



Tomasz Puczyłowski

ratownik Grupy Beskidzkiej GOPR

Współczesne technologie radiokomunikacyjne w ratownictwie

Współczesne społeczeństwa codziennie stykają się z zagrożeniami. Wypadki komunikacyjne, nagłe zachorowania, epidemie, awarie przemysłowe, klęski żywiołowe i katastrofy humanitarne wymagają interwencji służb ratowniczych. Sprawne i niezawodne środki łączności, określane jako łączność krytyczna, warunkują skuteczne działania tych służb. W historii ratownictwa środki łączności ewoluowały od najprostszycy sygnatów komunikowania głosowego, sygnalizacji wizualnej i świetlnej (lampy, rakiety, heliografy), urządzeń akustycznych, aż po telefonię i łączność radiową. Warunkiem skuteczności dawnych, prymitywnych środków łączności była widoczność optyczna, co w oczywisty sposób ograniczało zarówno jej zasięg, jak i możliwy okres skutecznego komunikowania.

Specyfika zdarzeń w wypadkach i katastrofach, różnorodność ich lokalizacji (znaczne odległości w górach i na morzu) oraz charakteru spowodowały, że jedyną skuteczną technologią, zapewniającą sprawną i niezawodną łączność, jest technologia radiowa. Pierwsze radiotelefony skonstruowano już w 1937 r., znalazły one zastosowanie w armii amerykańskiej podczas II wojny światowej a po jej zakończeniu upowszechniły się szeroko w sektorze cywilnym, w tym w ratownictwie. Powodzenie akcji ratowniczych w dużym stopniu uzależnione jest od efektywnego przekazu informacji zarówno drogą łączności stacjonarnej, jak i ruchomej. Podczas akcji w terenie tylko łączność radiowa może zapewnić szybką i bezpośrednią komunikację, co decyduje niejednokrotnie o uratowaniu ludzkiego życia. Ustawowe regulacje dotyczące gospodarowaniem zasobami widma radiowego wymuszają ściśle określone zasady i reguły korzystania ze środków łączności radiowej. W Polsce sytuację prawną reguluje ustawa o Prawie telekomunikacyjnym wraz z odpowiednimi rozporządzeniami. Funkcje regulacyjne i kontrolne w tym zakresie sprawuje natomiast działający

od roku 2006 Urząd Komunikacji Elektronicznej (UKE), który jest sukcesorem wcześniejszego Urzędu Regulacji Telekomunikacji i Poczty.

Wprowadzenie

Poprawne zrozumienie zasad działania i funkcjonowania łączności radiowej wymaga wprowadzenia kilku podstawowych i niezbędnych pojęć:

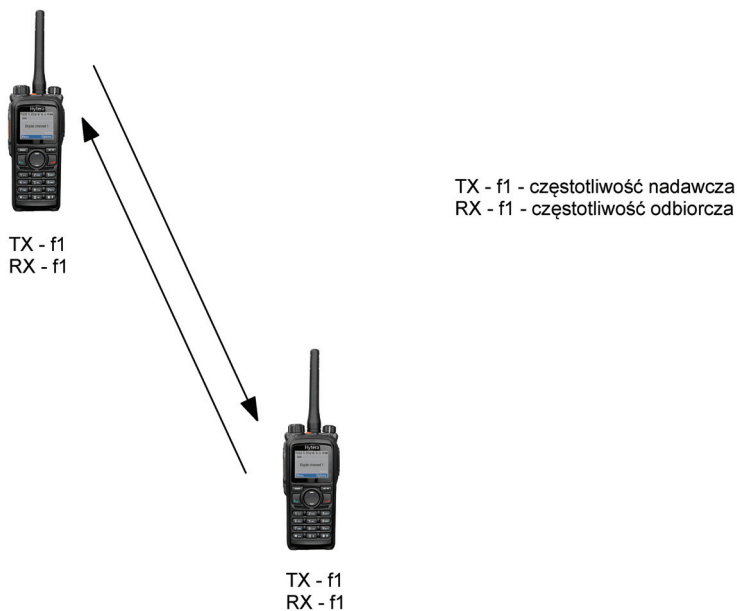
- **kanał radiowy** – pojęcie określone przyznaną przez UKE konkretną, roboczą częstotliwość radiową do wykorzystania przez użytkownika, kanał radiowy charakteryzuje się dodatkowo szerokością oraz odstępem międzykanałowym;
- **zakres częstotliwości** – część widma radiowego (ograniczonego od dołu i od góry), przeznaczonego do wykorzystania przez poszczególnych użytkowników, określona przez Krajową Tablicę Przeznaczeń Częstotliwości, która jest dokumentem w randze rozporządzenia;
- **zakres VHF** – część widma radiowego, częstotliwości z zakresu 136–172 MHz, w którym to zakresie pracują systemy łączności radiowej wykorzystywane przez większość służb publicznych w Polsce¹;
- **zakres UHF** – część widma radiowego, częstotliwości z zakresu 400–470 MHz;
- **modulacja** – to forma kodowania sygnału użytecznego (mowy lub innych informacji); dla potrzeb niniejszego opracowania przyjmujemy dwa typy modulacji: analogową oraz cyfrową;
- **radiotelefon przenośny** – urządzenie łączności radiowej noszone przez użytkownika;
- **radiotelefon przewoźny** – urządzenie łączności radiowej zainstalowane w pojeździe lub statku;
- **stacja bazowa** – urządzenie łączności radiowej zainstalowane w budynku, inaczej w pomieszczeniu dyspozytorskim;
- **stacja retransmisyjna** – element systemu radiowego, służący do zwiększenia zasięgu użytecznego.

