

**Piotr Kaczorek**

Akademia Morska w Gdyni

## ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII RADIO OVER IP W SYSTEMACH PMR

*Systemy profesjonalnej łączności radiowej PMR mogą wykorzystywać sieci IP i osiągać z tego tytułu znaczne korzyści. W pracy przedstawiono koncepcję technologii znanej jako Radio over IP oraz kilka przykładowych, dostępnych na rynku rozwiązań.*

**Słowa kluczowe:** systemy PMR, Radio over IP.

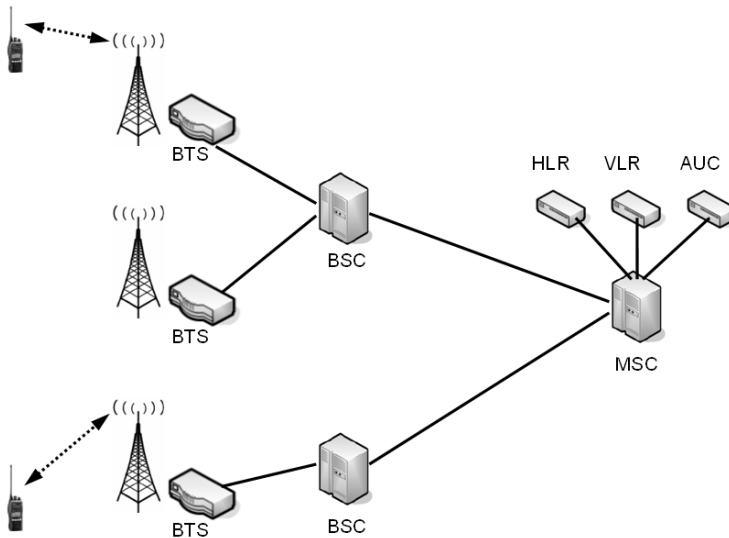
### WSTĘP

Systemy radiokomunikacji ruchomej prawdopodobnie będą w przyszłości wykorzystywały sieci IP jako sieci szkieletowe. Uważa się, że takie rozwiązanie przyczyni się do zwiększenia elastyczności i skalowalności sieci, a także ułatwi wprowadzanie zarówno nowych rozwiązań technicznych w interfejsach radiowych systemów, jak i nowych rodzajów usług. Systemy profesjonalnej łączności radiowej PMR (*Professional Mobile Radio*), przeznaczone dla służb bezpieczeństwa publicznego oraz firm, chociaż mają znacznie mniejszy zasięg terytorialny, to również mogą wykorzystywać sieci IP i osiągać z tego tytułu znaczne korzyści. Technikę taką określa się czasami jako *Radio over IP*.

Za punkt wyjścia dalszych rozważań posłuży klasyczna już architektura sieci systemu GSM, w jej pierwotnej formie (rys. 1). Jest to sieć hierarchiczna, której nadrzędnym elementem jest centrala radiokomunikacyjna MSC (*Mobile Switching Centre*), dysponująca m.in. bazami danych użytkowników własnych HLR (*Home Location Register*) i wizytujących VLR (*Visitors Location Register*) oraz centrum uwierzytelniania AUC (*Authentication Centre*). Centrala MSC zarządza systemami stacji bazowych, w których skład wchodzi sterowniki stacji bazowych BSC (*Base Station Controller*), które z kolei zarządzają stacjami bazowymi BTS (*Base Transceiver Station*) [12].

Warstwa fizyczna sieci szkieletowej systemu GSM jest realizowana na podstawie transmisji synchronicznej PDH/SDH, przy czym w łączach pomiędzy BSC a BTS zazwyczaj wykorzystywano standard E1 i protokół sygnalizacji SS7 [11]. Początkowo ta sama sieć szkieletowa służyła również do realizacji usług transmisji danych CSD (*Circuit Switched Data*) oraz HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*). Było to możliwe, ponieważ przepływności danych w sieci

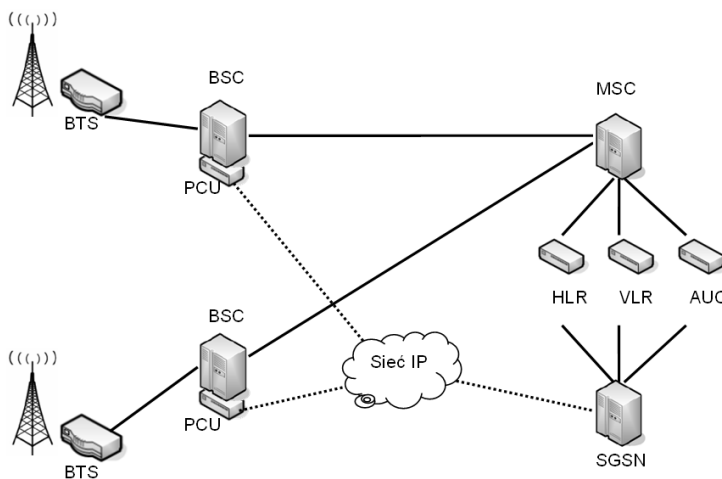
szkieletowej dla usług transmisji sygnałów mowy oraz usług transmisji danych były porównywalne oraz, co ważniejsze, usługi transmisji danych były realizowane z komutacją łączy.



