

ZASTOSOWANIE CYFROWEJ RADIOTELEFONICZNEJ ŁĄCZNOŚCI DYSPOZYTORSKIEJ TETRA W PRZEMYSŁE GÓRNICZYM. PERSPEKTYWY STWORZENIA NOWOCZESNEJ BEZZAŁOGOWEJ KOPALNI ODKRYWKOWEJ

Magdalena MROZOWSKA

Streszczenie: W artykule omówiono sposoby wykorzystywania systemu bezprzewodowej łączności dyspozytorskiej w przemyśle górniczym. We wstępie i w rozdziale pierwszym szeroko omówione zostało zagadnienie cyfrowej radiotelefonicznej łączności oraz przedstawiona została klasyfikacja systemów trankingowych. Pierwszą część artykułu zamyka rozdział przedstawiający zalety systemów trankingowych w porównaniu z klasycznymi systemami dyspozytorskimi. Rozdział drugi koncentruje się na istocie standardu TETRA, jego cechach charakterystycznych, wykorzystywanych pasmach częstotliwości radiowych i na architekturze systemu. Rozdział trzeci to analiza środków technicznych wykorzystywanych w celu utrzymania łączności w kopalniach odkrywkowych - ogólnozakładowa łączność telefoniczna i ogólnozakładowy system dyspozytorski. Jako przykład obrana została Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów i Kopalnia Adamów. Rozdział czwarty koncentruje się na kierunkach i potencjalnych możliwościach stworzenia bezzałogowej kopalni odkrywkowej. Ostatni rozdział artykułu zawiera wnioski.

Słowa kluczowe: łączność radiowa, tranking, TETRA, przemysł górniczy, kopalnia przyszłości.

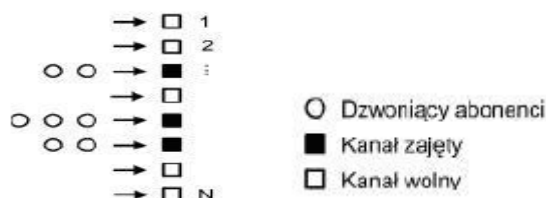
1. Wstęp

Otwarty standard cyfrowej radiotelefonicznej łączności dyspozytorskiej (trankingowej) został stworzony z przeznaczeniem dla służb bezpieczeństwa publicznego i ratownictwa, jak również dla komunikacji w przemyśle. Głównym powodem wykorzystywania tego właśnie systemu jest możliwość posilkowania się narzędziami komunikacyjnymi, które zapewniają koordynację funkcjonowania i równocześnie niezakłóconą współpracę służb takich jak policja, straż pożarna oraz inne służby bezpieczeństwa publicznego; komunikacja miejska; zakłady przemysłowe: rafinerie, kopalnie odkrywkowe i inne; przedsiębiorstwa posiadające dużą flotę samochodową bądź lotniczą.

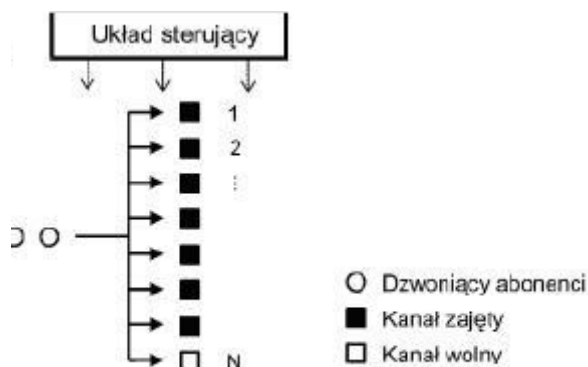
To na początek lat osiemdziesiątych przypadł gwałtowny rozwój radiowych systemów trankingowych; trankingowe systemy analogowe stały się alternatywą dla powszechnie stosowanych konwencjonalnych systemów dyspozytorskich klasy PMR dając tym samym znacznie większe możliwości funkcjonalne ich użytkownikom oraz zapewniając efektywniejsze spożytkowanie przydzielonego pasma częstotliwości [1]. Ponadto poprzez organizację systemu opierającą się na strukturze logicznych grup rozmównych wzięła swój początek możliwość współużytkowania takiego systemu przez wiele niezależnych grup użytkowników. Spowodowało to, że systemy trankingowe znalazły ogólne zastosowanie również jako systemy o charakterze publicznym PAMR.