Przeprowadzanie łączności radiowej pomiędzy użytkownikami może odbywać się w dwóch podstawowych trybach. Pierwszym z nich jest tryb łączności bezpośredniej, drugim natomiast tryb łączności przeprowadzanej poprzez stację retransmisyjną. Łączność prowadzona w trybie bezpośrednim (simpleks) odbywa się w jednym kanale radiowym simpleksowym: do transmisji w obie strony pomiędzy użytkownikami wykorzystywana jest jedna częstotliwość radiowa. Urządzenia nadawczo-odbiorcze użytkowników muszą znajdować się w swoim bezpośrednim zasięgu.

Łączność prowadzona w trybie przemiennikowym (duosimpleks) charakteryzuje się tym, że wykorzystywane są w niej dwie częstotliwości radiowe oraz stacja retransmisyjna. Urządzenia użytkowników nie muszą być w swoim bezpośrednim zasięgu, muszą natomiast znajdować się w zasięgu działania stacji retransmisyjnej. Tryb taki umożliwia zdecydowane zwiększenie zasięgów działania sieci radiowej. Stacja retransmisyjna może być umieszczona w optymalnej lokalizacji, zapewniającej wymagane pokrycie sygnałem radiowym danego obszaru.

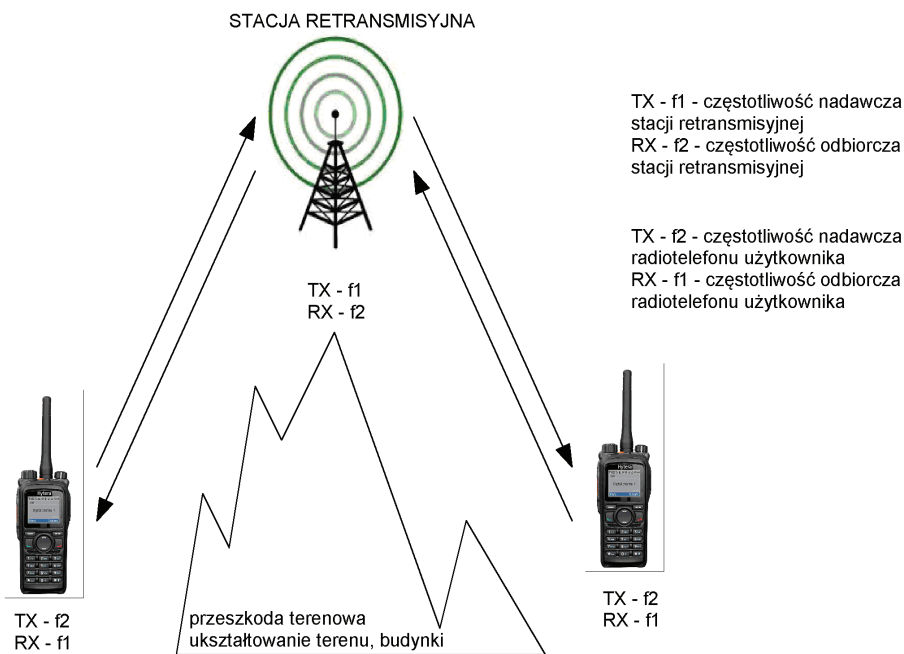
¹ Dz.U. z dnia 11 maja 2017 r., poz. 920, załącznik nr 1.

