# *Spis treści*

**1. Wstęp** ..... 9
**2. Rola GSM-R w systemie ERTMS** ..... 15
2.1. Interoperacyjność transportu kolejowego ..... 15
2.2. Uwarunkowania techniczne wdrażania systemu ERTMS ..... 15
2.3. Poziomy zaawansowania systemu ..... 17
2.4. Uwarunkowania prawne wdrażania systemu ERTMS ..... 20
**3. Charakterystyka systemu GSM-R** ..... 23
3.1. Ogólna charakterystyka systemu GSM-R ..... 23
3.2. Architektura systemu GSM-R ..... 24
3.2.1. Podsystem stacji bazowych ..... 30
3.2.2. Część komutacyjno-sieciowa NSS ..... 31
3.2.3. Centrala MSC (*Mobile Switching Centre*) ..... 32
3.2.4. Centrala GMSC (*Gateway Mobile Switching Centre*) ..... 33
3.2.5. Rejestr abonentów własnych HLR (*Home Location Register*) ..... 34
3.2.6. Centrum identyfikacji AuC (*Authentication Centre*) ..... 34
3.2.7. Rejestr identyfikacji stacji ruchomych EIR (*Equipment Identification Register*) ..... 34
3.3. Podstawowe parametry transmisji radiowej systemu GSM ..... 35
3.4. Usługi i funkcje realizowane przez system GSM-R ..... 37
**4. Analiza ruchu telekomunikacyjnego w GSM-R** ..... 41
4.1. Źródła ruchu telekomunikacyjnego w sieci GSM-R ..... 41
4.2. Połączenia głosowe ..... 43
4.3. Transmisja danych ..... 44
4.4. Usługi dodane ..... 45
**5. Identyfikacja zagrożeń transmisji informacji w systemie GSM-R** ..... 47
5.1. Ogólna klasyfikacja zagrożeń informacji ..... 47
5.2. Analiza obszarów zagrożeń informacji w systemie GSM-R ..... 49
5.2.1. Czynniki techniczne ..... 49
5.2.2. Czynniki ludzkie ..... 50
5.2.3. Czynniki organizacyjne ..... 52
**6. Analiza i szacowanie ryzyka w systemie zarządzania bezpieczeństwem informacji** ..... 53
6.1. Rola szacowania ryzyka w systemie zarządzania bezpieczeństwem informacji ..... 53
6.2. Etapy procesu szacowania ryzyka ..... 57
6.3. Identyfikacja zagrożeń i podatności w systemie cyfrowej radiołączności kolejowej ..... 63

6.4. Sztuczne sieci neuronowe jako narzędzie do szacowania ryzyka w systemie zarządzania bezpieczeństwem informacji ... 69

**7. Mechanizmy zapewnienia bezpieczeństwa transmisji informacji w sieciach komórkowych** ... 73

7.1. Zabezpieczenie dostępu do sieci ... 73

7.1.1. Identyfikacja użytkownika ... 73

7.1.2. Uwierzytelnienie użytkownika ... 74

7.1.3. Poufność tożsamości i lokalizacji abonenta ... 75

7.1.4. Poufność i integralność transmisji ... 76

7.1.5. Weryfikacja urządzenia ... 77

7.1.6. Ochrona kryptograficzna procedury dostępu ... 78

7.2. Metody zabezpieczenia sieci szkieletowej ... 80

7.2.1. Redundancja sprzętowa ... 80

7.2.2. Automatyczne systemy dozoru ... 80

7.3. Metody zabezpieczenia domeny aplikacji ... 80

7.3.1. Protokoły szyfrujące ... 80

7.3.2. Ochrona sieci sygnalizacji SS7 ... 82

7.3.3. Inne rozwiązania sprzętowe ... 83

7.4. Metody zabezpieczenia interfejsu radiowego ... *85*

7.4.1. Interfejs radiowy a model OSI ... 85

7.4.2. Szyfrowanie interfejsu radiowego ... 86

7.4.3. Identyfikacja użytkownika ... 87

7.4.4. Identyfikacja modułu użytkownika ... 88

**8. Metody zapewnienia bezpieczeństwa transmisji informacji w sieci GSM-R** ... 91

8.1. Wprowadzenie ... 91

8.2. Metody zapewnienia pokrycia radiowego ... 91

8.2.1. Podstawowe zasady planowania sieci radiowej ... 91

8.2.2. Kontrola pokrycia radiowego ... 96

8.2.3. Ocena jakości sieci radiowej ... 105

8.2.4. Dostępność usług (*Accessability*) ... 108

8.2.5. Monitorowanie ciągłości usługi (*Retainability*) ... 111

8.2.6. Dostępność zasobów sieci radiowej ... 115

8.2.7. Jakość transmisji pakietowej ... 117

8.3. Metody zapewnienia ciągłości działania systemu GSM-R ... 118

8.3.1. Analiza metod zapewnienia dostępności ... 118

8.3.2. Metoda szacowania dostępności sieci GSM-R ... 124

**9. Analiza i ocena dostępności systemu GSM-R na przykładzie ERTMS** ..... 137
9.1. Analiza wymagań dotyczących bezpieczeństwa działania systemu ..... 137
9.2. Ocena dostępności systemu GSM-R na przykładzie ERTMS ..... 139
**10. Wybrane aspekty bezpieczeństwa fizycznego i środowiskowego systemu GSM-R** ..... 145
10.1. Bezpieczeństwo fizyczne systemu cyfrowej radiołączności kolejowej ..... 145
10.2. Zagadnienia kompatybilności elektromagnetycznej w systemach cyfrowej radiołączności kolejowej ..... 153
10.3. Analiza zakłóceń odbiorników sieci GSM-R ..... 168
**11. Metody administracyjno-organizacyjne zapewnienia bezpieczeństwa transmisji informacji w sieci GSM-R** ..... 175
**12. Zakończenie** ..... 181
Literatura ..... 185
Wykaz ważniejszych symboli i skrótów ..... 195