**Rys. 1.** Uproszczony schemat architektury systemu GSM

**Fig. 1.** Simplified scheme of the GSM system architecture

Kiedy opracowywano ulepszone metody transmisji danych w postaci podsystemów GPRS oraz EDGE, było oczywiste, że istniejąca sieć szkieletowa nie będzie w stanie realizować nowych rodzajów usług, dlatego wprowadzono drugą, niejako równoległą do już istniejącej, sieć szkieletową (rys. 2).



**Rys. 2.** Uproszczony schemat architektury systemu GSM z GPRS

**Fig. 2.** Simplified scheme of the GSM and GPRS systems architecture

Kontrolery stacji bazowych zostały wyposażone w moduły PCU (*Packet Control Unit*), odpowiedzialne za obsługę pakietowej transmisji danych w interfejsie radiowym systemu, które poprzez sieć IP są połączone z węzłami obsługującymi SGSN (*Serving GPRS Support Node*). Niektóre elementy architektury systemu, m.in. rejestry HLR i VLR oraz AUC, są wspólne dla obu sieci szkieletowych [12].

Rozwój sieci Internet spowodował powstanie ogromnego rynku wydajnych, niezawodnych i relatywnie tanich urządzeń sieciowych. Nastąpił też rozwój technik strumieniowej transmisji danych w sieciach IP, umożliwiających realizację usług czasu rzeczywistego, np. opracowany w 1996 roku protokół RTP (*Real-time Transport Protocol*), stosowany m.in. w połączeniu z protokołami H.323 oraz SIP w telefonii internetowej VoIP (*Voice over IP*). Wszystko to sprawia, że w sieciach systemów radiokomunikacji ruchomej kolejnych generacji będzie używana tylko jedna sieć szkieletowa, tj. sieć IP, służąca do realizacji wszystkich rodzajów usług, w tym również usług czasu rzeczywistego, tradycyjnie kojarzonych z komutacją łączy, takich jak połączenia radiotelefoniczne.

## 1. SYSTEMY PMR

Pierwsze systemy PMR powstały w latach trzydziestych ubiegłego wieku. Początkowo, ze względu na zastosowanie techniki lampowej, w użyciu były wyłącznie terminale przewoźne. Niemal od początku wykorzystywano analogową modulację FM, najpierw w pasmach 25–50 MHz, później 150 MHz i 450 MHz. Z czasem, dzięki zastosowaniu elementów półprzewodnikowych, a później również mikroprocesorów, analogowe systemy uzyskiwały nowe funkcje (np. selektywne wywołanie CTCSS, DCT, MDC), a urządzenia stawały się coraz mniejsze i tańsze. W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku powstały pierwsze systemy trunkingowe PMR, np. podobne technicznie rozwiązania zaproponowano w systemach Mark V (*General Electric*) oraz LTR (*Motorola*). Systemy te początkowo były zautomatyzowane w niewielkim tylko stopniu, do znalezienia wolnego kanału i zestawienia połączenia wymagały aktywnego udziału terminalu ruchomego, a transmisja sygnałów mowy była prowadzona z wykorzystaniem analogowej modulacji FM.

Radiowe systemy dyspozytorskie powstały wcześniej niż systemy radiotelefonii ruchomej, jednak te drugie, ze względu na olbrzymi rynek i związane z tym równie wielkie zyski dla producentów sprzętu, operatorów i dostawców usług, rozwijały się znacznie szybciej. Pierwszy w pełni cyfrowy system radiokomunikacji PMR został opracowany przez ETSI w roku 1995, pięć lat po systemie GSM. W czasie, kiedy wdrażano kolejne rozszerzenia systemu GSM, m.in. podsystemy GPRS i EDGE, kiedy powstawała specyfikacja systemów trzeciej generacji, w tym systemu UMTS, w zakresie systemów PMR działo się relatywnie niewiele. Dopiero w roku 1999, a więc w czasie, kiedy specyfikacja systemu UMTS była prawie ukończona, powstało stowarzyszenie TETRA

Association, z którego inicjatywy opracowano wydanie drugie specyfikacji systemu TETRA z rozszerzeniem TEDS, opublikowane w 2005 roku. W tym okresie instytut ETSI zatwierdził też dwa nowe standardy systemów PMR: system DMR [7] w roku 2005 oraz dPMR [8] w roku 2008. Podobne rozwiązania można znaleźć również w USA, np. opracowany przez firmy Icom i Kenwood standard NXDN (na podstawie którego powstał europejski standard dPMR), system APCO P.25, a także w Azji, np. japoński system DCR (standard ARIB T-98, podobny do standardu NXDN).