Rysunek 1. Praca radiotelefonów w trybie bezpośrednim – simpleksowym



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 2. Praca radiotelefonów w trybie przemiennikowym – duosimpleks

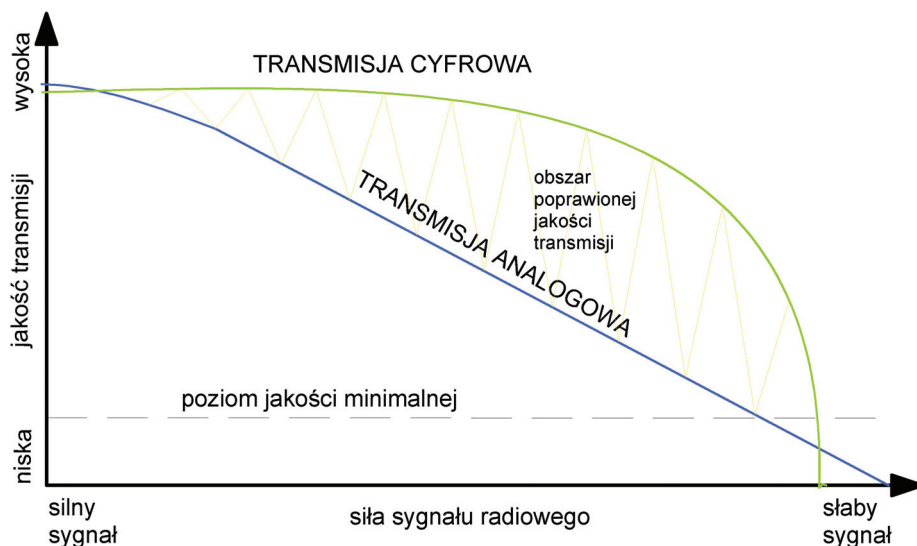


Źródło: opracowanie własne.

Technologie cyfrowe i analogowe

Wprowadzenie w 2005 r. przez Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych (ETSI, European Telecommunications Standards Institute) otwartego standardu cyfrowej łączności radiowej DMR (Digital Mobile Radio)² spowodowało w efekcie gwałtowny i dynamiczny rozwój tej technologii. Praktycznie wszyscy wiodący producenci sprzętu radiokomunikacyjnego wprowadzili do swojej oferty urządzenia spełniające wymagania tego standardu, co jest zrozumiałe w dobie rewolucji cyfrowej. Rynek radiokomunikacyjny, zdominowany przez urządzenia pracujące analogowo, zaczął gwałtownie migrować w kierunku transmisji cyfrowych. Wśród zalet stosowania modulacji cyfrowych należy wymienić tę podstawową, którą jest zwiększenie liczby kanałów transmisyjnych, bez potrzeby rozszerzania ilości wymaganego widma radiowego. Technologia cyfrowa umożliwia w kanale radiowym o danej szerokości „umieszczenie” dwukrotnie większej liczby rozmów. Możliwe jest także zmniejszenie zapotrzebowania energetycznego przez współczesne urządzenia, które są bardziej energooszczędne od dawnych – analogowych, a tym samym wydłużeniu ulega czas pracy na akumulatorach czy bateriach. Zastosowanie modulacji cyfrowych wydatnie zwiększyło jakość przekazywanych rozmów. Co niezwykle istotne, pojawiły się możliwości wprowadzenia usług dodatkowych, takich jak przesyłanie krótkich informacji tekstowych, przesyłanie pozycji GPS z wbudowanych odbiorników, konfigurowanie zestawienia połączeń do indywidualnych użytkowników, uruchomienie funkcji uwierzytelniania użytkownika czy szyfrowania rozmów i bezpiecznego przesyłanych danych.