1.1. Czym jest trunking

Trunking jest to metoda polegająca na wykorzystywaniu ograniczonej liczby kanałów telekomunikacyjnych przez rozległą liczbę potencjalnych użytkowników. Regułę realizacji łączności trunkingowej prezentuje poniższy rysunek. Sytuację, która ma miejsce w klasycznych systemach dyspozytorskich obrazuje rysunek 1. Na wybranym terenie istnieje N grup użytkowników, z których każda ma do dyspozycji jeden kanał częstotliwościowy. Jeżeli w danym momencie, w niektórych grupach jest więcej niż jeden chętny do uzyskania dostępu do kanału, a w innych grupach są niewykorzystane kanały, to i tak niektóre żądania dostępu nie zostaną obsłużone. W systemie trunkingowym istnieje natomiast jedna wspólna kolejka do wszystkich N kanałów (rysunek 2). Jeżeli tylko łączna liczba żądań obsługi w danej chwili nie przekracza N, wówczas wszystkie żądania zostają obsłużone [2].



Rys. 1. Realizacja łączności w klasycznych systemach dyspozytorskich



Rys. 2. Realizacja łączności w systemie trunkingowym

1.2. Koncepcja trunkingu

Bazę do koncepcji trunkingu stanowi teoria prawdopodobieństwa. Jest to prawdopodobieństwo tego, iż lwią część użytkowników chciałaby korzystać jednocześnie z systemu. Konsekwencją czego jest fakt, iż efektywność wykorzystania dynamicznie przydzielanych kanałów jest znacznie wyższa niż w sytuacji gdyby każdy z użytkowników miał swój własny, na stałe przydzielony kanał.

W każdym systemie trunkingowym kryje się specjalna procedura (oraz odpowiadające jej urządzenie) sterująca procesem kolejowania abonentów żądających obsługi oraz przydziałem kanałów. W systemie dyspozytorskim to poszczególni abonenci wykonujący bezustanny nasłuch w kanale radiowym spełniali tę funkcję. Tak więc, w systemie trunkingowym potrzeba sprawdzania przez indywidualnych użytkowników zajętości

kanałów, nie zachodzi. Takie rozwiązanie umożliwia maksymalne zachowanie prywatności prowadzonych rozmów. Jest to o tyle istotne, że systemy trunkingowe mogą być eksploatowane przez kilka grup użytkowników zatrudnionych w różnych przedsiębiorstwach, dla których wykluczona byłaby łączność w kanale otwartym.

1.3. Klasyfikacja

Istnieje wiele podziałów systemów trunkingowych. Jeden z nich dotyczy administrowania; w tej klasyfikacji wyróżniamy sieci publiczne oraz sieci prywatne. Adresatami sieci publicznych są grupy użytkowników w żaden sposób ze sobą nie powiązane. Po wykupieniu abonamentu na usługę u wyspecjalizowanego operatora użytkownicy sieci publicznej stają się abonentami systemu. Lwia część użytkowników sieci publicznych to odbiorcy zbiorowi działający na ograniczonym obszarze, tacy jak firmy transportowe, usługowe czy służby miejskie. Dla tych użytkowników nie jakość połączenia jest najistotniejsza, lecz jest nią nieduży koszt, prywatność połączeń jak również dostęp do publicznej sieci telefonicznej.

Sieci prywatne w odróżnieniu przeznaczone są wyłącznie dla określonych użytkowników, takich jak policja czy straż pożarna. W tym modelu użytkownicy są właścicielami konkretnie przypisanej częstotliwości oraz systemu trunkingowego. To sami użytkownicy eksploatują oraz zabezpieczają swoją sieć. Najistotniejszymi warunkami stawianymi w tym modelu są: szybki dostęp do kanału radiowego oraz niezawodność pracy systemu, nawet w bardzo trudnych i wymagających warunkach.