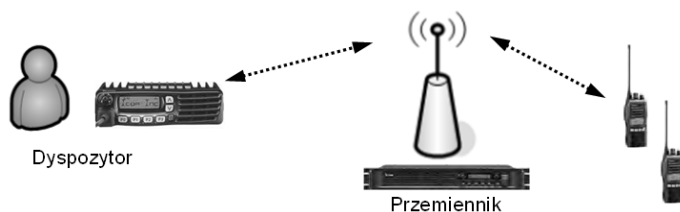
Co ciekawe, rozwój systemów PMR podąża w innym kierunku niż rozwój systemów komórkowych. O ile te ostatnie są obecnie bardziej systemami transmisji danych niż radiotelefonii, a podstawowym kryterium ich projektowania jest uzyskiwanie coraz wyższych przepływności danych, co wiąże się m.in. ze stosowaniem szerokopasmowej transmisji radiowej, to systemy PMR charakteryzuje swoisty minimalizm – bardzo prosty interfejs radiowy z modulacją FSK i przepływnością transmisji rzędu 9,6 kb/s przy odstępnie między nośnymi 12,5 kHz lub 6,25 kHz, oszczędny koder źródłowy sygnałów mowy (IMBE, a w nowszych rozwiązaniach AMBE2+), niewielka liczba usług dodatkowych oraz możliwość współpracy ze starszymi systemami analogowymi. Jedynie rozszerzenie systemu TETRA, znane jako TEDS, jest rozwiązaniem wprowadzającym większe przepływności danych i większe szerokości pasm w kanale radiowym (do maksymalnie 150 kHz, czyli i tak mniej niż w systemie GSM).

Różnica ta wynika z zapotrzebowania na inne usługi. Publiczne systemy radiokomunikacji ruchomej, zwłaszcza w krajach wysoko rozwiniętych, są zorientowane w coraz większym stopniu na transmisję danych, a najpopularniejszą usługą staje się dostęp do sieci Internet. W przeciwieństwie do tego, w systemach PMR od lat niezmiennie najpopularniejszą usługą jest połączenie grupowe i nic nie wskazuje, aby w tym zakresie miało się coś zmienić. Ważnym wykładnikiem kierunku rozwoju systemów PMR jest również decyzja ITU o zmniejszeniu w pasmach VHF i UHF odstępów między nośnymi do 12,5 kHz (obecnie już obowiązująca w niektórych regionach, m.in. w USA od początku 2005 roku), a w dalszej perspektywie do 6,25 kHz.

## 2. KONCEPCJA RADIO OVER IP

Najbardziej charakterystyczne dla większości zastosowań systemów PMR jest stanowisko dyspozytora, który drogą radiową zarządza grupą podległych mu pracowników, natomiast najczęściej stosowanym rodzajem usługi jest połączenie grupowe. Inne rodzaje teleusług (np. połączenia indywidualne), o ile są dostępne, są relatywnie rzadko wykorzystywane. W sieciach PMR najbardziej cenione usługi dodatkowe to połączenia alarmowe, tzw. kody statusowe oraz raportowanie pozycji przez terminale wyposażone w odbiorniki GPS.

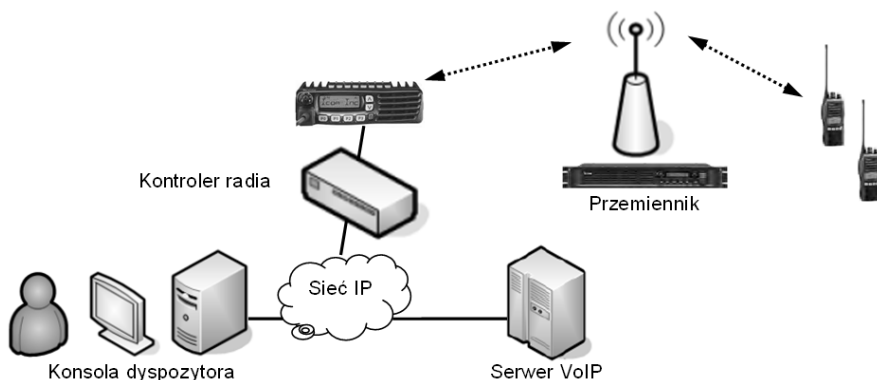
W najprostszej implementacji sieć radiowa systemu PMR składa się ze stacji bazowej z przemiennikiem, stanowiska dyspozytora z radiem stacjonarnym oraz terminali przewoźnych lub przenośnych (rys. 3). Podstawowym mankamentem takiego rozwiązania jest konieczność ulokowania stanowiska dyspozytora w sąsiedztwie radia stacjonarnego, które musi pozostawać w zasięgu stacji bazowej.



