



# INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

## PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

**Zakład Systemów Radiowych (Z-1)**

**Prace dotyczące specyfikacji szerokopasmowego,  
globalnego standardu radiokomunikacji ruchomej  
dla potrzeb publicznych służb bezpieczeństwa  
i ratownictwa**

Praca nr 01 30 002 5

Warszawa, grudzień 2005

Tytuł pracy: **Prace dotyczące specyfikacji szerokopasmowego, globalnego standardu radiokomunikacji ruchomej dla potrzeb publicznych służb bezpieczeństwa i ratownictwa**

Numer pracy: 01300025

Słowa kluczowe: cyfrowy system radiokomunikacji ruchomej; PMR; TETRA; TAPS; TEDS; MESA; EMTEL; sieci kratowe; MANET; radiostacja definiowana programowo

Kierownik pracy: mgr inż. Aleksander Orłowski

Wykonawcy pracy: mgr inż. Aleksander Orłowski (Z-1)  
mgr inż. Elżbieta Tomaszuk (Z-1)  
mgr inż. Przemysław Socha (Z-1)

Praca wykonana w Zakładzie Systemów Radiowych (Z-1) Instytutu Łączności w Warszawie

Kierownik Zakładu: mgr inż. Aleksander Orłowski

Niniejsze opracowanie może być powielane i publikowane wyłącznie w całości.  
Powielanie i publikowanie fragmentów wymaga uzyskaniu zgody Instytutu Łączności.

## Spis treści

1. Wstęp.....	4
2. System TETRA .....	4
2.1. Opis standardu ETSI .....	5
2.2. TETRA over IP / IP over TETRA .....	9
2.3. Przegląd potrzeb dotyczących transmisji danych .....	10
2.3.1. Ogólne potrzeby w zakresie transmisji danych .....	10
2.3.2. Transmisje wideo .....	11
2.3.3. Fotografie, mapy i plany .....	12
3. Rozwój systemu TETRA .....	12
3.1. TAPS.....	12
3.2. TEDS.....	13
3.2.1. Interfejs radiowy TEDS .....	16
3.2.2. Inne interfejsy TEDS.....	18
3.2.3. Wpływ czułości odbiornika MS na zasięg użyteczny BS TEDS .....	20
3.2.4. Dostępność urządzeń radiowych.....	23
3.2.5. Porównanie z innymi technologiami.....	24
4. Projekt EMTEL .....	24
5. Projekt MESA .....	26
6. Ruchoma sieć ad-hoc (MANET).....	29
6.1. Radiowe kratowe sieci lokalne .....	31
7. Radiostacje definiowane programowo .....	33
8. Podsumowanie .....	35
Bibliografia.....	36
Wykaz akronimów .....	39

## 1. Wstęp

Niniejszy dokument jest wynikiem pracy wykonanej w ramach działalności statutowej Instytutu Łączności, której celem było przygotowanie opracowania przedstawiającego stan wiedzy na temat:

- potrzeb publicznych służb bezpieczeństwa i ratownictwa w zakresie szerokopasmowych systemów radiokomunikacji ruchomej nowej generacji;
- specyfikacji technicznej globalnego standardu tego rodzaju systemu.

Dodatkowym elementem tego zadania było określenie możliwości aktywnego udziału Instytutu Łączności w pracach organizacji międzynarodowych zajmujących się zblizoną tematyką.

Jako wprowadzenie do analizy potrzeb w zakresie systemów nowej generacji przedstawiono podstawowe wiadomości nt. systemu TETRA,<sup>\*</sup> który reprezentuje poziom techniki stosowanej obecnie w radiowych sieciach dyspozytorskich wykorzystywanych przez publiczne służby bezpieczeństwa i ratownictwa do komunikacji głosowej i danych. Następnie zestawiono potrzeby tych służb dotyczące usług i aplikacji, które wymagają transmisji danych, oceniając stopień zaspokojenie tych potrzeb w sieciach systemu TETRA. Omówiono prace ETSI ukierunkowane na rozwój systemu TETRA zgodnie z potrzebami użytkowników odnośnie transmisji danych.

W ramach prezentacji różnych koncepcji nowych systemów telekomunikacyjnych dla publicznych służb bezpieczeństwa i ratownictwa przedstawiono cele nowych projektów prowadzonych przez Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych (ETSI):

- Emergency Telecommunications (EMTEL), dotyczącego standaryzacji systemów telekomunikacyjnych w aspekcie obsługi komunikacji w stanach zagrożenia;
- Mobility for Emergency and Safety Applications (MESA), prowadzonego wspólnie z TIA (Telecommunications Industry Association z USA), mającego na celu przygotowanie globalnego standardu szerokopasmowych systemów radiokomunikacji ruchomej dla służb bezpieczeństwa i ratownictwa.

Zwrócono uwagę na możliwości związane ze stosowaniem radiowych sieci lokalnych o strukturze kratowej oraz na wykorzystanie radiostacji definiowanych programowo (Software Defined Radio).

W podsumowaniu przedstawiono opinię wykonawców nt. kierunku dalszych prac związanych z tematyką opracowania.

## 2. System TETRA

Radiowe systemy dyspozytorskie są wykorzystywane przede wszystkim przez:

- służby bezpieczeństwa i ratownictwa (policja, straż pożarna, pogotowie ratunkowe), nazywane służbami "niebieskich świateł" (*blue lights services*);
- służby komunalne, odpowiedzialne za dostarczanie energii elektrycznej, gazu i wody oraz za kanalizację;
- transport publiczny (komunikacja miejska i koleje).

---

\* Często stosowane akronimy zestawiono na końcu opracowania.

Z tego względu sprawność systemów radiowej łączności dyspozytorskiej ma bezpośredni wpływ na jakość życia i bezpieczeństwo obywateli.

Najbardziej popularnym, cyfrowym systemem radiowej łączności dyspozytorskiej jest system TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*), opracowany przez Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych (ETSI).

Wg danych TETRA MoU Association, stowarzyszenia powołanego do promocji tego standardu, sieci TETRA buduje się w ponad 70 krajach świata, a liczba znaczących kontraktów na budowę sieci TETRA przekroczyła 750. W tej liczbie największy udział, ponad 50%, mają sieci budowane dla potrzeb służb bezpieczeństwa i ratownictwa, toteż wymagania tego sektora są najbardziej istotne dla wyznaczania kierunków dalszego rozwoju systemu.

## 2.1. Opis standardu ETSI

TETRA jest systemem radiowym z wielodostępem TDMA (*Time Division Multiple Access*), który w jednym kanale radiowym o szerokości 25 kHz umożliwia utworzenie czterech niezależnych kanałów fizycznych. Każdy z tych kanałów zajmuje jedną szczelinę o czasie (*time slot*)  $\sim 14,167$  ms, równym 1/4 czasu ramki TDMA (*TDMA frame*). 18 ramek formuje sygnał wieloramki, powtarzany w okresie 1,02 s. W czasie komunikacji radiowej nadajnik stacji ruchomej jest włączany tylko na czas przydzielonej szczeliny, tj. ok. 18 razy w czasie sekundy. Szczelina czasowa może być wykorzystana do transmisji cyfrowej głosu lub danych.

Jeden kanał fizyczny każdej stacji bazowej jest zarezerwowany dla potrzeb sterowania systemem (*Broadcast Control Channel, BCCH*) – zawsze pierwsza szczelina na jednej z fal nośnych stacji. Informacje z tego kanału są używane do przekazywania informacji koniecznych do synchronizacji stacji ruchomych ze stacją bazową, rozgłaszania informacji sieciowych i zarządzania połączeniami. Pozostałe szczeliny mogą być kanałami ruchowymi (*Traffic Channel, TCH*). W specyfikacji interfejsu radiowego systemu TETRA, opisanej w normie ETSI EN 300 392-2 [1], zdefiniowano różne rodzaje kanałów ruchowych TETRA:

- kanały ruchowe używane do transmisji głosu (*Speech Traffic Channel, TCH/S*);
- kanały ruchowe używane do transmisji danych o szybkości netto, zależnej od zastosowanego nadmiarowego zabezpieczenia kodowego, odpowiednio:
  - 7,2 kbit/s (TCH/7.2),
  - 4,8 kbit/s (TCH/4.8),
  - 2,4 kbit/s (TCH/2.4).

Do zabezpieczenia transmisji danych stosuje się kody splotowe o głębokości odpowiednio  $N = 1, 4, 8$ . Większe szybkości danych, odpowiednio do 28,8 kbit/s, do 19,2 kbit/s lub do 9,6 kbit/s, można uzyskać przydzielając do komunikacji z jednym terminalem do czterech szczelin czasowych jednej fali nośnej.

Zastosowanie standardowego kodowania umożliwiającego korektę błędów zmniejsza szybkość do 2,4 kbit/s (netto) na szczelinę. Szybkość ta pozwala wykorzystywać usługi takie jak WAP i przesyłanie wiadomości tekstowych, w tym e-mail. Przesyłanie obrazów (fotografie, szkice, kopie dokumentów, odciski palców) jest możliwe przy zastosowaniu odpowiedniej techniki kompresji obrazu (np. JPEG). Dla innych zastosowań multimedialnych, a nawet do transmisji grafiki o większej rozdzielczości (np. fragmentu mapy), transmisja przez kanał TETRA trwa zbyt długo.

Transmisja pakietowa w wielu szczelinach (*Multi Slot Packet Data*) teoretycznie umożliwia uzyskanie szybkości do 28,8 kbit/s (brutto) – 4 szczeliny, a z zabezpieczeniem kodowym do

9,6 kbit/s (netto) – 4 szczeliny. Z punktu widzenia potrzeb transmisji multimedialnych nie jest to przełom technologiczny.

Zasięg transmisji danych w jednej lub wielu szczelinach jest praktycznie taki sam jak dla transmisji głosu. Jednak, jeżeli te same szczeliny są dynamicznie przydzielane dla transmisji głosu i danych, z priorytetem dla głosu, to QoS dla tak zorganizowanej transmisji danych w wielu szczelinach znacznie się zmniejszy. Tak więc w rozwiązaniach praktycznych w każdej stacji bazowej należałoby rezerwować jeden radiowy zespół nadawczo-odbiorczy (jedną falę nośną) tylko dla potrzeb transmisji danych. To z kolei powodowałoby znaczące zwiększenie liczby potrzebnych radiowych zespołów nadawczo-odbiorczych i używanych fal nośnych, do 50 % w stacjach, które planowano tylko z jedną nośną, a średnio ok. 30% w całej sieci. W konsekwencji oznaczałoby znaczny wzrost kosztów budowy i utrzymania sieci przy niewielkim postępie, jeśli chodzi o dysponowaną przepływność łącza.

Ponadto transmisja (nadawanie) w wielu szczelinach znacznie zwiększa pobór mocy przez terminale użytkowników, co w przypadku zasilanych z baterii urządzeń noszonych jest parametrem krytycznym.

Z tych względów w aktualnych ofertach firm dostarczających wyposażenie sieci TETRA nie promuje się transmisji w trybie V+D w wielu szczelinach.

Osobnym trybem transmisji informacji nierozmównych w systemie TETRA są krótkie wiadomości danych (*Short Data Service, SDS*). Usługa ta ma dwie podstawowe formy:

- nadawanie i odbiór krótkich wiadomości definiowanych (wpisywanych) przez użytkownika;
- nadawanie i odbiór krótkich wiadomości wstępnie zdefiniowanych, polegające na przesyłaniu zamiast tekstu rutynowej wiadomości jej numeru w zdefiniowanym zbiorze, nazywane często przesyłaniem "statusu".

W dzisiejszej praktyce sieci TETRA są planowane dla transmisji głosu. Rzeczywisty ruch polega na połączeniach grupowych, indywidualnych i SDS. Obecnie transmisja danych pakietowych (PD) stanowi niewielki procent generowanego ruchu. W większości obecnie eksploatowanych sieci TETRA wykorzystuje się trzy ww. rodzaje transmisji danych:

- dane pakietowe, PD;
- krótkie wiadomości tekstowe, SDS;
- wiadomości statusowe.

Dane pakietowe mogą być przesyłane w dedykowanym kanale fizycznym (jedna ze szczelin czasowych) lub kanale przydzielanym dynamicznie (tzw. trybie trunkingowym).

Dedykowany kanał PD jest współużytkowany przez wszystkich aktywnych użytkowników. Dostęp do urządzeń zewnętrznych odbywa się za pośrednictwem protokołu PPP [2, 3].

Praca z kanałem dedykowanym oznacza zajęcie na stałe jednego dwupleksowego kanału każdej stacji bazowej (BS) stosowanej w systemie. Zważywszy, że spośród dysponowanych zasobów komórki radiowej (1 nośna – 4 kanały fizyczne, 2 nośne – 8 kanałów fizycznych, itd.), jeden kanał fizyczny zawsze należy przeznaczyć na potrzeby sterowania sieci, wydzielenie kanału dedykowanego dla transmisji danych oznacza istotne uszczuplenie zasobów dostępnych dla połączeń głosowych (1 nośna – 2 kanały głosowe, 2 nośne – 6 kanałów głosowych).

Sytuacje te wyjaśniono na rys. 1a dla BS pracującej z jednym dedykowanym kanałem danych (PDCH), wyposażonej w jeden lub dwa zespoły radiowe oraz na rys. 1b dla BS pracującej z jednym dedykowanym kanałem danych i dwoma kanałami przydzielanymi dynamicznie.

Z drugiej strony, jeżeli brać pod uwagę dostępność łącza transmisji danych, czas dostępu do danych w systemie z dedykowanym kanałem PD jest znacznie krótszy. Ponadto w systemie z dynamicznym podziałem kanału danych żądania przydziału kanału ruchowego dla danych powodują znaczne obciążenie głównego kanału sterującego, zmniejszając jego pojemność dla SDS i statusów.






Rys. 1a: Transmisja BS z jednym dedykowanym kanałem danych (PDCH)



Rys. 1b: Transmisja BS z jednym dedykowanym kanałem danych (PDCH) i dwoma kanałami przydzielanymi dynamicznie

gdzie:

-  PDCH – dedykowany kanał danych, użytkowany przez wszystkie MS
-  Głos – kanał tylko dla połączeń głosowych, przydzielany dynamicznie
-  Głos / Dane – kanał dla danych, kanał przydzielany dynamicznie, może być uwolniony dla zestawienia uprzywilejowanego połączenia głosowego

Poszczególne rozwiązania firmowe różnią się, np. Motorola preferuje rozwiązanie z jednym dedykowanym kanałem PD i możliwością przydzielania kolejnych kanałów dla transmisji danych. Kanały te są dostępne dla danych, ale mogą być uwolnione dla zestawienia uprzywilejowanych połączeń głosowych.

Współużytkowanie kanału fizycznego dla transmisji danych i transmisji głosu w systemie tej firmy nie jest stosowane.

Od strony sieci TETRA transmisję pakietową obsługuje brama danych pakietowych (*Packet Data Gateway, PDG*), składająca się z dwóch bloków logicznych:

- bramy (*Radio Network Gateway*) obsługującej komunikację ze stacjami ruchomymi (MS); oraz
- rutera (*Packet Data Router*) stanowiącego interfejs dla GGSN (*GPRS Gateway Support Node*), który obsługuje interfejs zewnętrznych sieci danych.

GGSN jest zorganizowany podobnie jak w sieciach GSM. W efekcie w tego rodzaju systemie radiowa transmisja danych pomiędzy MS i BS sieci TETRA polega na protokole IP, "IP over TETRA".

Obecnie w systemie TETRA spotyka się trzy podstawowe wersje radiowego terminala danych:

- laptop PC – montowany w samochodzie, dołączany za pośrednictwem standardowego interfejsu do radiotelefonu TETRA;

- tablet PC – "tabliczka", w czasie czynności wykonywanych poza pojazdem zawieszany na szyi, dołączany za pośrednictwem standardowego interfejsu do radiotelefonu TETRA;
- PDA – kieszonkowy, w czasie czynności trzymany w dłoni, w 2005 r. pojawiły się modele zintegrowane z telefonem TETRA.