Działanie systemów trunkingowych oparte jest o pewne standardy, przy czym najbardziej znanymi i spopularyzowanymi są MPT (ang. Ministry of Post and Telecommunications) oraz Tetra (ang. TERrestrial Trunked Radio, dawniej TransEuropean Trunked Radio). Standard MPT jest projektem Brytyjskiego Ministerstwa Przemysłu i Handlu, który przedstawiony został pod koniec lat 80-tych. W ramach tego standardu powstało kilka wzajemnie ze sobą powiązanych: MPT 1327, MPT 1343, MPT 1352. Nieprzerwanie rosnące zapotrzebowanie na nowe usługi w systemach trunkingowych jak również konieczność efektywnego wykorzystania dostępnego pasma i towarzyszący mu wymóg współdziałania narodowych służb publicznych doprowadziły w roku 1990 do rozpoczęcia prac w ramach ETSI, które zmierzały do opracowania nowoczesnego standardu cyfrowego, któremu nadano nazwę TETRA.

1.4. Zalety systemów trunkingowych

Systemy trunkingowe w porównaniu z klasycznymi systemami dyspozytorskimi charakteryzują się poniższymi zaletami:

- Wysoka niezawodność działania. Awaria pojedynczego kanału w systemie trunkingowym powoduje jedynie spadek jakości oferowanych usług (takich jak wydłużenie czasu oczekiwania na przydział kanału) ale nie blokuje połączeń w żadnej grupie użytkowników;
- Duża pojemność, przy ustalonej liczbie kanałów. Rezultatem jest uzyskanie wysokiej efektywności wykorzystania widma, co pozwala na zredukowanie liczby kanałów wymaganych do obsługi grupy użytkowników i obniżenie kosztów połączeń;

- Możliwość priorytetyzowania rozmów. W sytuacji utworzenia wspólnej kolejki abonentów żądających obsługi, o kolejności obsługi może decydować nie tylko chronologia zgłoszeń lecz także priorytet samego żądania;
- Dostępność usług trunkingowych również dla niewielkich grup użytkowników, którzy generują mały ruch. Użytkownik taki może korzystać z publicznych systemów trunkingowych;
- Prywatność prowadzonych rozmów. W trakcie trwania rozmowy żaden inny użytkownik systemu nie może przełączyć się na zajęty już kanał ani zakłócać lub podsłuchiwać zestawionego wcześniej połączenia;
- Elastyczność systemu. W sytuacji, gdy grupa użytkowników powiększa się łatwo jest zaspokoić zmieniające się potrzeby;
- Prostotą obsługi wynikającą z braku konieczności ręcznego przeszukiwania kanałów częstotliwościowych.

2. Standard TETRA

TETRA czyli TERrestrial Trunked Radio (dawna nazwa: TransEuropean Trunked Radio) to otwarty standard cyfrowej radiotelefonicznej łączności dyspozytorskiej (trankigowej) utworzony przez Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych - **ETSI** (European Telecommunications Standardisation Institute), który to standard powstał w szczególności z przeznaczeniem dla służb bezpieczeństwa publicznego i ratownictwa. Kluczowym powodem wykorzystywania tego właśnie systemu jest ewentualność korzystania z narzędzia komunikacyjnego, które zapewnia koordynację funkcjonowania oraz niezakłóconą współpracę takich służb jak policja, straż pożarna, pogotowie ratunkowe czy innych służb bezpieczeństwa publicznego. System TETRA wprowadza się w krajach, w których nie ma ujednoczonej infrastruktury łączności.

Połączona technologia TDMA (*Time Division Multiple Access*) i FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) jest podstawą transmisji danych w standardzie TETRA. W jednym kanale radiowym - standardowo o szerokości 25 kHz - mieszczą się cztery szczeliny czasowe, czyli cztery jednocześnie działające i równoprawne logiczne kanały komunikacyjne. W standardzie TETRA przewidziana została dwukierunkowa transmisja radiowa, z międzykanałowym odstępem 25 kHz (także 12,5 kHz i 6,25 kHz) w dwóch odrębnych pasmach częstotliwości [3]:

- 380-400 MHz (*policja i bezpieczeństwo państwowe*), oraz
- 410-430 MHz (*sektor cywilnych i miejskich usług publicznych*).