**Rys. 3.** Stanowisko dyspozytorskie w konwencjonalnej sieci PMR

*Fig. 3. Dispatcher station in conventional PMR network*

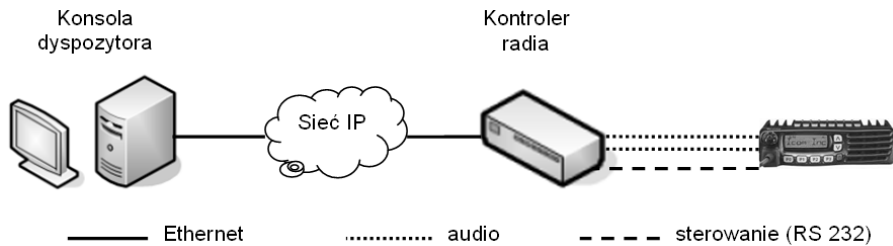
Zastosowanie techniki *Radio over IP* uwalnia przede wszystkim dyspozytora od konieczności pracy w sąsiedztwie radia (rys. 4). Stanowiskiem dyspozytora jest wirtualne radio – komputer PC wyposażony w mikrofon i głośnik, połączony przez sieć IP (może to być sieć intranet, wykorzystująca łącza dzierżawione i wirtualne sieci prywatne, VPN) ze sterownikiem radia. Sterownik ten ma na ogół postać przemysłowego komputera klasy PC. Wymagania sprzętowe nie są specjalnie wygórowane, ponieważ stosowane oprogramowanie nie obciąża zbyt mocno procesora. Wymagane jest wyposażenie sterownika w kartę sieciową (na ogół Ethernet), kartę dźwiękową oraz odpowiedni port do sterowania radiem, np. port szeregowy RS-232C.



**Rys. 4.** Stanowisko dyspozytorskie wykorzystujące technologię *Radio over IP*

*Fig. 4. Dispatcher station with use of the Radio over IP technology*

Schemat połączeń między konsolą operatora a sterownikiem radia i radiem pokazuje rysunek 5. Konsola operatora i sterownik są połączone przez sieć IP, do czego najczęściej służą łącza Ethernet, natomiast pomiędzy sterownikiem radia a radiem niezbędne jest połączenie audio (dwa tory, nadawczy i odbiorczy) oraz połączenie do sterowania pracą radia, np. łącze szeregowe RS-232C.



**Rys. 5.** Schemat połączeń konsoli operatora, sterownika radio i radio

**Fig. 5.** Connections between dispatcher station, radio controller and radio transceiver

W czasie pracy może być utrzymywanych kilka połączeń TCP/IP pomiędzy konsolą operatora a sterownikiem radio, przy czym najistotniejsze są dwa z nich: połączenie z dedykowanym programem, służące do przesyłania informacji sterujących radiem (np. włączenie lub wyłączenia nadawania, zmiana kanału, włączenie lub wyłączenie skanowania itp.), oraz połączenie służące do przesyłania sygnału audio. W najprostszym rozwiązaniu do przesyłania sygnału audio można wykorzystać telefonię internetową VoIP, a w małych sieciach funkcję serwera VoIP może pełnić komputer PC konsoli operatora.

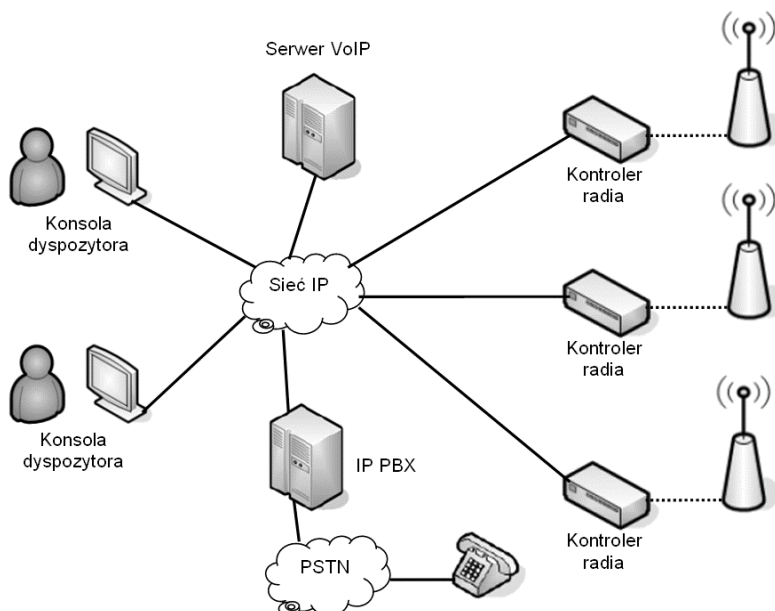
Połączenie VoIP pomiędzy konsolą operatora a sterownikiem jest utrzymywane przez cały czas, nawet jeżeli łączność radiowa nie jest akurat prowadzona. Wynika to z relatywnie długiego czasu zestawiania połączenia VoIP, wynoszącego nawet kilka sekund. Aby uniknąć sprzężeń pomiędzy torem odbiorczym a nadawczym, oprogramowanie VoIP musi pozwalać na selektywne otwieranie i zamykanie toru audio, oddzielnie dla każdego połączenia VoIP (konsola może utrzymywać kilka połączeń VoIP, do kilku sterowników radio), a także oddzielnie dla obu kierunków łączności (tj. dla nadawania i odbioru). Kiedy żadna łączność nie jest prowadzona, połączenie VoIP, co prawda, jest utrzymywane, ale wszystkie tory audio są zamknięte. W przypadku np. odebrania sygnału od terminalu ruchomego, otwierany jest tylko jeden tor audio, umożliwiając operatorowi słuchanie odebranego sygnału. Po zakończeniu transmisji tor audio jest ponownie zamykany.