Terminal danych systemu TETRA może być w stanie:

- aktywnym w kanale PDCH, gdy nadaje lub odbiera dane;
- gotowości (*standby*), jest zarejestrowany w systemie PD, a jego odbiornik śledzi informacje sterujące w kanale MCCH lub TCH;
- nieaktywnym (*idle*), nie jest zarejestrowany w systemie PD, ale jego odbiornik śledzi informacje sterujące w kanale MCCH lub TCH;
- wyłączony lub poza zasięgiem sieci.

Moc nadajnika stacji ruchomej (MS) jest podczas komunikacji regulowana do poziomu minimalnego, wystarczającego stacji bazowej do uzyskania odbioru o wymaganej jakości. Regulację mocy MS stosuje się w celu zmniejszenia zakłóceń wewnątrz sieci oraz przedłużenia czasu pracy baterii urządzeń noszonych. Mocy stacji bazowej w systemie TETRA nie reguluje się.

W systemie TETRA zastosowano modulację  $\pi/4$  DQPSK (*Differential Quaternary Phase Shift Keying*). Modulacja ta jest efektywna pod względem wykorzystania widma. Jednakże jej stosowanie oznacza konieczność stosowania linearnych wzmacniaczy mocy, co stanowi dość istotne utrudnienie dla konstruktorów sprzętu.

Opracowana przez ETSI specyfikacja techniczna systemu obejmuje trzy obszary zastosowań:

- transmisję głosu i danych w trybie trunkingowym ("tranking" jest tradycyjnym określeniem wskazującym na wykorzystanie zasady dynamicznego przydziału kanału radiowego dla potrzeb łączności dyspozytorskiej) – *TETRA Voice + Data*, TETRA V+D;
- transmisję w trybie bezpośrednim, realizowaną bez udziału infrastruktury sieci (stacji bazowych) bezpośrednio między stacjami ruchomymi – *TETRA Direct Mode*, TETRA DMO;
- tryb optymalizowany dla transmisji pakietowej – *TETRA Packet Data Optimised*, TETRA PDO. Tryb ten nie został wdrożony w instalacjach komercyjnych, głównie ze względu na rozwój transmisji pakietowej w kanałach V+D, tzw. "IP over TETRA".

We wszystkich ww. wersjach specyfikacji technicznej TETRA założono wykorzystanie tej samej warstwy fizycznej (modulacji, odstępów kanałowych, zakresów częstotliwości).

System TETRA V+D, powszechnie kojarzony z nazwą TETRA, oferuje teleusługi oraz usługi dodatkowe, specyficzne dla radiowych systemów dyspozytorskich.

Tryb bezpośredni TETRA DMO jest przeznaczony dla komunikacji poza obszarem zasięgu sieci.

System zaprojektowano do stosowania w zakresach częstotliwości poniżej 1 GHz. Dostępne są urządzenia przeznaczone do stosowania w typowych pasmach częstotliwości wykorzystywanych przez systemy PMR i PAMR: 400 MHz, 430 MHz, 870 MHz. W Europie dla potrzeb służb bezpieczeństwa i ratownictwa zarezerwowano zharmonizowane zakresy częstotliwości z odstępem dupleksowym 10 MHz: od 380 MHz do 385 MHz dla odbiornika stacji bazowej oraz od 390 MHz do 395 MHz dla nadajnika stacji bazowej.

W trybie V+D wykorzystywany jest dupleks w dziedzinie częstotliwości FDD, wielkość odstepu dupleksowego jest zależna od zakresu częstotliwości.



W trybie DMO stacje ruchome pracują w simpleksie, wykorzystując tą samą częstotliwość do nadawania i odbioru. W jednym kanale radiowym mogą być realizowane dwa niezależne połączenia DMO.

Powyższy krótki opis systemu dotyczy technologii TETRA V+D, tzw. TETRA Release 1, sprawdzonej w wielu sieciach wykorzystywanych przez służby bezpieczeństwa i ratownictwa. Dalej w niniejszym opracowaniu przedstawiono drogi ewolucji systemu TETRA jako jednego z podstawowych środków łączności słoźb.

Dostęp do usług głosowych i danych musi być szybki, zwłaszcza podczas wypadków czas oczekiwania na zestawienie połączenia jest krytyczny. Sieć wykorzystywana przez te służby powinna być dostępna również w sytuacjach nadzwyczajnych. Tj. w tych przypadkach, gdy ruch generowany przez użytkowników sieci publicznych powoduje ich blokowanie.

Z tego powodu inne są również wymagania odnośnie zasilania rezerwowego stacji bazowych (baterie gwarantujące dłuższy okres podtrzymania i stosowanie lokalnie spalinowych zespołów prądotwórczych).

## 2.2. TETRA over IP / IP over TETRA

W publikacjach i prezentacjach dotyczących oferowanych rozwiązań pojawiają się dwa określenia: "TETRA over IP" oraz "IP over TETRA", niekiedy stosowane zamiennie.

Zasadnicza różnica polega na tym, że:

- "TETRA over IP", czyli "TETRA po IP", odnosi się do sposobu rozwiązania sieci szkieletowej TETRA. W tym przypadku transmisja pomiędzy takimi jednostkami jak: węzeł sterujący (centrala radiowa TETRA), stacje bazowe, stanowiska dyspozytorskie, jest realizowana jako transmisja pakietowa z wykorzystaniem protokołu IP. Określenie to nie dotyczy sposobu transmisji przez interfejs radiowy.
- "IP over TETRA", czyli "IP w kanałach TETRA", odnosi się do przypadku, gdy kanał (lub kanały) interfejsu radiowego TETRA V+D są wykorzystywane do transmisji danych IP.

Uwaga. Nie stosuje się transmisji głosu z protokołem IP (VoIP) przez interfejs radiowy TETRA.

Do zestawienia połączenia pomiędzy dwoma węzłami sieci radiowej zwykle jest używany protokół PPP (*Point-to-Point Protocol*). Jest on stosowany w warstwie drugiej (łącza danych) modelu OSI do realizacji połączeń w łączach synchronicznych i asynchronicznych. PPP może współpracować z różnymi protokołami sieciowymi, takimi jak IP.

PPP umożliwia:

- detekcję błędów w ramce,
- detekcję zamknięcia pętli,
- możliwość automatycznego konfigurowania interfejsów na obu zakończeniach łącza (ustalenie adresu IP oraz uwierzytelnienie domyślnej bramy, itp.).

Jeśli potrzebne jest szersze pasmo, umożliwia również utworzenie wielu łączy (*multiple links*) pomiędzy dwoma węzłami. A tym samym pozwala na wykorzystywanie pasma dwóch lub więcej kanałów fizycznych, np. szczelin czasowych w radiowym systemie TDMA, jakim jest system TETRA. Podstawowy protokół PPP jest opisany w dokumencie IETF RFC 1661 [2], natomiast Multilink PPP jest oparty na IETF RFC 1990 [4], pierwotnie RFC 1717.

Rozważając wykorzystanie protokołów IP w systemie TETRA należy pamiętać:

- o specyficznym charakterze ruchu w tego rodzaju sieci,
  - dominują grupowe połączenia głosowe, które wymagają krótkiego  $< 0,5$  s czasu zestawiania i uwalniania połączeń, istnieje również potrzeba rozwoju aplikacji transmisji danych, a w dalszej perspektywie także multimediiów (por. rozdz. 3),
- o przeznaczeniu systemu,
  - wspomaganie działań służb bezpieczeństwa i ratownictwa, co narzuca bezwzględną konieczność uzyskania wysokiej niezawodności sieci i bezpieczeństwa transmisji.

W związku z tym perspektywy wykorzystania IP w systemie TETRA należy rozważać w wielu aspektach. Nie wywołuje kontrowersji przydatność rozwiązań IP do następujących celów:

- transmisja pomiędzy węzłami sieci,
- przesyłanie danych nie wymagających czasu rzeczywistego,
- zarządzanie siecią.

Natomiast komunikacja głosowa, zwłaszcza grupowa, z wykorzystaniem protokołu IP jest propozycją ryzykowną, ponieważ nadal jakość VoIP jest przedmiotem prac badawczo-rozwojowych i dyskusji.

Istnieją wprawdzie standardy dla VoIP, np. Zalecenie ITU-T H.323 [5], SIP (*Session Initiation Protocol*), ale nie ma standardu VoIP dla komunikacji grupowej. Wszystkie stosowane protokoły czasu rzeczywistego (RTP, RTCP, ...) poprawiają QoS, ale nie gwarantują QoS (przede wszystkim maksymalnego opóźnienia).

W zbiorze protokołów internetowych są wprawdzie takie jak: PIM (*Protocol Independent Multicast*), umożliwiające przesyłanie danych za pośrednictwem Internetu od jednego do wielu lub od wielu do wielu, a także IGMP (*Internet Group Management Protocols*) przeznaczone do zarządzania grupami internetowymi, które bazują na tradycyjnych protokołach internetowych, nie są dedykowane dla usług VoIP.

Ponadto istniejące internetowe protokoły grupowe nie mają narzędzi detekcji, kto dołączył do grupy, wskutek tego intruz mający dostęp do sieci IP może podsłuchiwać komunikację grupy.

Zastosowanie własnych – firmowych rozwiązań komunikacji grupowej VoIP jest możliwe. Daje większe gwarancje bezpiecznej komunikacji, ale powoduje utratę możliwości stosowania urządzeń od wielu dostawców ("z półki"), która jest jednym z argumentów zwolenników stosowania w sieci TETRA protokołu IP.

Łąca IP powinny być chronione przez mechanizmy VPN, a ich parametry wystarczające do obsługi ruchu w sytuacjach kryzysowych i do przyjęcia dodatkowego ruchu w przypadku konieczności zastępowania łączy uszkodzonych.

Wg specjalistów EADS Security Network (dawniej Nokia Networks) [6] stosowanie IP w sieci szkieletowej TETRA można polecać tylko w przypadkach, gdy nie zmniejsza to bezpieczeństwa informacji i przynosi oszczędności.

### **2.3. Przegląd potrzeb dotyczących transmisji danych**

#### **2.3.1. Ogólne potrzeby w zakresie transmisji danych**

Rozwój aplikacji wspomaganie dowodzenia, usprawniających pracę służb bezpieczeństwa i ratownictwa jest nierozdzielnie związany z koniecznością przesyłania różnych danych, także w komunikacji z przemieszczającymi się załogami. Wymagania "służb" w zakresie

transmisji danych w sieci ruchomej mają związek z potrzebą szybkiego uzyskiwania i przekazywania aktualnych informacji, takich jak np.:

- lokalizacja pojazdów (AVL) i/lub osób (APL);
- przesyłanie fotografii osób i obiektów lub innych nieruchomych obrazów;
- natychmiastowe przesłanie instrukcji, planów budynków i map;
- pobieranie z baz danych informacji o osobach i pojazdach;
- pobieranie z baz danych informacji o substancjach niebezpiecznych;
- monitorowanie rytmu serca, temperatury itd. osób wykonujących bardzo ryzykowne zadania, albo pacjentów w czasie transportu do szpitala;
- przesyłanie obrazów z miejsca wypadku, aby lekarze mogli przewidzieć rodzaj obrażeń i zawnocześnie przygotować konieczne środki;
- monitorowanie za pomocą kamer wideo prac związanych z dużym ryzykiem (usuwanie podejrzanych przedmiotów);
- CCTV, monitorowania za pomocą kamer zagrożonych obszarów (prewencja);
- dane z urządzeń telemetrycznych;
- zdalne sterowanie urządzeniami ostrzegającymi.

### **2.3.2. Transmisje wideo**

Jedną z potrzeb, z kategorii CCTV, jest przesyłanie nieruchomych lub powoli zmiennych obrazów wideo. W tym celu rozważa się stosowanie kodeka MPEG-4 (AVC), zdefiniowanego w Zaleceniu ITU-T H.264 [7] lub w identycznej normie ISO/IEC 14496-10, znanej jako MPEG-4 part 10 lub AVC. Normy te definiują standard cyfrowego kodeka wideo opracowanego w celu uzyskiwania bardzo dużej kompresji sygnału. Kodek MPEG-4 (AVC) został opracowany wspólnie przez ITU-T (VCEG) i ISO/IEC (MPEG). Pierwszą wersję specyfikacji opublikowano w 2003 r.

W projekcie H.264/AVC założono potrzebę uzyskiwania dobrej jakości obrazu przy znacznie mniejszej szybkości transmisji (nie więcej niż połowa) niż konieczna w standardach opracowanych wcześniej, takich jak MPEG-2, H.263, MPEG-4 Part 2. Wymagano również, aby cel ten osiągnąć bez znaczącej komplikacji urządzeń, oraz aby system można było stosować zarówno w przypadku telewizji o małej, jak i o dużej rozdzielczości, z małą i dużą szybkością analizy obrazu, a więc w wielu aplikacjach takich jak zapis DVD, telewizja rozsywczą, sieci pakietowe.

Przy tym należy pamiętać, że wymagana szybkość transmisji zależy od rodzaju sceny, użycia koloru (obraz czarno-biały nie musi oznaczać krótszego czasu przetwarzania i mniejszej szybkości), rozmiaru ramki, szybkości ramkowania.

Przykład zaczerpnięty z [8]. Przyjmując, że obraz z kamery stacjonarnej wymaga:

- rozmiaru ramki:  $320 \times 240$ ,
- szybkości ramkowania: 0,5 ramki/s,
- czasu kodowania: 1,48 s/ramkę,

zakładając 40 bajtów nadmiaru na ramkę dla nagłówek IP/UDP/RTP można obliczyć wymaganą szybkość transmisji tak skompresowanego sygnału wideo: 2,97 kbit/s.

Jest to szybkość osiągnięta w jednej szczelinie systemu TETRA V+D (do 4,8 kbit/s). Są informacje o pozytywnych rezultatach wykorzystania jednego kanału danych TETRA do transmisji sygnałów z kamer wideo, zob. TWC-2005.

### **2.3.3. Fotografie, mapy i plany**

Fotografie można wykorzystywać do dokumentowania zdarzeń. Obecnie są oferowane bezprzewodowe kamery CCTV o rozdzielczości  $1600 \times 1200$  pikseli, np. do obserwacji skrzyżowań. Przesyłanie fotografii, map i planów za pośrednictwem systemu TETRA jest możliwe po skompresowaniu map bitowych, zwykle do formatu "JPEG".

## **3. Rozwój systemu TETRA**

Potrzebę rozwoju systemu TETRA uzasadnia:

- konieczność zaspokojenia rosnących potrzeb użytkowników w zakresie transmisji danych, por. p. 2.3.;
- przedłużenie czasu życia technologii systemu TETRA;
- stworzenie drogi dla modernizacji systemów zgodnych ze specyfikacją TETRA V+D;
- stworzenie możliwości wymiany usług z ruchomymi sieciami publicznymi 2,5 G i 3 G;
- uzyskanie korzyści z wprowadzenia nowej techniki.

W związku z tym do programu prac rozwojowych prowadzonych przez ETSI w ramach projektu TETRA wprowadzono następujące zagadnienia [20 ÷ 27]:

- transmisję danych pakietowych o znacznie większej szybkości niż dostępne w systemie wg specyfikacji TETRA;
- wybór i standaryzacja dodatkowego kodeka sygnału mowy;
- rozszerzenie standardu interfejsu radiowego;
- opracowanie lub przyjęcie standardu zapewniającego współpracę i roaming między siecią TETRA a ruchomymi sieciami publicznymi;
- rozwój SIM dla systemu TETRA;
- rozpoznanie nowych wymagań ze strony użytkowników systemu i opracowanie odpowiednich dokumentów ETSI;
- zapewnienie kompatybilności wstecz z dotychczasowym standardem.