System TETRA jest przeznaczony nie tylko dla publicznych służb ratownictwa i bezpieczeństwa państwa lecz także dla operatorów cywilnych sieci łączności i transportu. Od 1997 r. standard TETRA jest rekomendowany przez Unię Europejską dla służb ratowniczych i organizacji bezpieczeństwa publicznego w krajach Unii. Dostęp do radiowych usług trunkingowych systemu TETRA powoduje powolne wypieranie instalowanych dotychczas niejednorodnych rozwiązań firmowych dyspozytorskich typu PMR (Private Mobile Radio), stosowanych w aplikacjach cywilnych. Ministerstwa spraw wewnętrznych kilku europejskich krajów, w 1995 r., zaakceptowały stosowanie systemu TETRA, gwarantując tym samym jego skuteczność przez co najmniej 10 lat. Od tego momentu standard jest stosowany w wielu krajach zachodniej części Europy, a od 2001 r. również w Polsce.

2.1. Cechy standardu TETRA

Wysoka jakość sygnału między terminalami końcowymi na całym obszarze oddziaływania stacji bazowych w standardzie TETRA zapewnia cyfrowy i pakietowy sposób transmisji danych. Trankingowy przekaz informacji dzięki zasadzie natychmiastowego przydzielania przez system jakiegokolwiek wolnego kanału z wszystkich dostępnych zapewnia optymalne wykorzystanie dostępnych kanałów komunikacyjnych. W sytuacji, gdy wszystkie kanały fizyczne są zajęte, użytkownik otrzymuje stosowną informację i oczekuje w kolejce, aż któryś się zwolni. Gdy klient ma przyznany priorytet połączeń, bądź mamy do czynienia z sytuacją alarmową to sam system zapewnia możliwie najkrótszy czas oczekiwania na realizację inicjowanego połączenia. W standardzie TETRA/ETSI do użytkowania wyznaczono dwa pasma częstotliwości radiowych zadedykowane odrębnym aplikacjom komunikacyjnym [4].

- Pasmo dolne w zakresie 380-400 MHz (dokładniej: 380-385 MHz w górę oraz 390-395 MHz w dół) przeznaczone jest do profesjonalnej łączności w policji oraz innych służbach rządowych oraz bezpieczeństwa państwa (UOP, straż graniczna, służby celne),
- Pasmo górne 410-430 MHz (410-420 MHz w górę, 420-430 MHz w dół) służy do użytkowania komercyjnego przez miejskie organizacje publiczne (straż pożarna, pogotowie, komunikacja, służby komunalne) oraz lokalne przedsiębiorstwa prywatne.

W obrębie każdego pasma można wyróżnić funkcjonujące jednokierunkowe kanały radiowe (*nośne*) o szerokości 25 kHz, z dupleksowym odstępem 10 MHz do transmisji dwukierunkowej. W jednym kanale radiowym zdefiniowana jest podstawowa ramka TDMA, która zawiera cztery szczeliny czasowe (*o czasie trwania 14,166 ms*), z których każda może być przeznaczona do pojedynczej transmisji głosowej bądź do przekazu danych. Efektywna szerokość pasma zajmowana przez jeden kanał rozmówny wynosi 6,25 kHz ($4 \times 6,25 = 25 \text{ kHz}$), a kodowanie w kanale radiowym następuje z zastosowaniem różnicowej modulacji kwadraturowej p/4 DQPSK (*Differential Quaternary Shift Keying*) z przesunięciem fazy p/4.

