będzie dostępna w roku 2015 i że do tego roku zostaną opracowane standardy GPRS dla systemu GSM-R i dla systemu ETCS [4]. Z tego wynika wniosek, że stosowany obecnie system GSM-R z komutacją kanałów nie będzie miał zastosowania w roku 2020.

Według literatury przedmiotu, operator szwedzkich linii kolejowych zamierza eksploatować system GSM-R tylko do roku 2020 uznając, że system GSM z komutacją kanałów ze względu na swoje ograniczenia (wąskie pasmo, ograniczona ilość kanałów, mała szybkość transmisji) stanie się w tym czasie systemem przestarzałym technicznie. Już w tej chwili można powiedzieć, że żadna z dostępnych technologii bezprzewodowych nie może dostarczyć wszystkich niezbędnych usług, ale zastosowanie skoordynowanej strategii połączenia różnych technologii może to uczynić. Jest oczywistym, że opcje technologiczne mają bezpośredni wpływ na decyzję, czy konkretny sprzęt będzie zainstalowany tylko na pokładzie taboru, czy na pokładzie i przy torze, i czy połączenie z siecią stałą, ze względu na bezpieczeństwo, będzie połączeniem krytycznym czy niekrytycznym.

Rynek systemu GSM-R, ze swej istoty jest rynkiem malejącym. Już w tej chwili wszystkie znaczące zarządy kolejowe w Europie mają lub kończą wdrażać na swoich sieciach system GSM-R. W Polsce PKP PLK jest na etapie pilotowego wdrażania systemu GSM-R, w ramach wdrażania systemu ERTMS, na odcinku linii E30 Legnica – Bielawa Dolna [7]. Stowarzyszenie producentów systemu GSM-R (Industry Group) przewiduje w swojej strategii wsparcie i rozwój systemu tylko do roku 2025 [3]. W tej sytuacji należy rozważyć, jaki system łączności bezprzewodowej dla KDP w Polsce w latach 2020-2024 należy zaimplementować. Na pewno już dzisiaj można powiedzieć, że nie będzie to GSM R z komutacją kanałów, może będzie to GSM-R/GPRS ale jest duże prawdopodobieństwo, że będzie to Future Railway Mobile Radio System (FRMRS) prawdopodobnie w oparciu o LTE-R (*Long Term Evolution for Railway*) lub zharmonizowane działanie wszystkich dostępnych systemów bezprzewodowego dostępu (Satelita, GPRS, WiFi, WiMax, LTE-R i...). Według dzisiejszych prognoz, system FRMRS będzie wdrażany na europejskich liniach kolejowych już od 2020 roku.

WNIOSKI

1. Zarówno z ekonomicznego punktu widzenia jak i wykonawstwa (projektowanie, wykonanie, odbiory i utrzymanie) jest jedna sieć teleinformatyczna, która powinna zapewniać odpowiednią jakość przesyłanych informacji w zakresie dostępności, opóźnienia, elementowej stopy błędów wszystkim systemom, które generują i odbierają dane konieczne do ich sprawnego działania.
2. Proces budowy sieci teleinformatycznej jest procesem ciągłym ponieważ sieć teleinformatyczna powinna być otwarta na rozwój obszarowy (np. budowa nowych linii KDP), rozwój ilościowy (np. wprowadzanie nowych systemów informatycznych), rozwój jakościowy (np. wprowadzanie nowych rozwiązań technicznych związanych z postępem technicznym).
3. Każdy etap budowy/rozbudowy sieci teleinformatycznej powinien być szczegółowo analizowany przez projektantów, wykonawców i inwestora. Analizy te powinny być wspierane naukowo - technicznymi opiniami.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Cellmer J *Best practices in managing the migration process and delivering on-time and on-budget* Railway Telecommunications, Warsaw, 11th of October, 2011
- [2] Garstenauer J. IRSE New Delhi 2010 GSM-R evolution towards LTE Head of Railway Solutions New Delhi India, 27th October 2010
- [3] GSM-R Industry Group, With GSM-R towards the future, Railway Telecommunications Warsaw (Poland), 11 – 13 October 2011
- [4] Hasło: disaster recovery, <http://pl.wikipedia.org>, data: 11.02.10r
- [5] Kapsch CarrierCom, ETCS over GPRS, September 2011
- [6] Lehrbaum M., GSM-R Disaster Recovery, GSM-R Business Operations, Warsaw October 2009
- [7] Markowski R., Zakłócenia systemu GSM-R przez komórkowe systemy publiczne Seminarium PKP PLK S.A Wdrożenie systemu ERTMS (ETCS i GSM-R) w Polsce - Kielce, 2011
- [8] ÖBB Information Kommunikation Technologie, Redundancy Concepts based on GSM-R systems, Railway Telecommunications Warsaw (Poland), 11 – 13 October 2011
- [9] Pushparatnam L., Taylor T., GSM-R Implementation and Procurement Guide V 1.0 15.03.2009
- [10] Sauthier E., Poutas L., Radio bearer capacity and planning for ETCS Solutions for BSS redundancy, 10th December 2003.
- [11] Siergiejczyk M., Gago S., Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa publicznego w transporcie kolejowym, - III Międzynarodowa Konferencja Naukowa pt. Bezpieczeństwo Publiczne – BP' 10, Zielona Góra 2010
- [12] Siergiejczyk M, Gago S., Zarys koncepcji systemu bezpieczeństwa na kolejowych przejściach granicznych UE - IV Międzynarodowa Konferencja Naukowa pt. Bezpieczeństwo Publiczne – BP' 11, Poznań 2011
- [13] Stafford J. Strategy options for rail mobile communications –A vision for the next generation of European railway communications interoperability - GB Rail Control & Command Signal Engineer Rail Safety and Standards Board - Railway Telecommunications Warsaw (Poland), 11 – 13 October 2011