W latach 2001-2003 prace prowadzono dwiema drogami:

### a) TETRA Advanced Packet Service (TAPS)

TAPS jest systemem transmisji pakietowej zaprojektowanym z przeznaczeniem dla rynku PAMR (zbiorowych sieci dyspozytorskich). Projekt specyfikacji ETSI ES 201 962 [9] dla tego systemu zatwierdzono w 2001 r.

### b) TETRA Enhanced Data Service (TEDS)

W przypadku TEDS założono konieczność migracji do nowego systemu z zachowaniem kompatybilność wstecz.

## **3.1. TAPS**

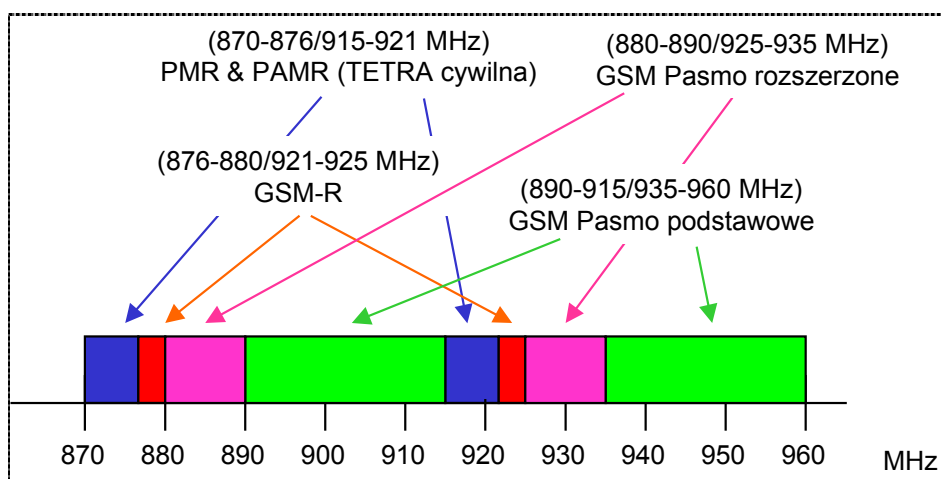
W systemie TAPS, stanowiącym modyfikację systemu GSM, wzorcowano się na technice modulacji zastosowanej w systemie (E)-GPRS. Wykorzystano standardowe interfejsy zewnętrznych sieci pakietowych  $G_i$ ,  $G_p$ ,  $G_R$  oraz interfejs radiowy GPRS (EGPRS) zaprojektowany w pasmach częstotliwości PMR / PAMR.

Wymagania określone w specyfikacji ETSI ES 201 962 [9] polegają na odwołaniach do odpowiednich norm i rozdziałów specyfikacji GSM. Specyfikacja ta nie obejmuje transmisji

z komutacją łączy, w związku z tym w systemie nie ma usług realizowanych w tym trybie, w tym komunikacji głosowej. Usługi ograniczono do pakietowej transmisji danych i SMS.

Mimo, że w specyfikacji TAPS zdefiniowano sposoby uzyskiwania szybkości przesyłania danych 10 razy większe niż w TETRA V+D, dotychczas nie znalazł on praktycznego zastosowania i przez środowisko jest oceniany jako projekt nietrafiony, opracowany bez właściwego rozpoznania potrzeb rynku. Jest systemem niekompatybilnym z TETRA V+D.

Jednym z zakresów częstotliwości, w którym proponowano stosowanie TAPS jest 870-876 MHz / 915-921 MHz, rys. 2. Ze względu na możliwość zakłóceń publicznych sieci GSM oraz sieci GSM-R propozycja ta spotkała się z ostrymi protestami operatorów tych sieci.



Rys. 2: Zakresy częstotliwości proponowane dla TAPS

### 3.2. TEDS

W przypadku TEDS zrealizowano podane wyżej podstawowe założenia, kompatybilność wstecz z systemem TETRA V+D, nazywanym także TETRA Release 1, i możliwość migracji od wersji stosowanej obecnie do nowego systemu, tzw. TETRA Release 2.

Program prac ETSI dotyczących TEDS, jako następnej generacji urządzeń TETRA, ma na celu rozwój systemu zgodny z przewidywanymi potrzebami obecnych i przyszłych użytkowników. Jako podstawowe cele ewolucji systemu wyznaczono:

- przygotowanie systemu do pakietowej transmisji danych z szybkością większą niż możliwa do uzyskania obecnie;
- wybór i standaryzację dodatkowego kodeka (lub kodeków) mowy, aby umożliwić komunikację pomiędzy systemem TETRA i sieciami 3G bez transkodowania, oraz aby wykorzystać najnowsze osiągnięcia technik przetwarzania głosu, a w rezultacie uzyskać lepszą jakość głosu w systemie TETRA;
- opracowanie standardów zapewniających możliwość współpracy i roamingu pomiędzy sieciami TETRA a publicznymi sieciami GSM/GPRS i UMTS;
- ewolucję TETRA SIM (*Subscriber Identity Module*) w celu uzyskania konwergencji z USIM (UMTS SIM), aby sprostać potrzebom związanym ze specyficznymi usługami TETRA i zyskać możliwość współpracy z sieciami GSM/GPRS/UMTS;
- rozszerzenie zastosowań TETRA w takich obszarach jak lotnictwo cywilne, marynarka;

- zapewnienie kompatybilności wstecz i integracji nowych usług z istniejącymi standardami TETRA Release 1.

Wymagane rozszerzenia usług i udogodnień systemu TETRA mają na celu zaspokojenie potrzeb użytkowników sieci PMR/PAMR, które nie są obecnie zaspokajane w systemie TETRA, wykorzystanie nowych technologii, przedłużenie przydatności i zwiększenie konkurencyjności systemu TETRA na rynku systemów PMR oraz PAMR.

Na podstawie przeprowadzonej ankietyzacji ustalono, że dla większości użytkowników dyspozytorskiego systemu radiokomunikacji ruchomej lub stosowanych przez nich aplikacji, wystarczają szybkości w granicach 50–80 kbit/s.

W tab. 1, źródło ETSI TR 102 491 [10], zestawiono wymagania odnośnie szybkości transmisji danych, które były podstawą wyboru metod modulacji zastosowanych w TEDS.

Na podstawie danych zestawionych w tej tabelicy można uznać, że znacząca część aplikacji może być obsługiwana z szybkością netto 80 kbit/s lub mniejszą. Wiele z aplikacji wymienionych w tab. 1 może być także obsługiwanych w sieci TETRA V+D. Tylko nieliczne z wymienionych, a być może inne, jeszcze nie zdefiniowane, będą wymagać większych szybkości transmisji. Oczywiście zastosowanie większej szybkości, niż minimalna wymagana, skraca czas transmisji i pozwala na obsługę większej liczby użytkowników. W rzeczywistej sieci będą występować kombinacje usług/aplikacji wymienionych w tabelicy, a wymagana pojemność będzie różnić się w zależności od charakteru użytkowników.

Dane w tabelicy mają charakter bardzo ogólny, w rzeczywistości takie parametry usługi, jak maksymalny czas przesłania danych (*transfer time*), wynikają ze specyficznych wymagań użytkownika (lub aplikacji). Wg tej tabelicy wprowadzenie wykorzystania szybkiej transmisji danych będzie miało bardzo mały wpływ na zmniejszenie ruchu głosowego w sieci TETRA (bo transmisja danych nie zastępuje informacji przekazywanych w rozmowie). Z tego względu wprowadzenie transmisji danych w istniejących sieciach będzie wymagało dodatkowej pojemności, której wielkość będzie zależała od rodzaju aplikacji, generowanego ruchu i wymaganego QoS (dopuszczalnego opóźnienia).

Początkowo zakończenie prac nad podstawową wersją specyfikacji TETRA Release 2 planowano w 2003 r. Ze względu na trudności w znalezieniu kompromisu terminy te uległy przesunięciu na IV kw. 2005 r.

Ostatecznie dla TEDS zdefiniowano nową warstwę fizyczną, a istniejące wyższe warstwy protokołu TETRA zmodyfikowano, aby umożliwić transmisję radiową IP ze znacznie większą szybkością. Usługi TEDS oparte są na protokole IP. Dane z komutacją kanałów z szybkością do 28,8 kbit/s mogą być dostępne tylko w części obsługującej V+D.

W stosunku do TETRA V+D w warstwie fizycznej systemu TEDS wprowadzono zmiany, które pozwalają uzyskać szybkości transmisji znacznie większe od możliwych do uzyskania w kanale systemu TETRA V+D, do 500 kbit/s, porównywalne z szybkościami transmisji oferowanymi w systemach 3G.

W TEDS wykorzystano adaptacyjne sterowanie wyborem rodzaju modulacji i szybkości kodowania, dostosowujące właściwości łącza radiowego do warunków propagacyjnych.

Usługi pakietowej transmisji IP oferowane w TEDS (TEDS IP) są rozszerzeniem aktualnie oferowanej usługi TETRA IP [TS 101 747] [3].

Wg informacji ETSI w wybranej technice ok. 99,9 % wymagań określonych w specyfikacji TETRA Release 1 pozostaje aktualnych.

Tab. 1: Wpływ aplikacji transmisji danych na obciążenie sieci systemu TETRA <sup>/\*</sup>

Aplikacje nie głosowe	% wpływu na głos w 2005	kbajt	kbit	Czas przesłania [s]	kbit/s netto	Grupa aplikacji
Usługi lokalizacji	-2 %	0,1	0,8	1	0,8	Krótkie dane w czasie rzeczywistym
Telemetria (przesyłanie w czasie rzeczywistym)	0 %	0,2	1,6	0,5	3,2	Krótkie dane w czasie rzeczywistym
Telesterowanie	0 %	0,2	1,6	0,5	3,2	Krótkie dane w czasie rzeczywistym
Próbkowania danych biomedycznych, w tym EKG	0 %	5	40	10	4	Krótkie dane w czasie rzeczywistym
Telemetria (przesyłanie w czasie rzeczywistym, 5 kbajt)	0 %	5	40	10	4	Krótkie dane w czasie rzeczywistym
WAP / formularze on-line	0 %	3	24	5	4,8	Interakcje z bazą danych
Wiadomości / lokalizacja / statusy osób i pojazdów (1 kbajt)	-2 %	1	8	1	8	Krótkie dane w czasie rzeczywistym
Zarządzanie danymi, np. C2 / zarządzanie pracownikami	-5 %	5	40	5	8	Interakcje z bazą danych
Dane o odciskach palców (oddzielone od obrazu odcisków)	0 %	10	80	10	8	Przesłane pliku
Wysłanie pliku (10 kbajt)	1 %	10	80	4	20	Przesłanie pliku
Komunikacja między służbami, w tym Internet (10 kbajt)	0 %	10	80	4	20	Przesłanie pliku / Aplikacje biurowe
Pytania do bazy danych 10 kbajt do 100 kbajt	0 %	12,5	100	5	20	Interakcje z bazą danych
Aplikacje biurowe – ruchomy PC	0 %	12,5	100	5	20	Aplikacje biurowe
Połączenia do szpitali I krajowej sieci służby zdrowia	0 %	100	800	20	40	Przesłane pliku
Połączenia do szpitali I krajowej sieci służby zdrowia	1 %	50	400	10	40	Aplikacje biurowe
Internet, w tym przeglądanie stron www 10 kbajt do 50 kbajt na stronę	0 %	50	400	10	40	Aplikacje biurowe
Strumieniowe wideo (nadzór)	0 %			opóźnienie kilka sek.	50	Przesłane wideo
Grafiki, mapy, lokalizacje 100 kbajt do 1 Mbajt	-1 %	125	1000	20	50	Przesłane obrazu
e-mail z załącznikami 2 Mbajt	0 %	2000	16000	300	53	Przesłane pliku
Wideo konferencje 64 kbit/s	0 %				64	Przesłane wideo
Przesyłanie fotografii (JPEG ~ 50 kbajt)	0 %	100	800	10	80	Przesłane obrazu
Obraz odcisków palca	0 %	100	800	10	80	Przesłane obrazu
Wideo klipy 1 Mbajt do 2 Mbajt	0 %	2000	16000	32	500	Przesłane wideo

<sup>/\*</sup> szybkość danych netto

Przez interfejs radiowy TEDS są zapewniane następujące klasy usług wraz z odpowiednimi szybkościami, priorytetami i atrybutami QoS:

- usługi czasu rzeczywistego (*real time class*);
- usługi telemetryczne (*telemetry class*);
- usługi w tle (*background class*).

TEDS umożliwia efektywne wykorzystanie zasobów sieci przez aplikacje korzystające z pakietowej transmisji danych o zasadniczo różniących się charakterystykach:

- niezbyt częste transmisje dużej ilości danych, np. transakcje wymagające przesłania kilkunastu kbajtów danych przeprowadzane kilka razy w okresie godziny;

- częste transmisje małej ilości danych, np. transakcje obejmujące mniej niż 500 bajtów danych zdarzające się kilka razy w czasie minuty;
- nieregularne transmisje, których czas pomiędzy kolejnymi transmisjami jest znacznie dłuższy od średniego opóźnienia przesyłania danych.

### 3.2.1. Interfejs radiowy TEDS

TEDS zaprojektowano do stosowania w tych samych zakresach częstotliwości co TETRA V+D, tzn. od 380 MHz do 400 MHz, od 410 MHz do 430 MHz, od 450 MHz do 470 MHz, od 870 MHz do 876 MHz i od 915 MHz do 921 MHz (z przeznaczeniem dolnego podzakresu dla nadajników MS, a górnego dla nadajników BS). Odstęp dupleksowy wynosi 10 MHz w paśmie 400 MHz i 45 MHz w paśmie 800/900 MHz.

Podstawowe wymagania dotyczące TEDS zawarto w dokumencie ETSI TR 102 491 [10].

Maksymalne moce promieniowane nadajnika MS i BS są takie same, jak określone w specyfikacji systemu TETRA V+D, por. ETSI EN 300 392-2 [1]. Do bilansu łącza radiowego przyjęto, że moc nadajnika stacji noszonej MS nie będzie większa niż 1 W, a przewoźnej nie większa niż 3 W.

TEDS może wykorzystywać kanały radiowe z odstępem: 25 kHz, 50 kHz, 100 kHz oraz 150 kHz.

W TEDS zastosowano kanał sterujący zdefiniowany wcześniej w specyfikacji TETRA V+D. Dla wspólnego kanału sterującego (*Common Control Channel, CCCH*) i dla usprawnionej transmisji danych z wykorzystaniem modulacji D8PSK interfejs radiowy 25 kHz jest zgodny ze zdefiniowanym w specyfikacji TETRA V+D, por. ETSI EN 300 392-2.

Ponieważ nie zakłada się stosowania TEDS i TETRA V+D w osobnych szczelinach tego samego kanału radiowego, to w każdej stacji bazowej powstaje konieczność wydzielania osobnej fali nośnej dedykowanej dla transmisji TEDS.

Tym samym wdrażanie TEDS spowoduje zapotrzebowanie na dodatkowe częstotliwości, ale uzyskiwane korzyści, w porównaniu z wydzieleniem nośnej dla potrzeb transmisji w wielu szczelinach realizowanej w systemie TETRA V+D, są znaczne, ponieważ w kanale 25 kHz TEDS zapewnia transmisję zabezpieczoną kodowo z szybkością (netto) do 48 kbit/s, a system TETRA V+D do 9,6 kbit/s.

Ze względu na aktualne i przewidywane potrzeby służb bezpieczeństwa i ratownictwa dla wprowadzenia TEDS konieczny są dodatkowe rezerwy częstotliwości w zakresie 380 MHz do 400 MHz obok zarezerwowanych obecnie podzakresów 380 MHz do 385 MHz / 390 MHz do 395 MHz, – decyzja CEPT ECC/DEC/04/06 [11]. Jednakże obecnie częstotliwości te są rezerwowane dla potrzeb NATO.