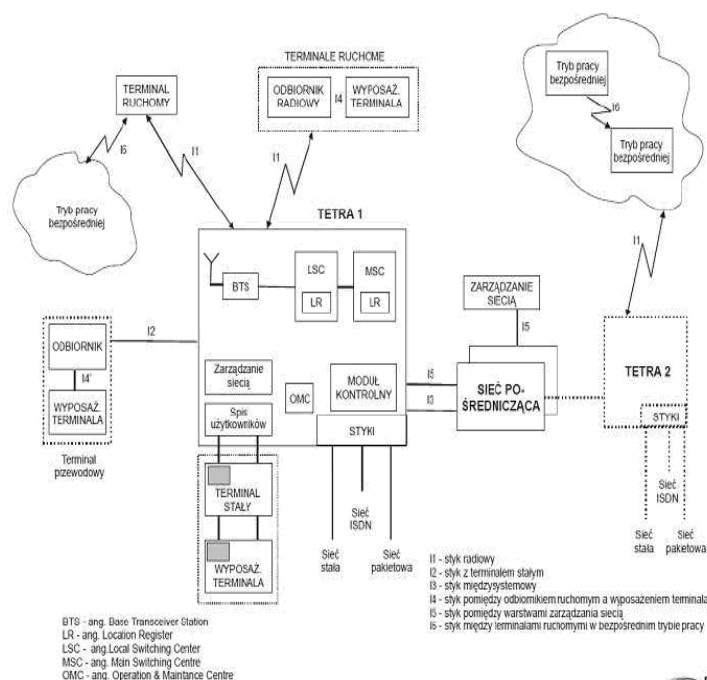
Istotną i niezbędną cechą systemu trankingowego TETRA, w sytuacjach kryzysowych, jest elastyczne dostosowywanie pojemności oraz przepływności kanałów w czasie rzeczywistym do aktualnych potrzeb użytkowników. Ma to ścisły związek z jednoczesną koordynacją wielu działań operacyjnych jednostek i zespołów różnych służb publicznych.

W standardzie TETRA zdefiniowane zostały trzy klasy usług o wzrastającym poziomie bezpieczeństwa [5].

- Klasa 1 (*Clear Mode*) nie stosuje szyfrowania, a identyfikacja jest opcjonalna,
- Klasa 2 (*SCK Mode*) szyfrowanie odbywa się przy użyciu klucza statycznego SCK (*Static Cipher Key*),
- Klasa 3 (*DCK Mode*) daje najwyższy poziom utajnienia. Tutaj szyfruje się kluczami dynamicznymi (*DCK, CCK, GCK, MGCK*), a identyfikacja jest obligatoryjna.

Fundamentalnym walorem standardu jest możliwość szyfrowania transmisji danych bezpośrednio z radiotelefonów oraz przenośnych i stacjonarnych terminali. Użytkowa szybkość transmisji może ulegać zmianie w zależności od potrzeb i stopnia utajnienia danych, od 2,4 kb/s (*wysoki stopień zabezpieczenia*) do maksymalnej przepływności 28,8 kb/s – bez zabezpieczeń. Przepływność 28,8 kb/s jest maksymalną szybkością podkładową kanału i obejmuje wszystkie sygnały sygnalizacji i synchronizacji wiadomości. Najwięcej

urządzeń komunikacyjnych do aplikacji cywilnych (*pasmo 410-430 MHz*), spośród producentów stacjonarnej infrastruktury systemu TETRA, dostarczanych jest przez firmy: Motorola, Nokia, OTE/Marconi, Rohde & Schwarz, Siemens ICM oraz Simoco/Frequentis. Oddzielną i znacznie bardziej obfitą grupę stanowią firmy produkujące radiotelefony pasma cywilnego: Cleartone, DeTeWe, ICOM, Kenwood, Maxon, Motorola, Nokia, OTE/Marconi, Siemens ICM, Simoco i Tait. W aplikacjach bezpieczeństwa państwa stosowane są głównie produkty Motoroli.



Rys. 3. Architektura systemu trunkingowego TETRA

3. Case study

Zakład górniczy powinien być zorganizowany i wyposażony w odpowiednie środki techniczne służące do komunikacji wewnątrzzakładowej. Rolą służby dyspozytorskiej jest bieżąca kontrola ruchu i stanu bezpieczeństwa wykonywanych prac. Środki techniczne niezbędne do zachowania należącego bezpieczeństwa to:

- ogólnozakładowa łączność telefoniczna,
- ogólnozakładowy system dyspozytorski.