Rysunek 3. Transmisja cyfrowa i analogowa. Zależność jakości transmisji od siły sygnału



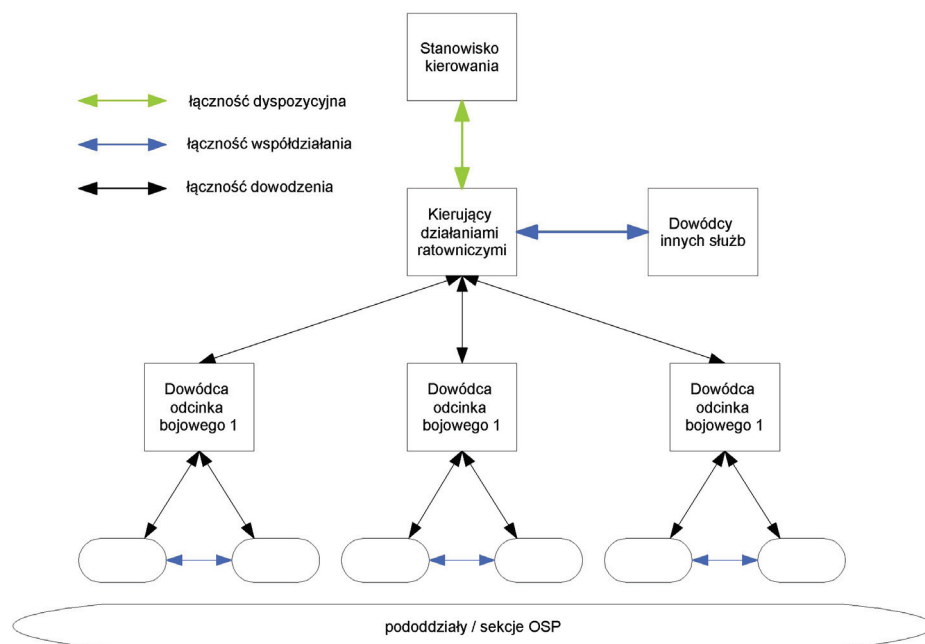
Źródło: opracowanie własne.

² ETSI Standards: ETSI TS 102 361-1, 2, 3.

Służby ratownicze używają środków i systemów łączności pracujących w paśmie VHF. Stosowana jest zarówno łączność w trybie simpleksowym, jak i w trybie przebiegnikowym. Po wejściu w życie technologii cyfrowych DMR część służb w trakcie modernizacji używanych systemów radiowych migruje z technologii analogowej do cyfrowej.

Państwowe Ratownictwo Medyczne pracuje w paśmie VHF w zakresie 168–169 MHz. Operatorem sieci łączności bezprzewodowej dla potrzeb PRM jest od 2002 r. SP ZOZ Lotnicze Pogotowie Ratunkowe³. Do zadań operatora należy ustalanie procedur i sposobów łączności w organizacjach PRM, przygotowywanie, opiniowanie wniosków do UKE o wydanie pozwoleń radiowych dla jednostek PRM, monitorowanie i przeciwdziałanie zakłóceniom i nieuprawnionym wykorzystaniom przydzielonych częstotliwości radiowych. Szczegółowe zasady przeprowadzania łączności oraz użytkowania sieci radiowej precyzują instrukcje wydawane przez organ Wojewody (np. Wydział Bezpieczeństwa i Zarządzania Kryzysowego)⁴. Do bezpośredniej łączności pomiędzy jednostkami PRM lub innymi służbami współpracującymi w czasie akcji ratunkowych z LPR przeznaczono kanał łączności bezpośredniej HEMS – 169.000 MHz.

Rysunek 4. Organizacja łączności na miejscu akcji ratowniczo-gaśniczej



Źródło: *Zasady organizacji łączności, alarmowania, powiadamiania, dysponowania oraz współdziałania na potrzeby działań ratowniczych*, Komenda Główna PSP, Biuro Informatyki i łączności, Warszawa 2012; <http://kppspkartuzy.pl/wp-content/uploads/2018/03/Zasady-organizacji-łączności-alarmowania-po-wiadamiania-dysponowania-oraz-współdziałania-na-potrzeby-działañ-ratowniczych-tekst-ujednolicony.pdf> [dostęp: 17.04.2018].