Charakterystyka warstwy fizycznej:

- stosowanie wielu fal nośnych z wielodostępem TDMA;
- odstępy kanałowe: 25 kHz, 50 kHz, 100 kHz i 150 kHz;
- adaptacyjny wybór liczby fal nośnych, rodzaju modulacji i kodowania związany z warunkami propagacji fal;
- różne rodzaje modulacji:
  - 4 QAM dla połączeń radiowych na skraju zasięgu,
  - 16 QAM dla połączeń radiowych o umiarkowanej szybkości,
  - 64 QAM dla połączeń radiowych o dużej szybkości,



- $\pi/4$  DQPSK dla wspólnego kanału sterującego (modulacja jak w systemie TETRA V+D),
  - $\pi/8$  D8PSK dla zwiększenia szybkości w kanałach 25 kHz drogą migracji;
- kodowanie kanałowe PCCC (*Parallel Concatenated Convolutional Code*);
  - symbol pilota zastosowany do oceny właściwości kanału;
  - szczeliny czasowe o długości:
    - pełnej, 14,167 ms, do stosowania w kanałach o szerokości 25 kHz z powolną modulacją,
    - półwkowej, 7,08 ms, do stosowania w kanałach o szerokości 50 kHz i większej oraz modulacji wielopoziomowych;
  - na każdą nośną QAM w paśmie podstawowym składa się określona liczba podnośnych (8 podnośnych w paśmie 25 kHz);
  - przepływność brutto w zakresie: od 54 kbit/s (D8PSK w kanale 25 kHz) do 864 kbit/s (64 QAM w kanale 150 kHz);
  - oczekiwane szybkości danych dla użytkownika w granicach od 30 kbit/s do 400 kbit/s.

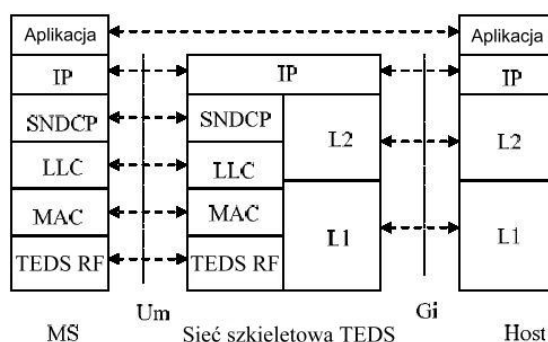
W stacji bazowej zespoły radiowe TETRA V+D i TEDS mogą być zintegrowane i użytkowane jednocześnie pod warunkiem, że w stacji są zaimplementowane protokoły obsługujące wyższe warstwy tego rodzaju sieci.

W tej samej sieci mogą być używane tradycyjne terminale TETRA V+D i jednocześnie terminale TEDS V+D.

W odniesieniu do terminali ruchomych założono wydłużenie czasu korzystania z baterii poprzez:

- tryb oszczędnego zasilania (*energy economy mode*),
- nieciągłe nadawanie (*discontinuous transmission*),
- sterowanie mocą nadajnika (*TX power control*).

Stos protokołów interfejsu radiowego TEDS obejmuje trzy najniższe warstwy modelu OSI, rys. 3.



Rys. 3: Stos protokołów interfejsu radiowego TEDS

Legenda:

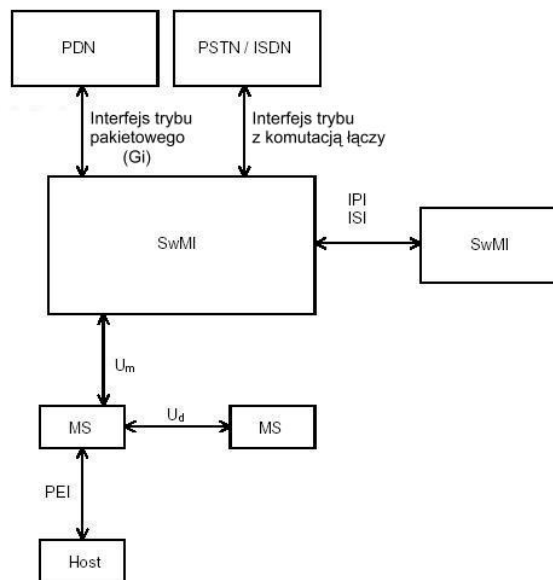
- Um – interfejs radiowy pomiędzy MS i BS TETRA / TEDS,
- IP – Internet Protocol,
- LLC – Logical Link Control,
- MAC – Medium Access Control,

SNDCP – SubNetwork Dependent Convergence Protocol,  
TEDS RF – warstwa fizyczna TEDS,  
IP – Internet Protocol (w warstwie 3 – sieciowej),  
L1 – warstwa 1 – fizyczna,  
L2 – warstwa 2 – łącza danych.

Ze względu na potrzeby współpracy z sieciami 3G bez transkodowania sygnału cyfrowego, jako optymalny dla TEDS wytypowano kodek mowy opisany w specyfikacji 3GPP/GSM *Adaptive Multirate Codec (AM Codec)* 4,75 kbit/s. Pod uwagę jest brany również kodek wg standardów NATO.

### 3.2.2. Inne interfejsy TEDS

W specyfikacji TETRA V+D zdefiniowano standardowe interfejsy, które w przypadku sieci obsługującej transmisję pakietową przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4: Istniejące interfejsy sieci TETRA V+D

#### Legenda:

Gi – interfejs zewnętrznej sieci pakietowej (między domeną pakietową i zewnętrzną siecią pakietową),  
IPI – interfejs IP,  
ISI – interfejs IS,  
PEI – interfejs urządzeń peryferyjnych,  
SwMI – infrastruktura sieci TETRA V+D,  
U<sub>d</sub> – interfejs radiowy trybu DMO,  
U<sub>m</sub> – interfejs radiowy trybu trunkingowego.

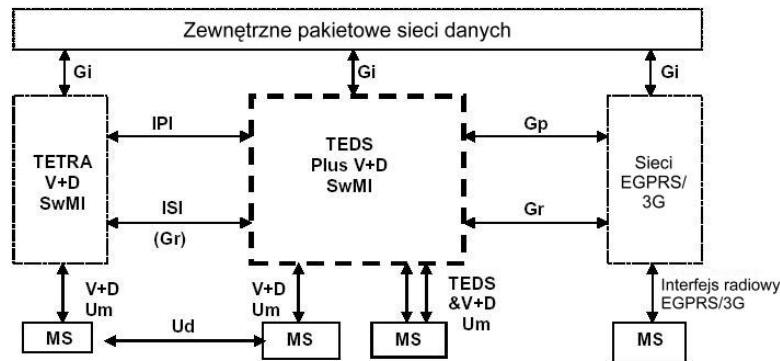
W przypadku systemu TETRA V+D struktura SwMI nie jest definiowana w standardzie. Standaryzacja dotyczy tylko:

- interfejsu radiowego w trybie trunkingowym (U<sub>m</sub>), ETSI EN 300 392-2 [1];
- interfejsu radiowego w trybie bezpośrednim (U<sub>d</sub>), ETSI EN 300 396-2 [12];
- interfejsu IP (IPI), ETSI TS 101 747 [3];

- d) interfejsu między systemami (ISI), ETSI EN 300 392-3-1 [13];
- e) interfejsu urządzeń peryferyjnych (PEI), ETSI EN 300 392-5 [14];
- f) interfejsu sieci PSTN/ISDN, ETSI ETS 300 392-4 [15, 16, 17].

Zdefiniowano również standardy odnoszące się do wielu interfejsów, jak np. dla kodeka mowy, dla usług dodatkowych.

W przypadku TEDS, gdzie następuje integracja TETRA V+D z szybką transmisją danych, proponuje się standaryzację dodatkowych interfejsów, jak pokazano na rys. 5.



Rys. 5: Interfejsy zintegrowanej sieci TEDS plus TETRA V+D

Legenda:

- Gi – interfejs zewnętrznej sieci pakietowej (między domeną pakietową i zewnętrzną siecią pakietową),
- Gp – interfejs między GSN (*GPRS Support Nodes*), węzłami obsługi GPRS w różnych sieciach publicznych),
- Gr – interfejs pomiędzy węzłem obsługi GPRS (*Serving GPRS Support Node*), a rejestrem abonentów sieci 3G (*Home Location Register*),
- SwMI – infrastruktura sieci TETRA V+D lub TEDS oraz TETRA V+D,
- U<sub>d</sub> – interfejs radiowy w trybie bezpośrednim,
- U<sub>m</sub> – interfejs radiowy w trybie trunkingowym.

Na rys. 5 przedstawiono interfejsy sieci TEDS zintegrowanej z TETRA V+D, dołączonej:

- do innej sieci TETRA V+D,
- publicznej sieci (E)GPRS/3G,
- zewnętrznych sieci pakietowych IP.

Oprócz interfejsu radiowego TEDS (U<sub>m</sub>) w stosunku do istniejących sieci TETRA V+D należy dodać interfejsy:

- sieci pakietowych (Gi),
- interfejsy TETRA-EGPRS (Gp lub Gr).

Wstępne wymagania odnośnie zajmowanego pasma i emisji pozapasmowej nadajnika oraz odnośnie parametrów odbiornika TEDS określono w dokumencie ETSI TR 102 491 [10].

- selektywność sąsiedniokanałowa odbiornika,
- odporność na blokowanie odbiornika.

Poziom odniesienia dla statycznej czułości odbiornika wynosi:

- dla MS: modulacja  $\pi/4$  DQPSK –112 dBm,
- dla MS: modulacja  $\pi/8$  D8PSK –107 dBm,
- dla BS: modulacja  $\pi/4$  DQPSK –115 dBm,
- dla BS: modulacja  $\pi/8$  D8PSK –110 dBm.

Dla modulacji QAM minimalne wymagania odnośnie czułości odbiornika MS określono w tab. 2, a odnośnie czułości odbiornika BS określono w tab. 3.

Tab. 2: Poziomy czułości stacji ruchomej dla TEDS

Szerokość pasma kanału [kHz]	Liczba podnośnych	Pasmo szumowe [kHz]	4 QAM Czułość dla BER 3 % [dBm]	16 QAM Czułość dla BER 3 % [dBm]	64 QAM Czułość dla BER 3 % [dBm]
25	8	19,2	-114	-108	-102
50	16	38,4	-111	-105	-99
100	32	76,8	-108	-102	-96
150	48	115,2	-106	-100	-94

Tab. 3: Poziomy czułości stacji bazowej dla TEDS

Szerokość pasma kanału [kHz]	Liczba podnośnych	Pasmo szumowe [kHz]	4 QAM Czułość dla BER 3 % [dBm]	16 QAM Czułość dla BER 3 % [dBm]	64 QAM Czułość dla BER 3 % [dBm]
25	8	19,2	-117	-111	-105
50	16	38,4	-114	-108	-102
100	32	76,8	-111	-105	-99
150	48	115,2	-109	-103	-97
Uwaga. Są to wymagania tymczasowe.					

Należy podkreślić, że w opublikowanych dotychczas dokumentach ETSI brak wymagań odnośnie czułości dynamicznej odbiorników MS i BS pracujących w trybie TEDS. Jest to o tyle ważne, że parametr ten jest podstawą do sporządzania bilansu łącza radiowego podczas obliczania zasięgów stacji. De facto decyduje o liczbie stacji bazowych, które należy zaplanować, a następnie zbudować. Pośrednio decyduje o kosztach budowy i utrzymania infrastruktury sieci dyspozytorskiej.

### 3.2.3. Wpływ czułości odbiornika MS na zasięg użyteczny BS TEDS

Dla określonego rodzaju modulacji dopuszczalne tłumienie trasy propagacji fali radiowej między stacją bazową (BS) a stacją ruchomą (MS)  $L_p$  [dB] wynika z różnicy między mocą promieniowaną stacji bazowej  $P_t$  [dBm] i czułością odbiornika stacji ruchomej  $P_r$  [dBm]:  $L_p \leq P_t - P_r$ .

Jeżeli jedynym zmiennym parametrem łącza radiowego jest czułość odbiornika zależna od rodzaju modulacji, to wyznaczając dopuszczalne tłumienie trasy  $L_p$  [dB] można określić związek między rodzajem modulacji i zasięgiem łączności.

Dla potrzeb dalszych rozważań należy przyjąć model propagacyjny. W przypadku najprostszym można założyć propagację w otwartej przestrzeni, opisywaną zależnością:

$L_f$  [dB] =  $32,44 + 20 \log d$  [km] +  $20 \log f$  [MHz], gdzie: odległość między antenami  $d$  jest wyrażona w km, a częstotliwość sygnału radiowego  $f$  w MHz.

W tab. 4a, b, c, d dla ustalenia uwagi przyjęto czułość statyczną. Przyjmując  $f = 400$  MHz uzyskuje się formułę określającą dopuszczalne tłumienie trasy na tej częstotliwości:  $L$  [dB] =  $84,5 + 20 \log d$  [km], na podstawie której można wyznaczyć zasięg w otwartej przestrzeni:  $d = 10^{\frac{L - 84,5}{20}}$ , gdzie  $L$  tłumienie trasy.

Uwaga. W przypadku TETRA V+D wymagana czułość dynamiczna wynosi  $-103$  dBm (statyczna  $-112$  dBm; różnica – pogorszenie czułości 9 dB).

W przypadku TEDS dotychczas nie opublikowano wymagań odnośnie czułości dynamicznej.

Przyjmując dalej jako wartość odniesienia czułość statyczną, zależnie od rodzaju modulacji, wykonano następujące obliczenia.

Tab. 4a: Zasięg w otwartej przestrzeni dla kanału 25 kHz

Modulacja	$\pi/4$ DQPSK	$\pi/8$ D8PSK	4 QAM	16 QAM	64 QAM
Czułość [dBm]	-112	-107	-114	-108	-102
Tłumienie trasy [dB]	112	107	114	108	102
Maksymalny zasięg [km]	23,7	13,3	29,9	15,0	7,5

Tab. 4b: Zasięg w otwartej przestrzeni dla kanału 50 kHz:

Modulacja	4 QAM	16 QAM	64 QAM
Czułość [dBm]	-111	-105	-99
Tłumienie trasy [dB]	111	105	99
Maksymalny zasięg [km]	21,1	10,6	5,3

Tab. 4c: Zasięg w otwartej przestrzeni dla kanału 100 kHz:

Modulacja	4 QAM	16 QAM	64 QAM
Czułość [dBm]	-108	-102	-96
Tłumienie trasy [dB]	108	102	96
Maksymalny zasięg [km]	15,0	7,5	3,76

Tab. 4d: Zasięg w otwartej przestrzeni dla kanału 150 kHz

Modulacja	4 QAM	16 QAM	64 QAM
Czułość [dBm]	-106	-100	-94
Tłumienie trasy [dB]	106	100	94
Maksymalny zasięg [km]	11,9	5,9	3,0

Dane te wskazują, że zasięgi dla szybkiej transmisji TEDS będą kilkakrotnie mniejsze niż dla trybu V+D.