Dzięki ogólnozakładowemu systemowi dyspozytorskiemu zapewniona jest:

- łączność zewnętrzna z wykorzystaniem sieci i co najmniej dwóch operatorów,
- bezpośrednia łączność w systemie ogólnozakładowej łączności telefonicznej,
- łączność dyspozytorska i alarmowo - zgłoszeniowa,
- zdalna kontrola parametrów bezpieczeństwa pracy (gazometria, sesjmologia, sejsmoakustyka, CTT-32, FOD, ZEFIR, SD-2000) [6].

Dzięki łączności dyspozytorskiej i alarmowo - zgłoszeniowej możliwe jest:

- przekazanie do dyspozytora meldunku o zagrożeniu w wyrobisku,

- przekazanie przez dyspozytora sygnału alarmowego do zagrożonych wyrobisk,
- porozumiewanie się z pracownikami przebywającymi w wyrobiskach.

Sygnalizatory alarmowe rozmieszczane są na stałych stanowiskach pracy jak również na drogach ucieczkowych, przy czym ich liczba powinna maksymalnie umożliwić słyszalność sygnału alarmowego. Sygnalizatory alarmowe oznaczane są w sposób umożliwiający ich szybką identyfikację. Dyspozytor powinien posiadać możliwość lokalizacji sygnalizatora z którego został nadany konkretny sygnał. Po wywołaniu alarmowym z sygnalizatora rozmowa z dyspozytorem jest rejestrowana samoczynnie.

Przywołanie dyspozytora:

Przywołanie dyspozytora realizowane jest poprzez naciśnięcie odpowiedniego przycisku na urządzeniu komunikacyjnym. Dyspozytor odbiera powiadomienie za pomocą ciągłego sygnału świetlnego, który pojawia się na pulpicie. Sygnalizacja akustyczna trwa nieprzerwanie do chwili odebrania zgłoszenia przez dyspozytora.

Zgłoszenie alarmu:

Realizacja zgłoszenia alarmu odbywa się poprzez naciśnięcie właściwego przycisku w sygnalizatorze akustycznym. Dyspozytor, poprzez przerywany sygnał świetlny oraz poprzez sygnał akustyczny dzwonka pulpitu, zostaje powiadomiony o wywołaniu. Sygnał pojawia się na pulpicie dyspozytorskim. Powiadomienie akustyczne trwa nieprzerwanie do chwili odebrania zgłoszenia przez dyspozytora. Ponadto zgłoszenie alarmu musi zostać skasowane oddzielnym przyciskiem na pulpicie dyspozytora. Podczas trwania alarmu wszystkie rozmowy prowadzone przez dyspozytora są automatycznie rejestrowane na specjalnie do tego przeznaczone urządzenia.

Nadawanie i odbiór informacji słownych przez dyspozytora:

Bezpośrednio po odebraniu zgłoszenia następuje odbiór informacji od abonenta, natomiast nadawanie informacji do abonenta wymaga naciśnięcia odpowiedniego przycisku na pulpicie dyspozytora. Dyspozytor ma możliwość wyboru jednego lub kilku abonentów i nadawania informacji jednocześnie. Nadawanie i odbiór informacji może być prowadzony przez dyspozytora w trybie głośnomówiącym lub przy użyciu mikrotelefonu.

Nadawanie sygnałów ewakuacyjnych:

Po naciśnięciu przez dyspozytora przycisku na pulpicie dyspozytorskim następuje nadanie sygnału ewakuacyjnego, a następnie liniowego odpowiadającego linii na którą ma być wysłany alarm. Podobnie jak przy zgłoszeniu alarmu, zostaje uruchomiony układ rozmów. Podczas trwania sygnału ewakuacyjnego system rejestruje przywołania dyspozytora

3.1. Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów

W PGE Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów zrealizowany został projekt budowy systemu łączności cyfrowej TETRA. Zakres przedsięwzięcia obejmował przygotowanie koncepcji systemu wraz z jego zaprojektowaniem, dostawą, konfiguracją systemu i ostatecznie uruchomienie.