Do sterowania radiem służy zazwyczaj łącze szeregowo RS-232C. Większość radiostacji stacjonarnych i przezożnych (a nawet niektóre przenośne), jest wyposażona w taki port, na ogół z gniazdem DB-25, jedynie niektóre nowsze modele mają łącze USB. Stosując odpowiedni protokół komunikacji, można przez łącze szeregowo sterować pracą radio.

Dla typowego radio analogowego zdalne sterowanie obejmuje włączanie i wyłączanie radio, zmianę kanału (na jeden z zaprogramowanych w radio albo przez podanie częstotliwości nośnej), włączanie i wyłączanie nadawania, włączanie i wyłączanie funkcji *Squelch* (czyli układu blokady szumów). Z kolei radio może, przesyłając komunikaty przez to samo łącze szeregowo, informować sterownik m.in. o rozpoczęciu i zakończeniu odbioru, odebranych sygnałach wywołania selektywnego (np. CTCSS lub DCS), poziomie sygnału odbieranego, może także potwierdzać wykonanie otrzymanych poleceń, np. zmiany kanału lub rozpoczęcia nadawania.

Dla radia cyfrowego, np. standardu DMR lub dPMR, dodatkowo istnieje możliwość realizowania połączeń indywidualnych oraz korzystania z usług dodatkowych, w tym wysyłania i odbierania kodów statusowych i krótkich wiadomości tekstowych SDS (*Short Data Service*), wysyłania zapytań o pozycję i odbierania raportów o pozycji terminalu, włączania dyskretnego podsłuchu, zdalnego blokowania terminalu ruchomego i innych. Sposób sterowania radiem przez port szeregowy na ogół nie jest podawany przez producenta do publicznej wiadomości, a w niektórych przypadkach (np. cyfrowe radia firmy Icom, zgodne ze standardem IDAS lub dPMR) jest ujawniany tylko wybranym, zaufanym partnerom biznesowym.

Rozwiązanie wykorzystujące RoIP jest łatwo skalowalne i umożliwia budowę rozległych sieci radiowych z wieloma stacjami bazowymi i wieloma stanowiskami dyspozytorskimi (rys. 6). Co ważne, każde stanowisko operatora może być jednocześnie połączone z kilkoma stacjami bazowymi i odwrotnie – każda stacja bazowa może jednocześnie być połączona z kilkoma stanowiskami operatora, jednak wymaga to precyzyjnego sterowania zamykaniem i otwieraniem torów audio w połączeniach VoIP, aby uniknąć sprzężeń. Istnieje też możliwość rozszerzenia sieci PMR o dostęp do sieci telefonicznej PSTN, np. przez centralę IP PBX. Serwer VoIP może być zainstalowany na oddzielnym, dedykowanym komputerze (umożliwia to np. utworzenie centralnego archiwum z zapisem wszystkich prowadzonych rozmów), jednak dla zwiększenia niezawodności całej sieci można także zainstalować serwery VoIP w każdej konsoli operatora.



**Rys. 6.** Rozbudowana sieć radiotelefonii PMR, z wieloma stanowiskami dyspozytorskimi, wieloma stacjami bazowymi oraz dostępem do sieci PSTN

**Fig. 6.** Expanded PMR network with a multiple dispatchers stations, base stations and an access to the PSTN network

Tworzenie od podstaw całego oprogramowania, jakie jest potrzebne dla rozbudowanych sieci PMR, byłoby dużym wyzwaniem, ale niektóre elementy tego oprogramowania można zakupić w postaci gotowych programów lub programistycznych bibliotek modułów lub komponentów. Dotyczy to np. oprogramowania serwera i klienta VoIP. Istnieje wiele gotowych rozwiązań, które można wykorzystać, są to zarówno gotowe programy serwera VoIP, np. Asterisk, jak i komponenty serwera i klienta VoIP, które można wykorzystać we własnym oprogramowaniu, np. VaxSipUserAgent firmy VaxVoIP, który można użyć w oprogramowaniu konsoli operatora i sterownika radia.

Rozwiązania tego typu firma Icom [10] wprowadziła już ponad dziesięć lat temu, wówczas z wykorzystaniem radia analogowego, protokołu VoIP H.323 i kodowania źródłowego sygnałów mowy G711. Autor brał udział w opracowaniu podobnych systemów dla jednej z polskich firm telekomunikacyjnych.

### 3. GOTOWE ROZWIĄZANIA RADIO OVER IP W SYSTEMACH PMR

Duża niezawodność, elastyczność i skalowalność rozwiązań bazujących na technologii RoIP sprawiły, że są one już od dawna dostępne w ofercie wielu producentów sprzętu systemów PMR. Poniżej przedstawiono trzy spośród wielu dostępnych rozwiązań: TetraFlex firmy Damm, IDAS firmy Icom oraz VPGate firmy AVTec.

#### 3.1. TetraFlex

Sieci systemu TETRA mogą być małe, zaledwie jedną stacją bazową, ale mogą też być bardzo rozbudowane, o architekturze podobnej do architektury sieci systemu GSM. Niezależnie od wielkości, udostępniają wszystkie opisane wyżej, specyficzne dla systemów PMR usługi, a w tym przede wszystkim połączenia grupowe. Również w ramach standardu znajduje się stanowisko pracy dyspozytora, w postaci tzw. stacji liniowej, tj. terminalu połączonego z siecią TETRA przez łącze ISDN [12].