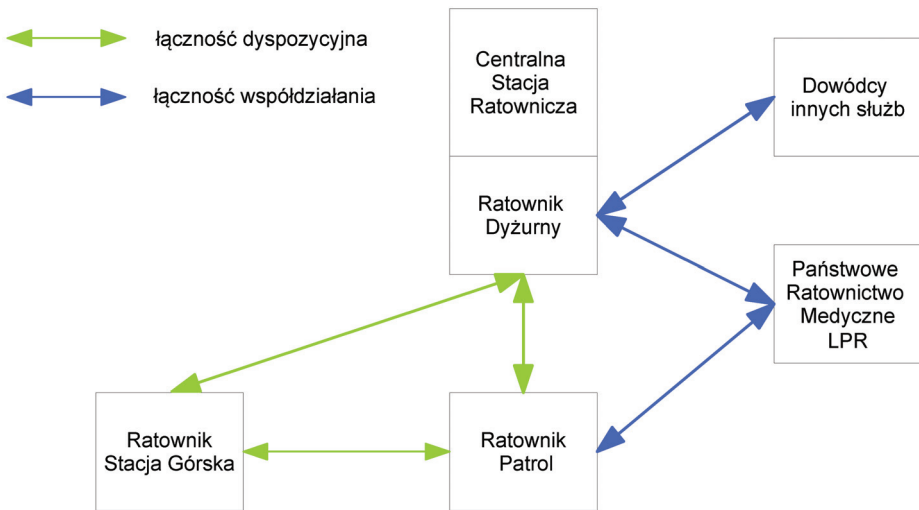
³ Decyzja Ministra Zdrowia ZAR-014-0026/02/TC z dnia 18 lipca 2002 r.

⁴ Regulamin łączności radiowej systemu Państwowego Ratownictwa Medycznego woj. wielkopolskiego, WBiZK Poznań, czerwiec 2014.

Państwowa Straż Pożarna dysponuje siecią łączności radiowej, zorganizowaną i działającą na podstawie rozporządzenia MSWiA⁵ w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego. Jednostki KSRG, pracujące zarówno w ramach Państwowej Straży Pożarnej, jak i Ochotniczych Straży Pożarnych, korzystają z systemów pracujących w paśmie VHF, w zakresie 147–149 MHz. Obecnie jest wykorzystywana wyłącznie technologia analogowa, choć na etapie wymiany sprzętu jednostki stopniowo wyposażane są w urządzenia mogące pracować także w technologii cyfrowej. Szczegółowe zasady organizacji i funkcjonowania sieci łączności radiowej określone są w Rozkazie Komendanta Głównego PSP⁶ oraz w instrukcji Biura Informatyki i Łączności Komendy Głównej PSP z 2012 r.

Górskie Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe korzysta od 2010 roku z cyfrowego systemu DMR. Każda z siedmiu Grup Regionalnych GOPR (Bieszczadzka, Krynicka, Podhalańska, Beskidzka, Wałbrzysko-Kłodzka, Karkonoska i Jurajska) dysponuje samodzielnym systemem pracującym w obszarze działania danej grupy. Systemy pracują w oparciu o częstotliwości z zakresu 168–169 MHz, a dysponentem systemu jest Zarząd Główny GOPR. Zasady korzystania ze środków łączności radiowej określają regulaminy i instrukcje wewnętrzne.

Rysunek 5. Organizacja łączności Grupy Beskidzkiej GOPR



Źródło: opracowanie własne.

Istotnym faktem jest to, że każda z wyżej wymienionych służb korzysta z wydzielonego systemu łączności radiowej. Systemy te pracują w różnych zakresach częstotliwości, a także korzystają z różnych technologii. Powstaje pytanie, co stanie się w przypadku, gdy do wspólnej akcji kierowane są różne służby? Przykładem tego rodzaju problemu z koordynacją i łącznością pomiędzy służbami była akcja ratunkowa podczas

⁵ Dz.U. z dnia 18 lutego 2011 r., Nr 46, poz. 239.