Dla porównania w przypadku zastosowania modelu semi-empirycznego, jakim jest model COST 231 - Walfisch-Ikegami (COST 231-WI) [19], dla przypadku bezpośredniej widoczności anten:

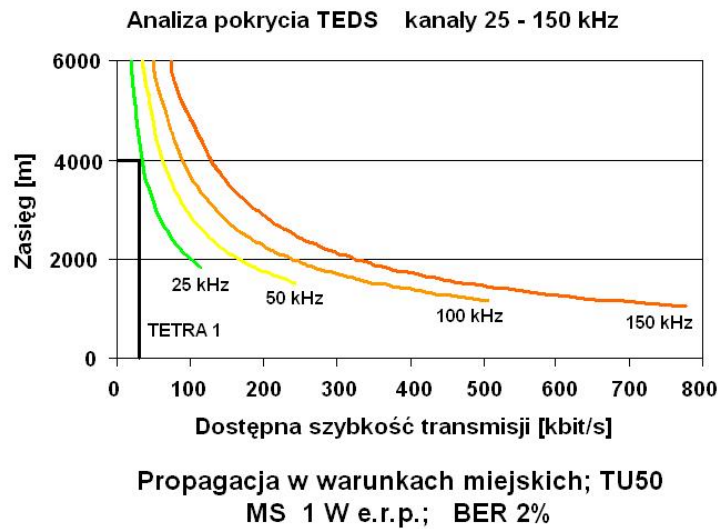
$$L_{LOS} [\text{dB}] = 42,6 + 26 \log d [\text{km}] + 20 \log f [\text{MHz}]$$

$$\text{dla } 400 \text{ MHz } L [\text{dB}] = 94,6 + 20 \log d [\text{km}]$$

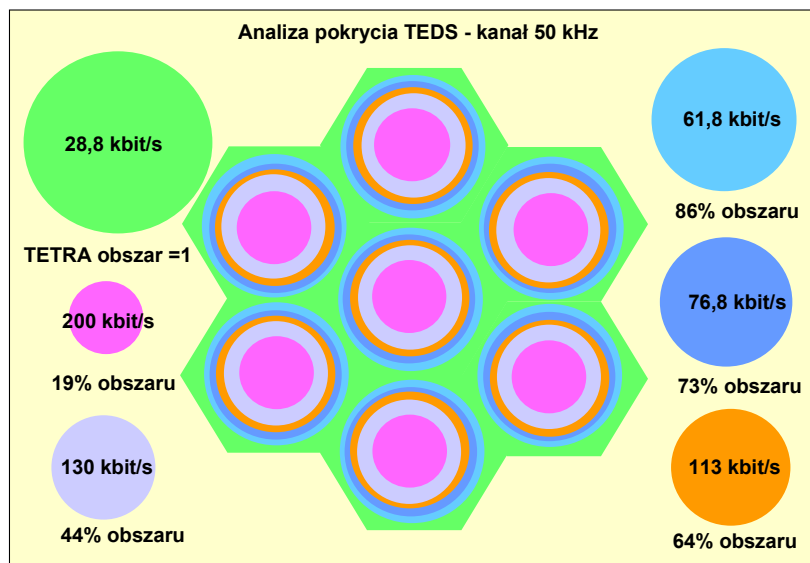
$$d = 10^{\frac{L - 84,6}{20}}$$

W kanale 25 kHz zasięg zmienia się od 7,4 km przy modulacji  $\pi/4$  DQPSK do 2,3 km przy modulacji 64 QAM (obliczono dla czułości statycznej).

W jednej z prezentacji na TWC-2005 [8] przedstawiono rysunek, rys. 6, pokazujący związek zasięgu z szybkością transmisji i szerokością pasma kanału radiowego (z uwzględnieniem symulacji zaniku wg modelu TU50), oraz obszary pokrywane przez TEDS z kanałem o szerokości 50 kHz w porównaniu z systemem TETRA V+D transmitującym dane w kanale 25 kHz, rys. 7.



Rys. 6: Związek zasięgu z szybkością transmisji i szerokością pasma kanału radiowego



Rys. 7: Porównanie zasięgów TEDS dla różnych szybkości transmisji

Wyniki obliczeń przedstawione w tab. 4 oraz na rys. 6 i rys. 7 dowodzą, że zasięg TEDS wraz ze zwiększeniem szybkości transmisji maleje. Dlatego konieczne jest stosowanie dynamicznej adaptacji systemu do warunków propagacyjnych – zmniejszenie / zmiana rodzaju modulacji, aż do stosowanej w TETRA V+D.

### 3.2.4. Dostępność urządzeń radiowych

Firmy zajmujące czołowe pozycje na rynku urządzeń dla sieci PMR:

- Motorola,
- Nokia Corporation (obecnie dział EADS Defence Security),

uczestniczą w pracach normalizacyjnych ETSI i promocji idei rozwoju systemu TETRA w kierunku TEDS.

Podczas Światowego Kongresu TETRA (TWC-2004) w 2004 r. w Wiedniu Nokia zaprezentowała nowy model stacji bazowej TB3, w której oprócz innowacyjnych rozwiązań dla pracy w trybie TETRA V+D, poprawiających budżet łącza w kierunku stacji bazowej, zaprojektowano możliwość wymiany oprogramowania na wersję obsługującą tryb TEDS, bez konieczności wymiany urządzeń.

Podczas TWC-2005 we Frankfurcie Motorola również zaprezentowała nowe modele stacji bazowych MTS 4 i MTS 2 o podobnych właściwościach.


Specjaliści zajmujący się TEDS twierdzą, że pierwsze produkty zgodne ze specyfikacją TEDS powinny pojawić się na rynku w 2007 r.

Oceny zgodności z potrzebami w zakresie transmisji danych omówionych wersji systemu TETRA przedstawiono w tab. 5.

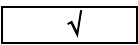
Tab. 5: Ewolucja systemu TETRA, a typowe potrzeby

Aplikacja z transmisją danych	TETRA 1 CS	TETRA 1 SDS	TETRA 1 PD / 1 TS	TETRA 1 PD / MS	TETRA 2 (TEDS)
Przeglądanie baz danych	M	√	√	√	√
AVL, APL		√	√	√	√
E-mail	M		√	√	√
Przesyłanie plików np. fotografii	M		√	√	√
Powolne wideo				√	√
Wideo z ustalonym QoS					√

Legenda:

 – nieodpowiedni,

 – możliwe,

 – odpowiedni,

CS – dane z komutacją kanałów,

SDS – krótkie wiadomości danych,

PD – dane pakietowe (jedna szczelina czasowa),

MS – dane pakietowe (wiele szczelin czasowych),

TS – jedna szczelina czasowa.

Dostępność transmisji pakietowej w wielu szczelinach w zasadzie zaspakajalaby aktualne potrzeby. Z wyjątkiem wideo inne aplikacje mogłyby być obsługiwane.

### 3.2.5. Porównanie z innymi technologiami

W sieciach GSM jest oferowana usługa GPRS obecnie realizowana w maksimum trzech szczełach o dostępnej szybkości rzędu 60 kbit/s. Podstawowym mankamentem GSM/GPRS z punktu widzenia potrzeb służb bezpieczeństwa i ratownictwa jest możliwość blokowania sieci, które następuje w przypadku sytuacji nadzwyczajnych (wypadek, imprezy gromadzące wiele osób), a więc akurat wtedy, gdy dostęp do środków komunikacji jest służbom najbardziej potrzebny.

## 4. Projekt EMTEL

Emergency Telecommunications (EMTEL) [28, 29] jest nazwą specjalnego Komitetu ETSI powołanego do prac związanych z różnymi aspektami dostarczania i wykorzystania usług telekomunikacyjnych w sytuacjach zagrożenia.

Komunikacja tego rodzaju dotyczy wywołań do numerów ratunkowych, lokalizacji wywołującego numer ratunkowy i innych specyficznych potrzeb komunikacyjnych związanych z bezpieczeństwem publicznym oraz zarządzaniem kryzysowym.

Pokrewną perspektywiczną dziedziną jest również tzw. telemedycyna polegająca na monitorowaniu stanu pacjenta za pośrednictwem sieci telekomunikacyjnej, bez potrzeby jego hospitalizacji.

Działania specjalistów EMTEL są powiązane ze standardami opracowywanymi dla potrzeb różnych systemów telekomunikacyjnych. Przykładem są związki ze specyfikacjami GSM i UMTS przygotowanymi przez 3GPP, np. w odniesieniu do usług lokalizacji. Usługi te są cechą sieci umożliwiającą lokalizację terminali (*Mobile Station* w systemie GSM, *User Equipment* w UMTS), a pośrednio ich użytkowników. Zwykle informacja o lokalizacji jest oferowana jako usługa dla użytkowników końcowych. Jednakże w przypadku wywołań numeru ratunkowego użytkownikiem informacji o lokalizacji staje się instytucja / organizacja obsługująca te wywołania.

Potrzeba pomocy może dotyczyć pojedynczej osoby, której osobiste bezpieczeństwo zostało zagrożone i w związku z tym łączy się z numerem ratunkowym (nagła choroba, wypadek drogowy, zaproszenie ognia w domu), albo poważnego naruszenia warunków funkcjonowania społeczeństwa (sytuacja klęski z powodu takich zdarzeń jak powódź, trzęsienie ziemi, atak terrorystyczny).

Koncepcja EMTEL obejmuje również potrzeby społeczne w zakresie rezerwowania środków łączności dla zapewnienia bezpieczeństwa publicznego, w tym dla sił policyjnych, jednostek straży pożarnej, pogotowia ratunkowego i innych służb medycznych, a także obrony cywilnej. Potrzeby telekomunikacyjne tych służb obecnie są zaspokajane przez dedykowane sieci i urządzenia, często różniące się w różnych służbach. Zakłada się, że nowoczesne technologie umożliwią daleko idącą integrację usług dedykowanych dla służb ratunkowych, również w skali międzynarodowej.

Koncepcja EMTEL jest zgodna z wieloma dokumentami organizacji międzynarodowych wskazujących na potrzebę koordynacji działań dotyczących telekomunikacji w sytuacjach zagrożenia.

ETSI EMTEL definiuje obecnie wymagania użytkowników dla czterech głównych obszarów komunikacji w sytuacjach zagrożenia. Są nimi:

- komunikacja od obywateli do instytucji / organizacji (*emergency call*),
- wywołania numeru ratunkowego;



- komunikacja pomiędzy instytucjami / organizacjami (komunikacja służb bezpieczeństwa i ratownictwa);
- komunikacja od instytucji / organizacji do obywateli (*warning systems*) – systemy ostrzegania;
- komunikacja pomiędzy obywatelami w czasie zagrożenia.

Ponadto w planach prac EMTEL uwzględnia się aspekty, takie jak bezpieczeństwo sieci, integralność sieci oraz zachowania sieci w sytuacjach zagrożenia.

Prace te są obecnie na wstępnym etapie i dotyczą zarówno telekomunikacyjnych sieci przewodowych, jak i radiowych. Jednym ze środków przekazu informacji o zagrożeniach może być także radiofonia i telewizja naziemna i satelitarna.

Wymagania i wytyczne wypracowane w ramach projektu EMTEL będą miały wpływ na wymagania stawiane w standardach ETSI opracowywanych w ramach innych komitetów technicznych, dotyczące usług publicznych sieci telekomunikacyjnych dedykowanych dla służb bezpieczeństwa i ratownictwa. Dotychczas EMTEL opublikował kilka dokumentów [30 ÷ 33], a kilka kolejnych ma status projektu.

Ponieważ sieci publiczne w sytuacji zagrożenia mogą ulec przeciążeniu, konieczne są standardy zapewniające służbom ratownictwa dostęp do sieci również w takich sytuacjach. Dlatego dedykowane urządzenia i priorytety dostępu są wymaganiami krytycznymi.

Instytucje i organizacje odpowiedzialne za bezpieczeństwo, jeśli mają działać sprawnie i w sposób bezpieczny dla osób pełniących te funkcje, muszą się porozumiewać również z tego rodzaju służbami za granicą. Współpraca służb ratunkowych w czasie wspólnych akcji w czasie stanów klęski będzie możliwa, jeżeli sieci telekomunikacyjne i urządzenia będą zdolne do współpracy. Potrzeby interoperacyjności i stworzenia interfejsów są w tego rodzaju działaniach zagadnieniem pierwszoplanowym. Stąd wynika bezwzględna potrzeba standaryzacji.

Organizacja służb bezpieczeństwa i ratownictwa w różnych krajach jest różna. A obywatele przemieszczają się w związku z wyjazdami służbowymi, na wakacje itp. Aby uzyskać optymalny poziom bezpieczeństwa obywateli w sytuacjach zagrożenia, usługi telekomunikacyjne dla osób w niebezpieczeństwie wymagają harmonizacji.

Uwaga. W dyskusji nt. harmonizacji wymagań technicznych dotyczących systemów i usług telekomunikacyjnych należy rozróżniać funkcje współdziałania, czyli interoperacyjności (*interoperability*) urządzeń od funkcji współpracy (*interworking functions*) urządzeń lub ich części.

W telekomunikacji interoperacyjność oznacza:

- a. Zdolność systemów lub jednostek do dostarczania usług i akceptowania usług innych systemów lub jednostek oraz do współdziałania w wykonaniu wspólnego zadania (usługi).
- b. Warunki uzyskiwane pomiędzy elektronicznymi systemami komunikacyjnymi lub jednostkami elektronicznych urządzeń komunikacyjnych, w których informacje lub usługi mogą być między nimi i/lub ich użytkownikami wymieniane bezpośrednio i w sposób zadawalający.

Standardem interoperacyjności jest dokument określający wymagania techniczne, które należy zastosować w trakcie projektowania systemów lub jednostek i ich używania, aby zapewnić ich efektywne współdziałanie.

Funkcje współpracy są mechanizmami, które maskują różnice technologii w warstwie fizycznej, łączy i sieci poprzez przekształcanie lub odwzorowanie stanów i/lub protokółów w spójną sieć i usługi dla użytkowników. Współpraca jednostek, urządzeń lub części

urządzeń zapewnia w sieci funkcje przesyłania danych. Jednostki współpracujące są rzeczywistymi urządzeniami, które w sieci odpowiednio odbierają dane i przesyłają dane.

## 5. Projekt MESA

Jak wspomniano jednym z problemów służb ratunkowych jest niekompatybilność systemów komunikacyjnych. Waga tego problemu wzrasta wraz ze skalą działań służb ratunkowych. W przypadku stanów klęski, np. powodzi, trzęsienia ziemi, angażujących znaczne siły, również pomoc międzynarodową, niekompatybilność systemów komunikacyjnych dezorganizuje współpracę i obniża skuteczność i szybkość pomocy. Konieczność tworzenia wspólnych, docelowo ogólnościowych, standardów systemów łączności ruchomej dla służb ratunkowych była powodem porozumienia pomiędzy ETSI (*European Telecommunications Standard Institute*) i TIA (*Telecommunications Industry Association*), którego rezultatem jest wspólny projekt MESA (*Mobility for Emergency and Safety Applications*). Inicjatywa ta jest również wspierana przez ITU. W ramach projektu MESA współpracuje ponad 100 reprezentantów z różnych krajowych organizacji odpowiedzialnych za bezpieczeństwo publiczne, użytkowników urządzeń, organizacji badawczych i przemysłu telekomunikacyjnego z całego świata. Obsługę administracyjną projektu zapewniają ETSI i TIA. Członkowie spotykają się co pół roku w celu koordynacji działalności i zatwierdzenia propozycji dokumentów. W okresie pomiędzy tymi spotkaniami korespondują za pośrednictwem e-mail. Zasady uczestnictwa są opisane na stronie: [www.projectmesa.org](http://www.projectmesa.org) [33, 34].

W opracowaniu specyfikacji technicznych stworzonych w ramach projektu MESA aktywnie uczestniczą przedstawiciele użytkowników (służb ratunkowych). Uzasadnienie tego podejścia jest oczywiste. Nikt nie zna tak dobrze operacyjnych potrzeb różnych służb ratunkowych jak sami użytkownicy. W odróżnieniu od wielu innych specyfikacji technicznych dokumenty MESA są akceptowane przez użytkowników zanim zostaną użyte jako podstawa projektów technicznych.