System TetraFlex firmy Damm stanowi kompletne, zamknięte rozwiązanie, oparte na sieci IP. Specyficzna architektura sieci TetraFlex wykorzystuje protokół IP do połączenia stacji bazowych, stacji roboczych (w tym w szczególności konsoli dyspozytora), urządzeń zarządzania siecią oraz bram do zewnętrznych systemów łączności telefonicznej i transmisji danych [6].

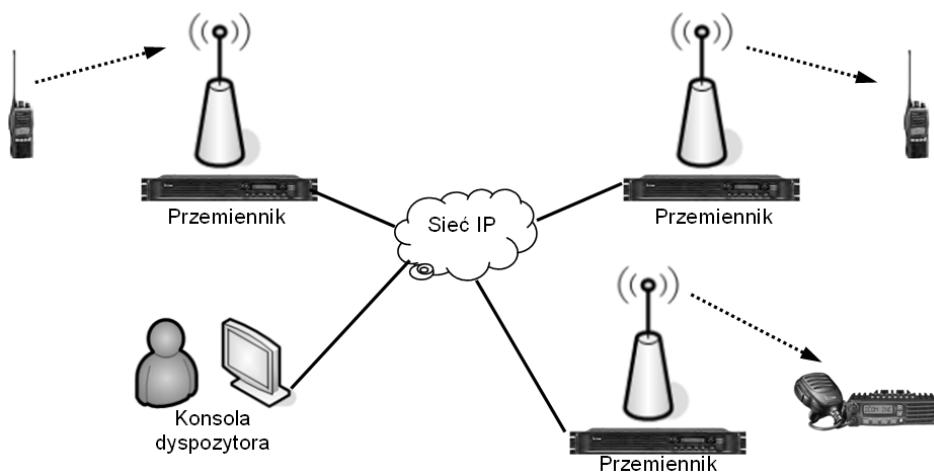
Szczególnie interesująca w TetraFlex jest konsola dyspozytora. Jest to oprogramowanie instalowane na platformie Windows, które łączy się z siecią TetraFlex przez sieć IP. Konsola dyspozytora umożliwia wykonywanie połączeń indywidualnych i grupowych z abonentami sieci (możliwe jest nawet wykonywanie kilku połączeń równocześnie), wysyłanie i odbieranie wiadomości tekstowych SDS



i kodów statusowych. Ponadto dyspozytor może przypisywać terminalom numery wywołań grupowych, dzięki czemu możliwe jest np. dynamiczne tworzenie grup na czas realizacji określonych zadań. Dyspozytor może również włączyć dyskretny podsłuch dowolnego terminalu, a jeżeli terminale są wyposażone w odbiorniki GPS – może śledzić ich lokalizację na wyświetlanej na konsoli mapie [5].

### 3.2. IDAS

IDAS jest to system PMR firmy Icom, wykorzystujący opracowany wspólnie przez firmy Icom i Kenwood protokół NXDN. Jest to zatem system cyfrowy, jednak może również obsługiwać radia analogowe, co ułatwia firmom posiadającym takie urządzenia migrację do nowoczesnej łączności cyfrowej PMR. Podobnie jak bazujący na NXDN standard dPMR, IDAS może pracować w różnych trybach, od klasycznego systemu dyspozytorskiego z pojedynczą stacją bazową, po złożone z wielu stacji bazowych systemy trankingowe. IDAS zapewnia m.in. połączenia głosowe indywidualne i grupowe, przesyłanie kodów statusowych, zdalne blokowanie terminali ruchomych i przesyłanie raportów pozycyjnych [10].



**Rys. 7.** Przykład wykorzystania sieci IP w systemie IDAS – LiNQ REPEAT

**Fig. 7.** Example of the IP network implementation in IDAS system – LiNQ REPEAT

Sieć IP może być wykorzystana do rozszerzenia zasięgu łączności, zarówno w przypadku konwencjonalnych sieci dyspozytorskich, jak i przy wykorzystaniu trankingu. Pozwala połączyć rozproszone stacje bazowe i komunikować się za ich pośrednictwem jak przez jedną sieć radiową. Przykładem takiego rozwiązania są urządzenia LiNQ REPEAT (rys. 7) dla klasycznych sieci dyspozytorskich z przeziennikami [9]. Sieć IP jest tu wykorzystywana do retransmisji sygnału odbieranego z terminalu ruchomego przez wszystkie przezienniki, dzięki czemu możliwe jest porozumiewanie się użytkowników nawet bardzo od siebie oddalonych.

Icom oferuje też wirtualne radio na bazie komputera PC. Do jednego przemiennika można podłączyć przez sieć IP maksymalnie osiem takich stacji, z których każda może prowadzić połączenie grupowe z grupą o innym numerze. Co istotne, poszczególne przemienniki mogą używać różnych częstotliwości, a nawet różnych pasm.