⁶ Rozkaz nr 4, Komendanta Głównego PSP z 2002 r.

katastrofy budowlanej hali wystawowej na terenie Międzynarodowych Targów Katowickich w styczniu 2006 r. czy też akcje poszukiwawcze w terenach górskich. Podczas trwania takich zdarzeń na miejscu pracują służby PRM, PSP, OSP oraz Policja. W celu umożliwienia współpracy służb uruchomiona została radiowa sieć współdziałania służb Ministerstwa Spraw Wewnętrznych. Jej celem jest zapewnienie doraźnej łączności dla służb biorących udział w działaniach dotyczących zapewnienia porządku i bezpieczeństwa publicznego, w przypadku wystąpienia klęsk żywiołowych i katastrof oraz innych zdarzeń mogących zagrozić zdrowiu lub życiu, a także środowisku naturalnemu bądź mieniu. Jako kanał łączności współdziałania wykorzystywany jest kanał B112 – 164.6500 MHz. Praktycznie wszystkie urządzenia radiokomunikacyjne będące w posiadaniu i użytkowane przez służby zostały odpowiednio zaprogramowane i umożliwiają wykorzystanie kanału B112⁷. Charakter działań ratowniczych, warunki użycia sprzętu radiokomunikacyjnego czy potrzeba współdziałania między różnymi służbami wymuszają zastosowanie specyficznych rozwiązań technicznych:

- przemienniki mobilne – urządzenia umożliwiające zbudowanie tymczasowego systemu łączności radiowej pracującego w trybie przemiennikowym; kompletna stacja retransmisyjna; urządzenie kompaktowe, wyposażone w akumulatorowe lub bateryjne źródło zasilania i system antenowy, wykonywane także jako urządzenie przenośne zbudowane jako walizkowe lub plecakowe;

Fotografia 1. Przykład przemiennika plecakowego



Źródło: Marcin Jaros, RCS Radius.

⁷ Zasady organizacji łączności, alarmowania, powiadamiania, dysponowania oraz współdziałania na potrzeby działań ratowniczych, Komenda Główna PSP, Biuro Informatyki i łączności, Warszawa 2012; <http://kppspkartuzy.pl/wp-content/uploads/2018/03/Zasady-organizacji-łączności-alarmowania-powiadamiania-dysponowania-oraz-współdziałania-na-potrzeby-działania-ratowniczych-tekst-ujednolicony.pdf> [dostęp: 17.04.2018].

- interfejsy międzysystemowe – urządzenia mające za zadanie umożliwić łączność pomiędzy służbami stosującymi różne systemy radiokomunikacyjne, np. pracujące w różnych pasmach lub w odmiennych technologiach modulacji; podobnie jak przemienniki mobilne, są to urządzenia kompaktowe, posiadające niezależne źródło zasilania, zbudowane najczęściej z dwóch urządzeń radiowych (radiotelefonów), z których każdy pracuje w jednym z systemów; połączenie między systemami zapewnia odpowiednie połączenie radiotelefonów z wykorzystaniem sygnałów dostępnych na złączach akcesoriów;

Fotografia 2. Przykład urządzenia umożliwiającego łączność pomiędzy użytkownikami systemu TETRA i NEXEDGE



Źródło: materiały firmy RTCom.

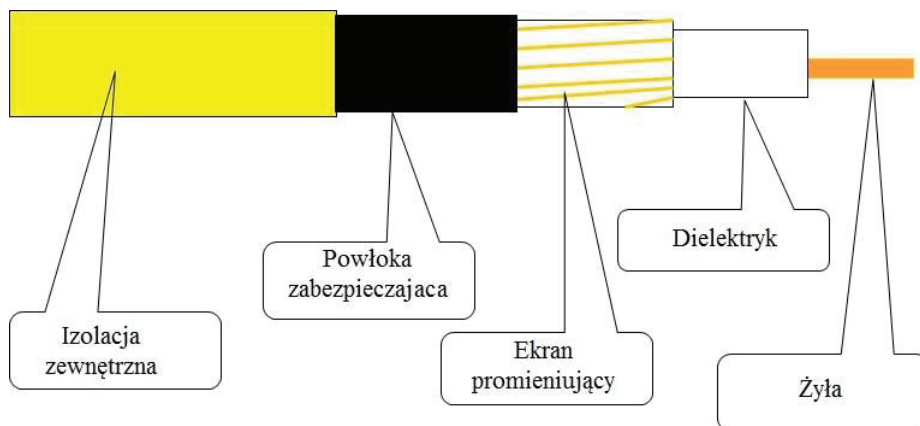
- łączność w warunkach ograniczonej przestrzeni, łączność w budynkach oraz łączność w akcjach ratownictwa jaskiniowego – warunki panujące pod ziemią, kształt i wielkość przestrzeni podziemnych, ich struktura i właściwości geologiczne sprawiają, że jest to środowisko o bardzo silnym tłumieniu, co rodzi potrzebę wykorzystania innych niż na powierzchni technologii.