Usystematyzowano ramy analizy i oceny systemów komunikacyjnych wg trzech kryteriów dotyczących potrzeb prowadzonych działań:

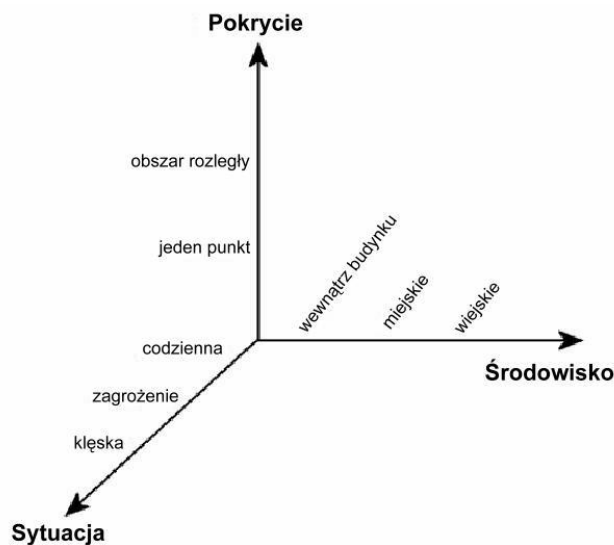
- środowisko,  
sceną działań może być wewnątrz budynku, środowisko miejskie lub wiejskie;
- pokrycie,  
działania mogą dotyczyć jednego punktu (małego obszaru) lub rozległego obszaru;
- sytuacja,  
działania codzienne (rutynowe), w dużym zagrożeniu, w stanie klęski lub po katastrofie.

Tych trzech kryteriów użyto do utworzenia trójwymiarowej matrycy, por. rys. 8, w której może się znaleźć każdy scenariusz działań. Każda kombinacja warunków środowiska, pokrycia i sytuacji jest klasyfikowana jako jeden ze scenariuszy Projektu MESA. Każdemu ze scenariuszy przypisano określone wymagania odnośnie systemów komunikacyjnych.

Scenariusze o podobnych wymaganiach z oczywistych względów nie muszą być analizowane osobno. Zatem w wyniku pogrupowania tego rodzaju scenariuszy w sumie wyróżniono 12 scenariuszy podstawowych, a mianowicie:

- wewnątrz budynku, codzienne działania, pojedynczy punkt;
- wewnątrz budynku, zagrożenie, pojedynczy punkt;
- miejskie, codzienne działania, pojedynczy punkt;
- miejskie, codzienne działania, obszar rozległy;
- miejskie, zagrożenie, pojedynczy punkt;

- miejskie, zagrożenie, obszar rozległy;
- miejskie, klęska, obszar rozległy;
- wiejskie, codzienne działania, pojedynczy punkt;
- wiejskie, codzienne działania, obszar rozległy;
- wiejskie, zagrożenie, pojedynczy punkt;
- wiejskie, zagrożenie, obszar rozległy;
- wiejskie, klęska, obszar rozległy.

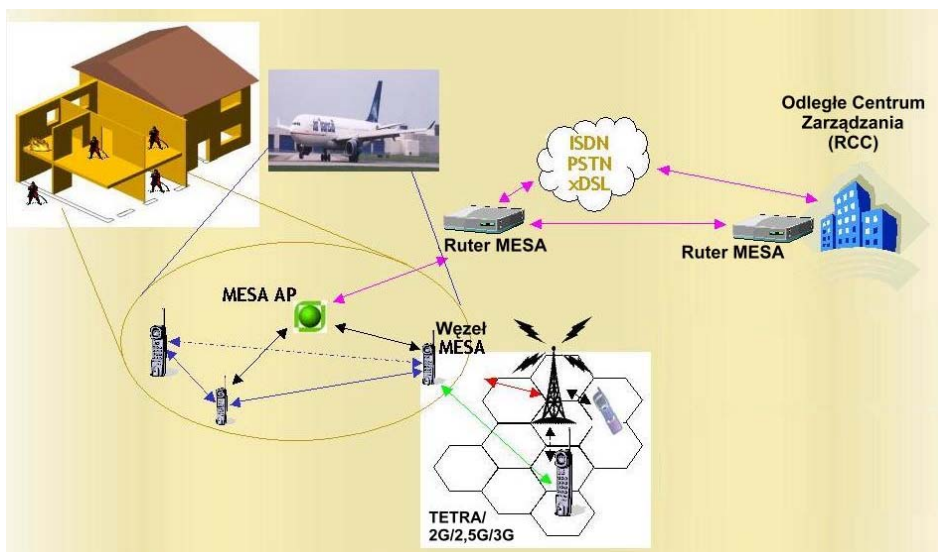


Rys. 8: Klasyfikacja scenariuszy w projekcie MESA

Tym samym podejście zastosowane w projekcie MESA polega na gruntownej analizie zagadnień inżynierii systemowej przed rozpoczęciem działań dotyczących przygotowania specyfikacji technicznej. Poszukiwanie wspólnych scenariuszy ma służyć wyeliminowaniu ryzyka związanego z tworzeniem dużej liczby niekompatybilnych rozwiązań, co w rezultacie prowadziłyby do sytuacji podobnej do obserwowanej obecnie.

Przykłady architektury sieci dla kilku scenariuszy [35] przedstawiono na rys. 9a, b, c.

a) wewnątrz budynku, zagrożenie + codzienne działania, pojedynczy punkt;

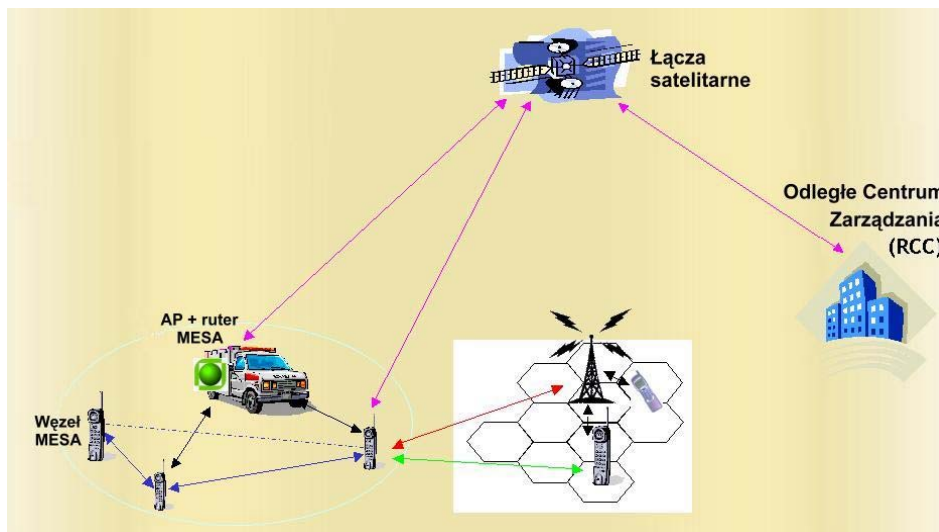


Rys. 9a: Scenariusz dla przypadku a)

Legenda:

- połączenia peer-to-peer (wewnątrz budynku),
- połączenia AP z węzłami MESA,
- połączenia AP z ruterem MESA,
- interoperacyjność z zewnętrznymi sieciami dostępowymi przewodowymi (ISDN, PSTN, xDSL) i radiowymi,
- przyłączenie za pośrednictwem sieci szkieletowej MESA do odległego centrum zarządzania (RCC).

b) wiejskie + miejskie, zagrożenie, pojedynczy punkt

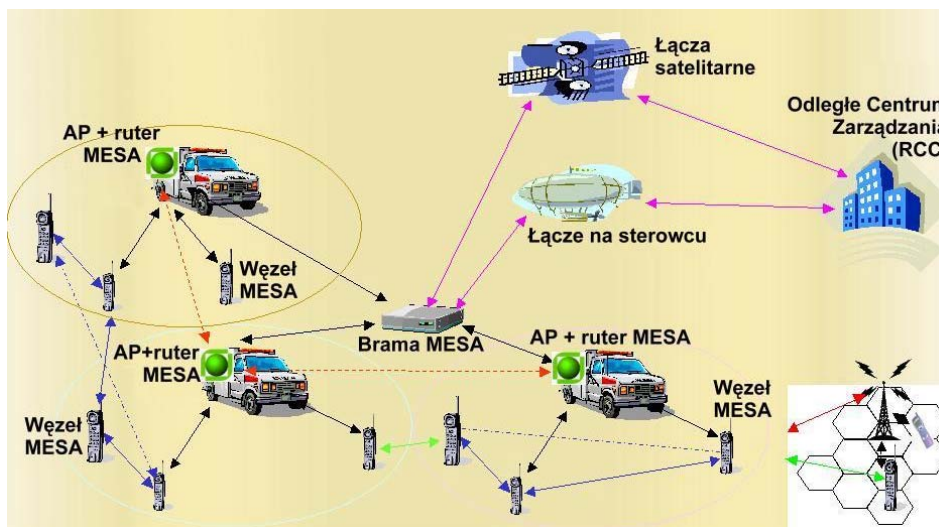


Rys. 9b: Scenariusz dla przypadku b)

Legenda:

- połączenia peer-to-peer (w miejscu działania),
- połączenia AP z węzłami MESA,
- połączenia AP z ruterem MESA,
- interoperacyjność z zewnętrznymi radiowymi sieciami dostępowymi (TETRA, 2G / 2,5G / 3G),
- przyłączenie za pośrednictwem sieci szkieletowej do odległego centrum zarządzania (RCC).

c) wiejskie + miejskie, zagrożenie + klęska, obszar rozległy



Rys. 9c: Scenariusz dla przypadku c)

Legenda:

- połączenia peer-to-peer,
- połączenia AP z węzłami MESA,
- połączenia pomiędzy AP,
- połączenia AP z ruterem MESA,
- interoperacyjność z zewnętrznymi sieciami dostępowymi,
- przyłączenie za pośrednictwem sieci szkieletowych MESA do odległego centrum zarządzania (RCC).

Przedstawione przykłady dowodzą, że w ramach projektu MESA rozważa się stosowanie różnych technologii radiowych. Obszar zainteresowań obejmuje wykorzystanie:

- radiowych sieci dyspozytorskich systemów, takich jak TETRA i TETRA 2;
- sieci komórkowych 2G, jak GSM/GPRS, oraz 3G, jak UMTS;
- ruchomych i stacjonarnych systemów satelitarnych;
- szerokopasmowych radiowych sieci metropolitalnych (WMAN), zgodnych ze standardami z serii IEEE 802.16, znanych pod nazwą handlową WiMAX;
- radiowych sieci lokalnych (WLAN), zgodnych ze standardami z serii IEEE 802.11;
- radiowych sieci osobistych (WPAN), zgodnych ze standardami z serii IEEE 802.15;
- sieci sensorowych;
- sieci ultra-szerokopasmowych bliskiego zasięgu (UWB);
- systemów nawigacyjnych (GPS, Galileo);

i innych innowacyjnych technologii.

Prace te wymagają gruntownych studiów stanu techniki i prognoz rozwoju polegających na analizie architektury sieci i jej elementów, ocenie właściwości interfejsu radiowego pod względem przydatności do stosowania w określonych sytuacjach (np. zasięgi, odporność na zakłócenia propagacyjne, przenikania sygnału do wnętrza budynku, dostępność pasm częstotliwości), oferowane usługi i aplikacje (w tym gwarantowana jakość usług), bezpieczeństwo informacji. Pod tym względem zakres pracy statutowej wykonanej w Instytucie Łączności, której wynikiem jest niniejsze opracowanie jest zbieżny z kierunkiem działań grupy MESA.

Właściwości niektórych z ww. systemów są przedstawione w dokumencie podsumowującym wykonaną równoległe pracę 01300015 pt. "Prace dotyczące systemów radiokomunikacyjnych III i następnych generacji w szczególności dla potrzeb sieci inteligencji otoczenia".

Poniżej opisano dwa tematy, które wydają się szczególnie perspektywiczne: technikę ruchomych sieci ad-hoc (MANET) oraz koncepcję radiostacji definiowanych programowo (SDR). Każde z tych zagadnień powinno stać się tematem osobnej pracy statutowej.

## **6. Ruchoma sieć ad-hoc (MANET)**

Jednym z perspektywicznych kierunków rozwoju sieci ruchomych w tym również dla potrzeb łączności w służbach ratownictwa są ruchome sieci ad-hoc, określane terminem MANET (*Mobile Ad-hoc Network*). MANET jest siecią samokonfigurującą się, składającą się z radiowych ruterów i skojarzonych z nimi węzłów (hostów) połączonych ze sobą za pośrednictwem łączy radiowych, tworzących jako całość dowolną strukturę. Rutery i węzły MANET mogą się swobodnie przemieszczać i dowolnie organizować. Z tego względu struktura tego rodzaju sieci radiowej może zmieniać się szybko i w sposób nieprzewidywalny.

Uwaga. W tym opracowaniu przyjęto, że ruter jest urządzeniem działającym w warstwie sieciowej (trzeciej) modelu OSI. Kieruje pakiety zgodnie z zawartą w nich informacją adresową,

wykorzystując tzw. tablicę routingu. Tablica ta może być wpisana przez administratora sieci (podsystem zarządzania siecią), albo tworzona dynamicznie na podstawie wymiany informacji z innymi ruterami. Ruter może mieć kilka portów, np. kablowy Ethernet i radiowy. Natomiast węzłem (hostem) jest każde urządzenie z bezpośrednim dostępem do sieci, mające własny adres IP, udostępniające swoje usługi i zasoby innym użytkownikom sieci.

Utworzenie i rozwiązanie sieci powinno być na tyle proste, aby nie wymagało technicznego wykształcenia ze strony użytkownika i wymagało jak najmniejszych nakładów czasu i środków (poza samymi stacjami radiowymi uczestniczącymi w sieci ad-hoc). Sieć taka może być siecią wydzieloną lub przyłączoną do Internetu za pośrednictwem jednego lub więcej ruterów. Minimalne potrzeby w zakresie infrastruktury i możliwość szybkiego rozwinięcia powodują, że radiowe sieci ad-hoc mogą być przydatne szczególnie w sytuacjach zagrożenia, takich jak katastrofy naturalne lub spowodowane przez ludzi, konflikty militarne.

Eksperymenty z radiowymi sieciami pakietowymi w środowiskach akademickich prowadzono już w latach siedemdziesiątych. Obecnie radiowe sieci ad-hoc znajdują zastosowanie w technice wojskowej.

Protokoły ad-hoc określają reguły, na podstawie których węzły MANET uzgadniają jaką drogą kierować pakiety pomiędzy poszczególnymi węzłami. Ponieważ węzły radiowej sieci ad-hoc nie znają a priori położenia innych węzłów sieci, muszą je rozpoznać zanim będą mogły komunikować się z innymi.

Rozpoznanie może polegać na tym, że nowy węzeł zawiadamia o swojej obecności i słucha transmisji radiowych swoich sąsiadów. Węzeł uczy się informacji o węzłach znajdujących się w pobliżu i drogach, które do nich prowadzą. Zawiadamia, że może także być w zasięgu tych węzłów. Oczywiście musi upłynąć określony czas zanim węzeł uzyska wiedzę o wszystkich innych węzłach i jednej lub więcej drogach, które prowadzą do nich. Jak wspomniano wiedza ta ma charakter tymczasowy, ponieważ struktura sieci zmienia się dynamicznie

Taki wyidealizowany schemat działania ma jednak wiele mankamentów. W rzeczywistych warunkach tablica routingu powinna:

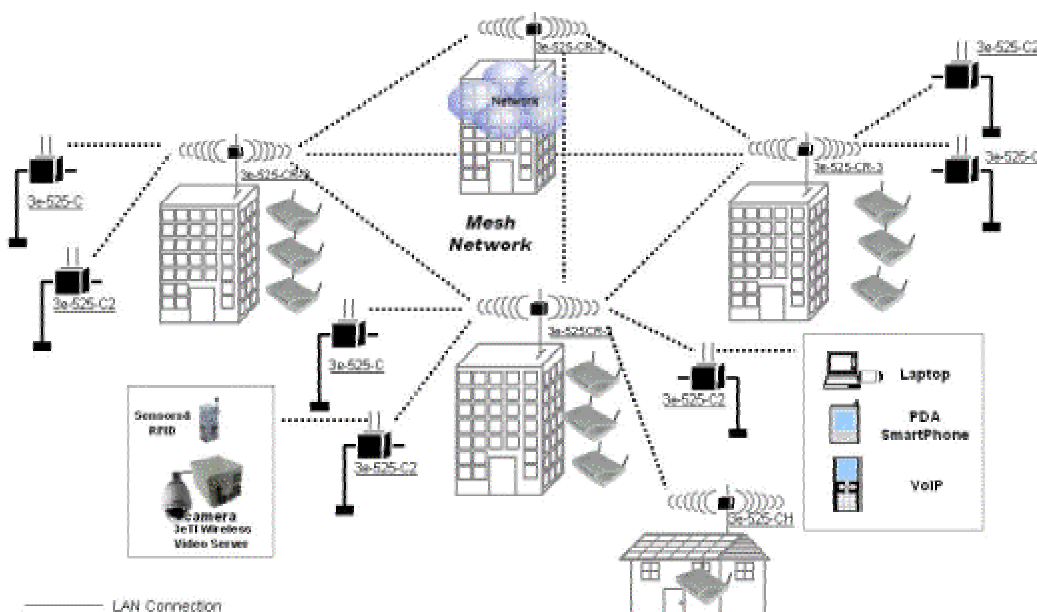
- mieć jak najmniejszą wielkość;
- wskazywać najlepszą drogę do węzła docelowego (najszybszą, najbardziej niezawodną, o największej przepływności lub najtańszą);
- być przechowywana do momentu, gdy węzeł zmieni miejsce, albo zostanie usunięty (np. zniszczony).