### 3.3. VPGate

VPGate firmy AVTEC jest zaawansowaną programową bramą, łączącą konsole Scout (również firmy AVTEC) z różnymi urządzeniami VoIP oraz RoIP. VPGate realizuje routing oraz konwersję sygnału audio pomiędzy czasem bardzo różnymi urządzeniami różnych producentów [4]. Do urządzeń tych należą przede wszystkim wspomniane konsole Scout, sterowniki radiowe Outpost (także firmy AVTEC), telefony VoIP oraz sterowniki radiowe innych producentów, a w tym m.in. omawiane wcześniej urządzenia IDAS firmy Icom [1], MOTOTRBO firmy Motorola [2] (system bardzo podobny do DMR), urządzenia brytyjskiego standardu MPT1327 oraz amerykańskiego standardu P25 (APCO-25) [3]. VPGate pracuje na komputerach PC pod kontrolą systemu Windows.

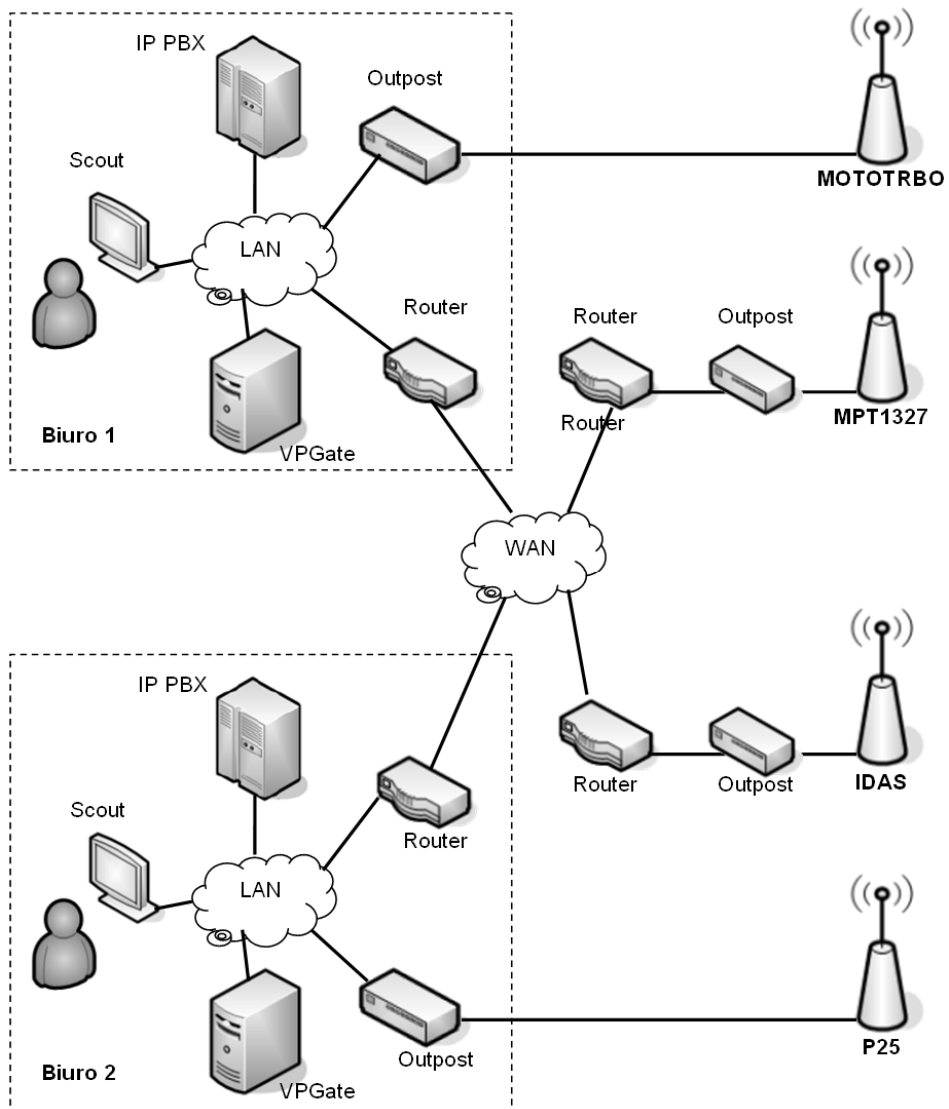


**Rys. 8.** Konsola Scout firmy AVTEC [5]

**Fig. 8.** AVTEC Scout console [5]

Zadaniem VPGate jest pośredniczenie pomiędzy konsolą Scout (rys. 8) a urządzeniami końcowymi, którymi są sterowniki radiowe, telefony VoIP, centrale IP PBX oraz bramy sieci PSTN. Konsola Scout i VPGate pracują w tej samej lokalnej sieci IP (LAN), natomiast urządzenia końcowe mogą być połączone przez sieć rozległą IP (WAN) [4].