Jednym ze sposobów zapewnienia niezawodnej łączności radiowej w warunkach podziemnych jest zastosowanie systemu łączności opartego na przemiennikach oraz instalacji kabla „cieknącego” LF (tzw. *Leaky Feeder*). Jest to kabel koncentryczny o specjalnej konstrukcji, który umożliwia wypromieniowanie energii pola elektromagnetycznego na zewnątrz.

Kabel LF stanowi w środowisku podziemnym rodzaj długiej, rozwiniętej anteny poprowadzonej poprzez wszystkie obszary, w których wymagane jest zapewnienie łączności radiowej. Taka instalacja antenowa umieszczana jest na stałe w budynkach albo rozwijana w jaskini lub tunelu na czas trwania akcji ratowniczej – współpracuje wówczas z innymi urządzeniami systemu łączności radiowej. Systemy przenośne

wykorzystują w ratownictwie jaskiniowym Beskidzka Grupa GOPR oraz Jurajska Grupa GOPR. Systemy wspomagania łączności w budynkach instalowane są jako elementy stałe w budynkach użyteczności publicznej oraz w dużych biurach posiadających rozległe kondygnacje podziemne.

Rysunek 6. Konstrukcja kabla LF



Źródło: T. Puczyłowski, *Łączność radiowa pod ziemią także w warunkach zagrożenia wybuchem*, „Automatyka. Podzespoły. Aplikacje” 2014, kwiecień, s. 58.

Fotografia 3. System łączności dla ratownictwa jaskiniowego pracujący z kablem LF



Źródło: fotografia własna.

Rozwój technologii radiokomunikacyjnych wraz ze wzrastającym zapotrzebowaniem na usługi wykraczające poza transmisję głosu spowodował pojawienie się systemów i urządzeń, które w coraz większym stopniu korzystają z możliwości transmisji szerokopasmowych. Możliwość przesyłania dużej ilości danych dało integrowanie urządzeń konwencjonalnych z powszechnie dostępnymi typu smartfon czy tablet. Na rynku znajdują się urządzenia będące połączeniem telefonu komórkowego i radiotelefonu UHF. Powstają również aplikacje na mobilne systemy operacyjne pozwalające

na pracę telefonów komórkowych jako radiotelefonów. Tryb pracy PTT (*Push to Talk*) umożliwia łączenie się z innym użytkownikiem lub grupą użytkowników po naciśnięciu jednego tylko przycisku.

W najnowszych systemach projektanci sięgają po możliwość przesyłu obrazu, co daje pełniejszą informację o sytuacji na miejscu zdarzenia, trudnościach i przeszkodach terenowych, stanie zdrowia osób poszkodowanych, charakterze ich obrażeń itp. System łączności jaskiniowej umożliwia wraz z transmisją głosu po kablu LF transmitowanie obrazu z kamery używanej w czasie akcji ratowniczej pod ziemią do stanowiska kierowania na powierzchni, dodatkowo można przysyłać informacje wprost z urządzeń diagnostyki medycznej, np. z pulsoksymetru. Daje to możliwość konsultacji z ratownikiem medycznym, który koordynuje działania w zakresie pomocy medycznej. W razie potrzeby można także taki obraz za pomocą Internetu dostarczanego poprzez sieci komórkowe (GPRS/LTE) przesyłać dalej, np. w celu konsultacji z lekarzem specjalistą w dowolnej placówce medycznej.