Uzyskanie wiedzy o otoczeniu rutera powinno wymagać jak najmniejszej liczby wymienionych wiadomości i najmniej czasu.

Uwaga. Oryginalny protokół ad-hoc standardów RLAN serii IEEE 802.11 jest oceniony jako mało przydatny dla celów praktycznych. Systemy 802.11 obsługują tylko ruch urządzeń radiowych w obrębie lokalnej "chmurki". Każdy węzeł może nadawać i odbierać dane, ale nie może być ruterem i skierować pakietów poza sieć, gdyż w standardzie 802.11 sieć ad-hoc jest tworzona wyłącznie przez stacje, które wzajemnie znajdują się w swoim zasięgu radiowym. Cechą charakterystyczną jest ograniczenie tej sieci w czasie (tymczasowość) i przestrzenne (zasięg lokalny). Zespolecie różnych zorganizowanych ad-hoc sieci 802.11 w jedną MANET wymaga zastosowania dodatkowych protokółów w wyższych warstwach sieci.

W literaturze jest opisanych wiele protokółów dla sieci ad-hoc opracowanych przez entuzjastów tej techniki i małe firmy. Należy sądzić, że istotne dla rozwoju tej technologii będzie wsparcie przez firmę Microsoft, która prowadzi prace dotyczące kratowych sieci

radiowych w kilku ośrodkach badawczych [<http://research.microsoft.com/mesh/>] z myślą o powszechnym stosowaniu osiedlowych radiowych sieci Internetowych, dystrybucji programów telewizyjnych.



Rys. 10: Przykład wykorzystania radiowej kratowej sieci lokalnej

### 6.1. Radiowe kratowe sieci lokalne

W sieci tego rodzaju każdy węzeł nadaje tylko do następnego węzła (sąsiedniego). Węzły działają jako przekaźniki. Sieć może być łatwo rozszerzana również na obszarach, na których występują przeszkody utrudniające rozchodzenie się fal radiowych (teren pofałdowany, budynki), na których budowę klasycznej sieci dostępowej o scentralizowanej architekturze uznaje się za trudną i nieopłacalną.

Jeżeli każdy węzeł znajduje się w zasięgu kilku innych (może komunikować się z wieloma innymi węzłami) sieć jest wyjątkowo niezawodna, gdyż po wyeliminowaniu jednego z węzłów, węzły sąsiednie znajdują inną drogę do przesyłania informacji.

W sieci kratowej mogą być używane węzły stacjonarne i ruchome. Pakiety są przesyłane od węzła do węzła, aż osiągną wyznaczony cel. Każde urządzenie powinno dynamicznie wyznaczać drogi (*dynamic routing*) dla odebranych-wysyłanych pakietów. Stosowany algorytm powinien zapewniać, aby była to droga najlepsza (najszybsza).

W sieci scentralizowanej, w której terminale komunikują się tylko z AP, wszystkie komputery współużytkują jeden kanał radiowy (dzielą pasmo pomiędzy siebie). W sieci kratowej z adaptacyjnym protokołem transmisji, urządzenie komunikuje się tylko z urządzeniami, które są w zasięgu. Im więcej urządzeń, tym pojemność systemu większa, jednakże wzrasta również liczba skoków, a w konsekwencji opóźnienie transmisji. Aby nie utracić zalet ruchomej sieci kratowej można zastosować stacjonarne stacje bazowe (punkty dostępowe) przyłączone do sieci o dużej pojemności (łączy mikrofalowych lub łączy kablowych), rys. 10.

Tym samym zaletą sieci kratowej jest to, że operator musi zbudować minimalną liczbę stacji bazowych. W oparciu o tę infrastrukturę użytkownicy sami mogą rozszerzać zasięg sieci. Sieć tego rodzaju może być przydatna we wszystkich działaniach służb bezpieczeństwa i ratownictwa. W pierwszym etapie może służyć w miastach do organizacji sieci monitoringu. Sieć taka zawierałaby rutery stacjonarne, w tym również instalowane tymczasowo,

obsługujące np. przekazywanie sygnału wideo z kamer. Jednocześnie te same urządzenia mogłyby funkcjonować jako rutery dla ruchu generowanego przez stacje ruchome. Docelowo również stacje ruchome, przewożne zainstalowane w pojazdach i noszone, powinny obsługiwać funkcję rutera. Tego rodzaju sieci mogą rozwiązać większość problemów, które pojawiają się w projektach realizacji łączności dla służ bezpieczeństwa i ratownictwa za pomocą rozwiązań konwencjonalnych opartych na technologii sieci komórkowych.

Cztery podstawowe problemy techniczne związane z tworzeniem solidnych sieci kratowych są następujące:

- Pojemność i zasięg radiowy każdego węzła. Pojemność jest wymagana ze względu na potrzeby użytkowników, a zasięg decyduje o możliwości przyłączenia użytkowników.
- Ruting. Wybór optymalnej drogi dla pakietu wysłanego z węzła A do węzła B poprzez węzły pośredniczące.
- Bezpieczeństwo i prywatność. Każdy użytkownik chce, aby jego system był bezpieczny. Transmisja radiowa z zasady jest bardziej wrażliwa na próby przechodzenia informacji niż kablowa.
- Zarządzanie. Sieć powinna systematycznie się rozwijać. W modelu sieci proponowanym przez Microsoft nie ma jednostki odpowiedzialnej za budowę sieci. Zakłada się, że grupa ludzi kupuje urządzenia i łączy je pomiędzy sobą. System powinien być niezawodny i sam sobą zarządzać.

Jedną z inicjatyw, które mogą przybliżyć stosowanie sieci kratowych, są badania finansowane przez firmę Microsoft zmierzające do stworzenia techniki łączenia radiowych sieci lokalnych.

Tego rodzaju koncepcja sieci zmienia zasadniczo stosowane dziś techniki szerokopasmowego dostępu do Internetu, polegające na doprowadzeniu do każdego domu kabla (DSL), albo łącza radiowego systemu punkt do wielu punktów. W odróżnieniu od tego rodzaju sieci kablowych i radiowych, które są zarządzane centralnie, radiowe sieci kratowe polegają na zasobach, które udostępniają wszyscy użytkownicy.

Realizacja takiego celu wymaga rozwiązania wielu problemów, w tym dotyczących:

- rozszerzenia zasięgu i pojemności,
- autokonfiguracji i stabilności sieci,
- bezpieczeństwa,
- prywatności,
- kierowania (rutingu) transmisji wieloma drogami z udziałem wielu węzłów pośredniczących,
- równoprawnego przyznawania pasma (zasobów).

Oprócz wspomnianych problemów technicznych pojawia się wiele wątpliwości o charakterze ekonomiczno-prawnym. Obecnie Microsoft skupia się na rozwiązywaniu podstawowych problemów technicznych, które nadal istnieją mimo kilku dekad poświęconych na badania pakietowych sieci transmisji danych.

Dla potrzeb tych badań zbudowano sieci modelowe (*testbed networks*) obejmujące biurowe budynki firmy i lokalny kompleks apartamentów.

W celu promowania tej techniki i dla poszukiwania nowych rozwiązań oferuje zestaw narzędzi o nazwie "Mesh Networking Academic Resource Toolkit 2005".



## 7. Radiostacje definiowane programowo

W poprzednich rozdziałach podkreślano znaczenie interoperacyjności urządzeń radiowych stosowanych przez służby bezpieczeństwa i ratownictwa. Problem niekompatybilności systemów dotyczy wielu służb i instytucji w skali krajowej i międzynarodowej:

- służb publicznych (policja, straż graniczna, służby celne, straż pożarna, ratownictwo medyczne, energetyka, wodociągi, gazownictwo),
  - obrony cywilnej,
  - wojska wykorzystywanego w operacjach ratowniczych,
- i innych.

Oprócz samej możliwości komunikacji istotnym problemem przy tworzeniu koncepcji uniwersalnego systemu łączności ruchomej dla potrzeb ratownictwa są sprawy bezpieczeństwa i dostępu do informacji oraz aplikacji wspomagających kierowanie i współdziałanie. Ze względu na bezpieczeństwo należy zakładać konieczność stosowania szyfrowania transmisji radiowej – interfejsu radiowego (*Air Interface Encryption, AIE*) oraz możliwość szyfrowania end-to-end (E2E).

Z punktu widzenia komunikacji optymalnym rozwiązaniem byłoby używanie tych samych systemów (niepotrzebne szkolenie użytkowników w zakresie obsługi terminali innego systemu), jednakże z wielu względów jest to obecnie nierealizowalne.

Jednym z sugerowanych sposobów rozwiązania problemu w przyszłości jest koncepcja radiostacji definiowanej programowo (*Software defined radio, SDR*). Tzn. uniwersalnego urządzenia, które byłoby zdolne pracować we wszystkich systemach wykorzystywanych przez ww. służby.

Zagadnienie to analizowano m.in. z punktu widzenia potrzeb sił pokojowych NATO (*Civil Military Cooperation, CIMIC*). Zadanie jest niezwykle trudne, zważywszy że tradycyjnie w większości krajów są różne formacje (siły lądowe, morskie, powietrzne, specjalne, ...), w ramach NATO jest 26 krajów i dodatkowo 47 w programie Partnerstwo dla Pokoju (*Partnership for Peace, Pfp*). Należy więc liczyć się z mnogością standardów, różnymi pasmami częstotliwości, rodzajami modulacji, kodowania, aplikacjami. Wszystkie te standardy należałoby zrealizować za pomocą modułów oprogramowania i API<sup>/\*</sup>.

W realizowanych obecnie urządzeniach SDR znaczącą część przetwarzania sygnału wykonują procesory (komputery) ogólnego przeznaczenia, współpracujące z cyfrowymi układami elektronicznymi, których konfiguracją można sterować.

Celem projektów dotyczących SDR jest stworzenie urządzenia, które po uruchomieniu nowego programu może nadawać i odbierać sygnały z nowym protokołem radiowym.

Obecnie SDR są projektowane głównie dla celów wojskowych, ale w przyszłości mogą znaleźć się w sieciach publicznych, np. wielosystemowy terminal sieci komórkowych.

Wg idealistycznej "przyszłościowej" koncepcji radiostacji SDR odbiornik składałby się z przetwornika analogowo-cyfrowego (AC) dołączonego do anteny, a nadajnik składałby się z przetwornika cyfrowo-analogowego (CA) sterującego anteną. Oprogramowanie komputera przekształcałoby wg potrzeb dane odbierane z przetwornika AC i przesyłało dane do przetwornika CA.

---

<sup>/\*</sup> API (*Application Programming Interface*) – interfejs komputera lub aplikacji realizowany w celu żądania obsługi przez inny program komputerowy lub umożliwiający wymianę danych pomiędzy nimi.

Jednak na drodze do realizacji tej koncepcji występuje szereg przeszkód. Ponieważ częstotliwość próbkowania sygnału podczas przetwarzania AC musi być co najmniej dwukrotnie większa niż maksymalna częstotliwość sygnału przetwarzanego, to bloki budowanego urządzenia muszą spełniać następujące warunki:

### Odbiornik

1. Częstotliwość próbkowanych sygnałów musi być ograniczona za pomocą filtra dolnoprzepustowego (dodatkowy element).
2. Dostępna technologia budowy przetworników AC ogranicza częstotliwość sygnału przetwarzanego. Z tego względu w rzeczywistości przetwarzanie AC jest poprzedzone przemianą częstotliwości. Maksymalna praktycznie dostępna częstotliwość graniczna przetwarzanego sygnału częstotliwości pośredniej (IF) wynosi ok. 2 GHz.
3. W wielu systemach informacja zawarta jest w fazie zmodulowanego sygnału radiowego. Dla odwzorowania fazy przebiegu, klasycznym rozwiązaniem jest stosowanie dwóch mieszaczy, sterowanych przebiegami z przesunięciem fazy o  $0^\circ$  oraz  $90^\circ$  (tzw. mieszacz kwadraturowy). Oznacza to konieczność stosowania dwóch torów IF i dwóch zespołów przetworników.
4. Kolejnym problemem pozostaje odtworzenie skali czasu przebiegu odbieranego i zsynchronizowanie odbiornika. W przypadku sieci ruchomej proces adaptacji odbiornika do parametrów sygnału musi być procesem ciągłym. Uniwersalna radiostacja definiowana programowo powinna odbierać dane z różną szybkością, z różnymi protokołami. Obecnie w tym celu stosuje się kombinację rozwiązań sprzętowych i programowych.
5. Zakres dynamiki. Aby uzyskać możliwość odbioru sygnałów o poziomach takich, jakie są możliwe za pomocą odbiorników konwencjonalnych, należy pomiędzy anteną a przetwornikiem umieścić wzmacniacz o małych szumach. Jednakże zastosowanie takiego wzmacniacza wprowadza kolejny problem. Sygnały niepożądane mogą przesterować wzmacniacz powodując zniekształcenia sygnału odbieranego, albo zablokować wzmacniacz całkowicie uniemożliwiając odbiór. Konwencjonalne rozwiązanie polega na włączeniu filtra pomiędzy antenę i wzmacniacz. Jednakże obecność filtra zmniejsza "uniwersalność" odbiornika. Z tego powodu w rzeczywistości konieczne jest podzielenie pasma na podzakresy + osobne podkanały analogowe.

### Nadajnik

1. Te same ograniczenia technologiczne powodują konieczność przetwarzania CA sygnałów o częstotliwości pośredniej, a następnie przemiany na docelową częstotliwość radiową.
2. Nadajnik nie powinien wytwarzać emisji poza pasmem przeznaczonym dla niego. Przetwornik CA odwzorowuje sygnał analogowy, ale oprócz składowej podstawowej generuje szereg składowych niepożądanych, które nie powinny docierać do anteny. Konwencjonalne rozwiązanie polega na stosowaniu analogowych filtrów.
3. W przypadku nadajników istotna jest sprawność energetyczna wzmacniacza sterującego toru antenowego. Wzmacniacze dużej mocy o dużej sprawności nie są wzmacniaczami linearnymi, wprowadzają zniekształcenia sygnału. Na skutek tego konieczne jest stosowanie filtrów pomiędzy wzmacniaczem a anteną. Ponadto w systemach z modulacją amplitudową zniekształcenia amplitudy zmodulowanej fali nośnej są niedopuszczalne, toteż w części cyfrowej należy zastosować wstępne zniekształcenia kompensujące nielinearność charakterystyki wzmacniacza mocy.

Oprogramowanie musi składać się z wielu modułów. Złożoność problemu wymaga stosowania wielu procesów i ich synchronizacji w trakcie wykonywania wspólnego zadania.