Unikatową cechą VPGate jest możliwość jednoczesnego prowadzenia łączności przez sieci PMR różnych systemów (rys. 9). VPGate realizuje, jeżeli jest to potrzebne, konwersję pomiędzy różnymi metodami kodowania źródłowego sygnałów mowy (obsługuje kodery G.711, G.726 oraz G.729a), dedykowane zaś kontrolery Outpost łączą VPGate z różnymi urządzeniami radiowymi, sterując ich pracą i realizując zdalnie transmisję radiową. W ten sposób dyspozytor, za pomocą jednej tylko konsoli, może prowadzić rozmowę z użytkownikami terminali ruchomych różnych, wzajemnie niekompatybilnych ze sobą systemów – IDAS, MOTOTRBO, MPT1327 i P25.



**Rys. 9.** Rozbudowana sieć PMR wykorzystująca rozwiązania AVTEC [4]

**Fig. 9.** Example of PMR network implementation based on AVTEC

Rozwiązania firmy AVTEC charakteryzuje wyjątkowa interoperacyjność i skalowalność. Umożliwia łączenie odległych geograficznie sieci PMR różnych systemów i różnych producentów w jedną spójną sieć, ze wspólną konsolą dyspozytora, z możliwością realizacji indywidualnych i grupowych połączeń głosowych, transmisji danych oraz dostępem do niektórych usług dodatkowych.

Możliwe jest podłączenie do jednej bramy VPGate kilku konsol Scout albo, odwrotnie, współdzielenie zasobów (w postaci urządzeń radiokomunikacyjnych) przez bramy VPGate, znajdujące się w różnych, odległych lokalizacjach, z których każda ma własną konsolę Scout.

## PODSUMOWANIE

Rozwój systemów PMR zmierza w nieco innym kierunku niż w przypadku publicznych systemów radiokomunikacji ruchomej. Podstawowe priorytety systemów PMR obejmują zapewnienie niezawodnej łączności głosowej wysokiej jakości, przy relatywnie niskich kosztach infrastruktury. W zakresie realizowanych usług niezmiennie dominują połączenia grupowe z udziałem dyspozytora, požądane są również niektóre usługi dodatkowe, m.in. kody statusowe, raportowanie pozycji, zdalne blokowanie terminali czy dyskretny podsłuch.

Wymagania te są spełniane przez nowoczesne systemy PMR, w tym systemy DMR i dPMR, a także podobne do nich rozwiązania poszczególnych producentów (np. MOTOTRBO, IDAS, NEXTEGE). Są to systemy w pełni cyfrowe (choć obsługują również starsze urządzenia z modulacją analogową), o relatywnie prostym interfejsie radiowym, dzięki czemu są względnie tanie. Systemy te, oprócz indywidualnych i grupowych połączeń głosowych, oferują też pakiet najbardziej pożądanych usług dodatkowych. Ponadto mają różne tryby pracy, dzięki czemu – zależnie od potrzeb – mogą być wykorzystywane jako proste systemy dyspozytorskie, ale też jako systemy trunkingowe.

Wykorzystanie sieci IP przynosi wiele istotnych korzyści. Umożliwia budowę rozległych sieci, łącząc w spójny system oddalone geograficznie stacje bazowe, zapewnia połączenie wirtualnej stacji dyspozytorskiej, przez którą można kontrolować nawet bardzo rozległe sieci. Rozwiązania oparte na technice RoIP są elastyczne i łatwo skalowalne, umożliwiają nawet łączenie w jednej rozległej sieci systemów wzajemnie niekompatybilnych na poziomie interfejsu radiowego. Oferta producentów sprzętu jest w tym zakresie bardzo bogata i sprostą wymaganiom zarówno małych firm, jak i dużych korporacji.

## LITERATURA

1. Avtec, *Capability Guide. Icom Digital Advanced System*, Avtec Inc.
2. Avtec, *Capability Guide. MOTOTRBO™ Connect Plus*, Avtec Inc.
3. Avtec, *Capability Guide. P25 Trunking Gateway*, Avtec Inc.
4. Avtec, *VPGate Architecture and Networking Design Considerations*, Avtec Inc.
5. Damm, *TetraFlex Dispatcher*, Damm Cellular Systems A/S.

6. Damm, *The TetraFlex System*[online], <http://www.damm.dk/products/> [08.07.2015].
7. ETSI, *ETSI TS 102 361-1 Digital Mobile Radio (DMR) Systems; Part 1: DMR Air ace (AI) protocol*, ETSI 2006.
8. ETSI, *ETSI TS 102 658 Digital Private Mobile Radio (dPMR) using FDMA with a channel spacing of 6,25 kHz*, ETSI 2014.
9. Icom, *IDAS LING Repeaters*[online], <http://icomamerica.com/en/landmobile/ling/> [08.07.2015].
10. Icom, *IDAS Solutions*, <http://www.icomamerica.com/idas625/> [08.07.2015].
11. Kołakowski J., Cichoński J., *UMTS system telefonii komórkowej trzeciej generacji*, WKŁ, Warszawa 2007.
12. Wesołowski K., *Systemy radiokomunikacji ruchomej*, WKŁ, Warszawa 2003.

## USE OF RADIO OVER IP TECHNIQUE IN THE PMR SYSTEMS

### Summary

*Professional radio systems PMR can use the IP networks and achieve in this way considerable benefits. This paper presents the concept of a technique known as Radio over IP and a few examples of solutions available on the market.*

**Keywords:** *Professional Radio Systems, Radio over IP.*