Należy jednak pamiętać, że rozwiązania oparte na transmisjach szerokopasmowych wykorzystują infrastrukturę transmisyjną sieci komórkowych. Infrastruktura ta jest zupełnie niezależna od użytkowników. Całkowitą kontrolę sprawuje operator i to on może decydować o wyłączeniach (np. do celów konserwacyjnych) czy ograniczeniu przepustowości, co może skutkować utratą możliwości nawiązania łączności przez użytkowników. W sytuacjach katastrof czy klęsk żywiołowych infrastruktura taka może ulec awarii lub zniszczeniu. Częstym problemem jest w sytuacjach kryzysowych przeciążenie sieci przez ogromną liczbę osób chcących wykonać połączenie w jednej chwili, co powoduje w konsekwencji zablokowanie łącz. Z tego powodu do celów zapewnienia łączności krytycznej, a za taką uważana jest radiołączność dla służb ratowniczych, w dalszym ciągu wykorzystuje się systemy dedykowane, zaprojektowane i zbudowane wyłącznie do tych celów. Z uwagi na trudności techniczne i ograniczenia ekonomiczne (potrzeba instalowania dużej ilości stacji retransmisyjnych) dedykowane do zapewnienia łączności krytycznej systemy szerokopasmowe są jeszcze rzadkością. Obecne trendy rynkowe i wzrastająca dostępność urządzeń LTE, a także rozwój technologii 4G/5G, powodują jednak w efekcie stały wzrost zainteresowania takimi rozwiązaniami.

Sprawny system łączności to dla służb ratowniczych jedno z podstawowych narzędzi pracy. Szybka wymiana informacji zapewniająca koordynację i właściwe ukierunkowanie działań to wyznacznik skuteczności. Systemy łączności radiowej muszą być zatem niezależne od czynników zewnętrznych, zbudowane w sposób przemysłowy, z wykorzystaniem nowoczesnego i niezawodnego sprzętu. Nowa funkcjonalność, która pojawiła się wraz z coraz łatwiejszym dostępem do szybkich transmisji danych, powoduje zwiększenie skuteczności działań ratowniczych. Należy jednak pamiętać, że podstawą wymiany informacji pozostaje nadal przekaz głosowy i – niezależnie od zastosowanej technologii, sposobu modulacji czy zastosowanej infrastruktury technicznej – system łączności krytycznej musi go niezawodnie zapewnić.

Współczesne technologie radiokomunikacyjne w ratownictwie *Streszczenie*

Celem artykułu jest omówienie zagadnień organizacyjnych i rozwiązań technicznych w systemach łączności radiowej wykorzystywanej w działaniach służb ratowniczych, takich jak straż pożarna czy służby ratownictwa górskiego. Autor wyjaśnia podstawowe pojęcia związane z technologią radiową, wskazuje podstawy prawne funkcjonowania systemów i środków łączności krytycznej. Prezentuje przykłady specyficznych technologii pomocnych w zapewnieniu niezawodnej łączności krytycznej, zwłaszcza w trudnych warunkach terenowych, jak np. w jaskiniach i podziemnych obiektach. Autor wskazuje współczesne trendy rozwoju technologicznego uwzględniającego migracje rozwiązań analogowych w cyfrowe.

Słowa kluczowe: ratownictwo, GOPR, łączność, radiokomunikacja, ratownictwo jaskiniowe

Modern Radio Communication Technologies in Emergency *Abstract*

The article presents organizational issues and technical solutions concerning radio communication systems used in the rescue activities of emergency services such as fire brigade or mountain rescue service. At the beginning of the article, the author explains basic concepts related to the radio technology and describes the legal fundamentals for the functioning of critical communication systems. Examples of specific technologies helpful in providing reliable critical communication are presented, highlighting here difficult territory and challenging conditions, such as caves and underground facilities. The author presents current trends in technological development, including migrations of analogue radiocommunication solutions into digital ones.

Key words: rescue, mountain rescue, radiocommunication, emergency, cave rescue

Современные средства цифровой радиосвязи *в аварийно-спасательных службах* *Резюме*

В статье рассмотрены вопросы организации и использования технических решений в системах радиосвязи, используемых в аварийно-спасательных службах: пожарная охрана, спасательная служба в горах. Автор объясняет основные термины, связанные с технологией радиосвязи, указывает правовые основы функционирования систем и средств экстренной радиосвязи. Приводит также примеры конкретных технологий, обеспечивающих надежную связь, особенно в сложных условиях трудных участков местности, например, в пещерах и подземных объектах. Автор указывает на современные тенденции технологического развития, учитывающего переход с аналоговых на цифровые средства связи.

Ключевые слова: аварийно-спасательные службы, Горная служба спасения (GOPR), связь, радиосвязь, спасательные работы в пещерах