Projektowanie SDR jest zagadnieniem nowym. Obecny stopień zaawansowania technologii pozwala na realizację modeli bardzo prostych w porównaniu z wymaganiami, jakie powinny spełniać uniwersalne urządzenia radiowe dla współdziałających służb ratowniczych. Np. w projekcie SDR o nazwie SpeakEasy, którego opis można znaleźć w ogólnodostępnej literaturze, badano możliwości programowej emulacji co najmniej 10 wojskowych systemów radiowych, pracujących w zakresie częstotliwości pomiędzy 2 MHz i 200 MHz z modulacją AM, SSB, FM i QAM.

## 8. Podsumowanie

Wg informacji przekazanych przez przedstawicieli ETSI i TETRA MoU podczas ostatniego Światowego Kongresu TETRA, który odbył się w dniach od 28 listopada do 1 grudnia 2005 r., prace dotyczące pierwszej edycji specyfikacji TEDS są w zasadzie zakończone. Proponowany system spełnia wszystkie podstawowe założenia polegające na ewolucyjnym rozwoju od obecnie stosowanego TETRA V+D o szybkości transmisji ograniczonej do 9,6 kbit/s (praktycznie przeważnie do 2,4 kbit/s) do systemu umożliwiającego przesyłanie strumieni danych rzędu 50 kbit/s.

Jednakże jak wskazano w rozdz. 3.2, zasięg transmisji TEDS jest znacznie mniejszy niż zasięg transmisji TETRA. W tym miejscu trzeba przypomnieć, że w odróżnieniu od publicznych sieci komórkowych, takich jak GSM, które zwłaszcza w rejonach zurbanizowanych są projektowane w celu uzyskania maksymalnej pojemności, tzn. z dużą liczbą gęsto rozmieszczonych komórek o małym zasięgu, sieci dyspozytorskie są projektowane w sposób gwarantujący największy zasięg (względnie mała liczba użytkowników i korzystanie głównie z połączeń grupowych nie wymagają dużej pojemności sieci). W przypadku wdrażania systemu TEDS jako nakładki na istniejącą sieć TETRA, możliwej ze względu na kompatybilność systemów, pojawi się problem luk pokrycia dla transmisji TEDS, por. rys. 7. Będzie to oznaczać albo konieczność pogodzenia się z faktem, że szybka transmisja danych jest możliwa tylko w pobliżu stacji bazowych, albo konieczność zagęszczenia siatki stacji bazowych, a więc konieczność pozyskiwania nowych obiektów do budowy tych stacji i znaczne koszty, przy niewielkim wykorzystaniu zasobów zbudowanej sieci.

W tym kontekście inicjatywy zmierzające do wykorzystania jako alternatywnych środków komunikacji dla służb bezpieczeństwa i ratownictwa zasobów sieci publicznych, np. w ramach projektu EMTEL, należy śledzić z dużą uwagą.

Z kolei projekt MESA jest obecnie na etapie definiowania potrzeb w zakresie łączności elektronicznej i analiz dostępnych technologii. Realna specyfikacja uniwersalnego standardu lub standardów systemu łączności radiowej dla służb pojawi się za kilka lat, a jej wdrażanie przeciągnie się na lat kilkanaście.

Z tego powodu, mając na uwadze bieżące potrzeby służb bezpieczeństwa i ratownictwa, należy obok prac nad wdrożeniem podstawowego systemu łączności głosowej – TETRA, szczegółowo przeanalizować możliwości wykorzystania systemu ruchomych sieci ad-hoc (MANET), którego węzły stacjonarne mogłyby być również elementami systemu monitorowania miasta i ostrzegania ludności.

Włączenie pracowników IŁ do prac komitetów technicznych ETSI EMTEL i ETSI MESA umożliwi śledzenie omówionych wyżej zagadnień w skali europejskiej.

Kierujący opracowaniem niniejszego dokumentu A. Orłowski znajduje się na listach e-mail tych komitetów.

## Bibliografia

- [1] ETSI EN 300 392-2 V2.5.2 (2005-11). Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 2: Air Interface (AI).
- [2] IETF RFC 1661. The Point-to-Point Protocol (PPP).
- [3] ETSI TS 101 747 V1.1.1 (2001-07). Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); IP Interworking (IPI).
- [4] IETF RFC 1990. The PPP Multilink Protocol (MP).
- [5] ITU-T H.323. Packet-based multimedia communications systems.
- [6] Nokia. 2005. Enabling high speed data communications over TETRA. 0205 PMR.
- [7] ITU-T H.264. Advanced video coding for generic audiovisual services.
- [8] Prezentacje ze Światowych Kongresów TETRA: TWC 2003, TWC 2004 i TWC 2005.
- [9] ETSI ES 201 962 V1.1.1 (2001-09). Terrestrial Trunked Radio (TETRA); TETRA Advanced Packet Service (TAPS).
- [10] ETSI TR 102 491 V1.1.1 (2005-06). Electromagnetic compatibility and Radio Spectrum Matters (ERM); TETRA Enhanced Data Service (TEDS); System reference document.
- [11] CEPT ECC/DEC/04/06. ECC Decision of 19 March 2004 on the availability of frequency bands for the introduction of Wide Band Digital Land Mobile PMR/PAMR in the 400 MHz and 800/900 MHz bands.
- [12] ETSI EN 300 396-2 V1.2.1 (2002-07). Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Technical requirements for Direct Mode Operation (DMO); Part 2: Radio aspects.
- [13] ETSI EN 300 392-3-1 V1.2.1 (2002-09). Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 3: Interworking at the Inter-System Interface (ISI); Sub-part 1: General design.
- [14] ETSI EN 300 392-5 V1.2.1 (2003-11). Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 5: Peripheral Equipment Interface (PEI).
- [15] ETSI ETS 300 392-4-1 ed.1 (1999-01). Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 4: Gateways basic operation; Sub-part 1: Public Switched Telephone Network (PSTN).
- [16] ETSI ETS 300 392-4-2 ed.1 (2000-09). Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 4: Gateways basic operation; Sub-part 2: Integrated Services Digital Network (ISDN) gateway.
- [17] ETSI ETS 300 392-4-3 ed.1 (1999-06). Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 4: Gateways basic operation; Sub-part 3: Data networks gateway.
- [18] ETSI TR 102 491 V1.1.1 (2005-06). Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); TETRA Enhanced Data Service (TEDS); System reference document.
- [19] COST 231. Final Report. Digital mobile radio towards future generation systems.
- [20] ETSI TR 102 021-1 V1.2.1 (2005-05). Terrestrial Trunked Radio (TETRA); User Requirement Specification TETRA Release 2; Part 1: General overview.

- [21] ETSI TR 102 021-2. Terrestrial Trunked Radio (TETRA); User Requirement Specification TETRA Release 2; Part 2: High Speed Data.
- [22] ETSI TR 102 021-3. Terrestrial Trunked Radio (TETRA); User Requirement Specification TETRA Release 2; Part 3: Codec.
- [23] ETSI TR 102 021-4. Terrestrial Trunked Radio (TETRA); User Requirement Specification TETRA Release 2; Part 4: Air Interface Enhancements.
- [24] ETSI TR 102 021-5. Terrestrial Trunked Radio (TETRA); User Requirement Specification TETRA Release 2; Part 5: Interworking and Roaming.
- [25] ETSI TR 102 021-6. Terrestrial Trunked Radio (TETRA); User Requirement Specification TETRA Release 2; Part 6: Subscriber Identity Module (SIM).
- [26] ETSI TR 102 021-7. Terrestrial Trunked Radio (TETRA); User Requirement Specification TETRA Release 2; Part 7: Security.
- [27] ETSI TR 102 021-8. Terrestrial Trunked Radio (TETRA); User Requirement Specification TETRA Release 2; Part 8: Air - Ground - Air services.
- [28] <http://www.emtel.etsi.org/>
- [29] <http://portal.etsi.org/emtel>
- [30] ETSI TR 102 197 V1.1.1 (2003-10). Services and Protocols for Advanced Networks (SPAN); Preliminary analysis of EMTEL and Local Emergency Service requirements for IP networks and Next Generation Networks.
- [31] ETSI TS 102 181 V1.1.1 (2005-12). Emergency Communications (EMTEL); Requirements for communication between authorities/organizations during emergencies.
- [32] ETSI TR 102 197 V1.1.1 (2003-10). Services and Protocols for Advanced Networks (SPAN); Preliminary analysis of EMTEL and Local Emergency Service requirements for IP networks and Next Generation Networks.
- [33] <http://www.projectmesa.org>
- [34] <http://portal.etsi.org/mesa>
- [35] Marcello Pagnozzi. Project MESA. Broadband Mobility for Emergency and Safety Applications.
- [36] ETSI SR 002 180 V1.1.1 (2003-12). Requirements for communication of citizens with authorities/organizations in case of distress (emergency call handling).
- [37] ETSI SR 002 181 (draft). Requirements for communication between authorities / organisations during emergencies.
- [38] ETSI SR 002 182 (draft). Requirements for communications from authorities / organisations to the citizens during emergencies.
- [39] ETSI SR 002 410 (draft). Requirements for communications between citizens during emergencies.
- [40] ETSI SR 002 299 V1.1.1 (2004-04). Emergency Communications; Collection of European Regulatory principles.
- [41] Draft ETSI TR 102 444 V 0.0.1 (2005-12). Technical Report Analysis of the Short Message Service (SMS) and Cell Broadcast Service (CBS) for Emergency Messaging applications; Emergency Messaging; SMS and CBS.

- [42] Draft ETSI TR 102 445 V 0.0.1 (2005-12). Technical Report Requirements for Emergency Communications Network Resiliency.
- [43] MESA TR 70.002 V3.1.1 (2002-10). Technical Report. Project MESA; Service Specification Group – Services and Applications; Definitions, symbols and abbreviations.
- [44] MESA TR 70.003 V3.1.1 (2002-10). Technical Report. Project MESA; Technical Specification Group – Services and Applications; Basic requirements.
- [45] MESA TS 70.004 V0.4.0 (2005-10). Technical Specification Project MESA; Technical Specification Group MESA SA. MayDayML – Emergency Data Exchange Standard The Basics.
- [46] MESA TS 70.005 V0.0.0 (2005-10). Technical Specification Project MESA; Technical Specification Group MESA SA. MayDayML – Emergency Data Exchange Standard Alarm Source.
- [47] MESA TS 70.006 V0.0.0 (2005-10). Technical Specification Project MESA; Technical Specification Group MESA S.A. MayDayML – Emergency Data Exchange Standard First Line Responders.
- [48] DTR/MESA-SYS0070007v011 (2003-09). Technical Report. Project MESA; Technical Specification Group SYSTEM; Open Issues.
- [49] MESA DTR 70.0008 v1.5.4 (2005-04). Technical Report. Project MESA; Technical Specification Group SYSTEM; Technologies with Potential Applicability to Project MESA.
- [50] MESA TR 70.005 V1.0.0 (2003-04). Technical Report. Project MESA; Technical Specification Group System; Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters (ERM); MESA Mobile Broadband Network System; System Reference Document (draft).
- [51] MESA TS V3.1.4 (2005-10). Technical Specification Project MESA; Service Specification Group - Services and Applications; Statement of Requirements (SoR).
- [52] ETSI TS 170 001 V3.1.2 (2005-01). Project MESA; Service Specification Group - Services and Applications; Statement of Requirements.
- [53] ETSI TS 100 392-18-1 V1.1.1 (2005-02). Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D) and Direct Mode Operation (DMO); Part 18: Air interface optimized applications; Sub-part 1: Location Information Protocol (LIP)
- [54] ETSI TS 122 071 V6.7.0 (2005-01). Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Location Services (LCS); Stage 1 (3GPP TS 22.071 V6.7.0 Release 6).
- [55] ETSI TS 101 724 V8.9.0 (2004-07). Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Location Services (LCS); Functional description; Stage 2 (3GPP TS 03.71 V8.9.0 Release 1999).
- [56] ETSI TS 123 171 V3.11.0 (2004-04). Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Location Services (LCS); Functional description; Stage 2 (UMTS) (3GPP TS 23.171 V3.11.0 Release 1999).
- [57] ETSI TR 102 260 V1.1.1 (2003-12). Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Code Division Multiple Access Public Access Mobile Radio (CDMA-PAMR); System reference document

- [58] CEPT Rec. T/R 25-08. Planning criteria and coordination of frequencies in the Land Mobile Service in the range 29,7-921 MHz.
- [59] CEPT ECC Report 42. Spectrum efficiency of CDMA-PAMR and other wideband systems for PMR/PAMR.
- [60] ITU-R Rep. M.2014. Spectrum efficient digital land mobile systems for dispatch traffic.
- [61] ITU-R Rep. M.2033 (2003). Radiocommunication objectives and requirements for public protection and disaster relief.
- [62] Instytut Łączności. Warszawa 2005. Sprawozdanie z pracy 01300015 pt. "Prace dotyczące systemów radiokomunikacyjnych III i następnych generacji w szczególności dla potrzeb sieci inteligencji otoczenia."

### **Wykaz akronimów**

112	europański numer ratunkowy
2G	system radiowy III generacji (Second generation of wireless)
3G	system radiowy II generacji (Third generation of wireless)
3GPP	Third Generation Partnership Project
APL	Automatic Person Location
AVC	Advanced Video Coding
AVL	Automatic Vehicle Location
BCCH	Broadcast Control Channel
BS	Base Station
C2	Command & Control (C&C)
CCCH	Common Control Channel
CCTV	Close-Circuit Television
D8PSK	Differential 8-state Phase Shift Keying
DMO	Direct Mode Operation,
DQPSK	Differential Quaternary Phase Shift Keying
DSL	Digital Subscriber Line
ECC	Electronic Communications Committee
EDGE	Enhanced Data for GSM Evolution
EMTEL	Emergency Telecommunications (ETSI)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frequency Division Duplex
GGSN	GPRS Gateway Support Node
GIS	Graphical Information System
GPRS	General Packet Radio Service
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IGMP	Internet Group Management Protocols
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISI	Inter-System Interface,
ITU	International Telecommunications Union
JPEG	Joint Picture Expert Group
LCS	Location Service
MANET	Mobile Ad-hoc Network
MCCH	Main Control Channel
MESA	Mobility for Emergency and Safety Applications

MoU	Memorandum of Understanding
MPEG	Moving Picture Expert Group
MS	Mobile Station
OSI	Open Systems Interconnection
PAMR	Public Access Mobile Radio
PC	Personal Computer
PCCC	Parallel Concatenated Convolutional Code
PD	Packet Data
PDCH	Packet Data Channel
PDG	Packet Data Gateway
PDO	Packet Data Optimised
PEI	Peripheral Equipment Interface,
PIM	Protocol Independent Multicast
PMR	Private Mobile Radio
PMR	Professional Mobile Radio
PPP	Point-to-Point Protocol
PSK	Phase Shift Keying
PSTN	Public switched telephone network
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service RFC 2990
RLAN	= WLAN
RTCP	Real-time Transport Control Protocol
RTP	Real-time Transport Protocol
SDR	Software Defined Radio
SDS	Short Data Service
SIM	Subscriber Identity Module
SIP	Session Initiation Protocol
SwMI	Switching and Management Infrastructure
TAPS	TETRA Advanced Packet Service
TCH	Traffic Channel
TCH/S	Speech Traffic Channel
TDMA	Time Division Multiple Access
TEDS	TETRA Enhanced Data Services, TETRA 2
TETRA	Terrestrial Trunked Radio
TIA	Telecommunication Industry Association (USA)
UDP	User Datagram Protocol
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USIM	UMTS SIM
UWB	Ultra Wideband
V+D	Voice + Data
VoIP	Voice over Internet Protocol
VPN	Virtual Private Network
WAP	Wireless Application Protocol
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network, – w dokumentach ITU i ETSI "RLAN"
WMAN	Wireless Metropolitan Area Network
WPAN	Wireless Personal Area Network
xDSL	x Digital Subscriber Line (ADSL, SDSL, HDSL ...)