Kopalnia w Bełchatowie jest niekwestionowanym liderem wśród polskich kopalń węgla brunatnego. Jest największą kopalnią odkrywkową w Polsce oraz jedną z największych w Europie. Wielkość złóż jak i osiągnięte wydobycie stawiają ją w czołówce największych europejskich dostawców surowca energetycznego. Zaimplementowanie cyfrowej łączności TETRA wspomaga Kopalnię Bełchatów w osiągnięciu większej wydajności, oszczędności czasu oraz zmniejszeniu kosztów operacyjnych jak również wspomaga bezpieczeństwo prowadzonych prac.

System TETRA używany w kopalni składa się z kilku stref połączonych ze sobą za pomocą łączy światłowodowych i radiolinii. Każda ze stref zawiera dwie stacje bazowe systemu TETRA obsługujące jednocześnie dwie częstotliwości nośne. W systemie pracuje kilkaset sztuk radiotelefonów cyfrowych TETRA firmy Motorola MTP850, CEP 400 oraz MTM5400 [7].

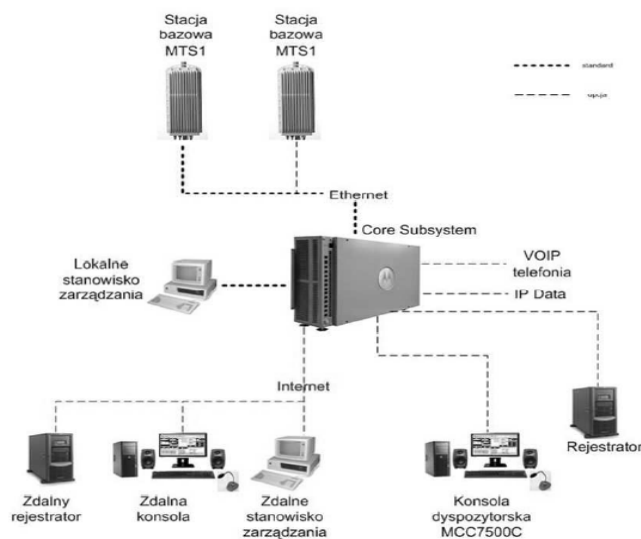
Szkieletowa sieć teleinformatyczna sprzęgająca poszczególne strefy systemu, zbudowana została w oparciu o routery Cisco z wykorzystaniem routingu multicast. W systemie zapewnione zostało sprzężenie systemu TETRA z centralą telefoniczną umożliwiające abonentom realizację jednocześnie 8 rozmów telefonicznych. Za rejestrację całej korespondencji radiowej i telefonicznej jak również za rejestrację zdarzeń systemowych odpowiedzialny jest centralny serwer rejestrujący. W ramach projektu opracowany został ponadto interfejs sprzęgający dotychczas eksploatowany system analogowy z nowo wybudowanym systemem TETRA. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwa jest etapowa wymiana pierwotnych radiotelefonów na nowe terminale funkcjonujące w standardzie TETRA.

Na maszynach górniczych zainstalowany został ponadto specjalny telefon systemu TETRA, skonstruowany na bazie telefonicznego aparatu górniczego ATP2. Stanowisko kierowania ruchem zaopatrzone zostało w komputerowe stanowisko dyspozytorskie. Dzięki wydzieleniu samodzielnego stanowiska administracyjnego powstała możliwość zdalnego zarządzania siecią i optymalizacja jej parametrów.

3.2. System TETRA w Kopalni Adamów

W 2013 roku w PAK — Kopalni Węgla Brunatnego w Adamowie wdrożony został system TETRA. Zrealizowano założenia techniczno– organizacyjne systemu i uzyskano przydział częstotliwości do nowo budowanego systemu. W oparciu o Dimetrę IP Micro firmy Motorola Solutions zbudowano jednostrefowy system. Jednostka centralna DimetraIP Micro jest najmniejszym rozwiązaniem TETRA w rodzinie produktów DimetraIP, które umożliwia osiągnięcie funkcjonalności cyfrowego trunkingu. System jest idealny dla niewielkiej skali sieci TETRA oraz dla użytkowników planujących łagodną migrację z rozwiązań analogowych do cyfrowych. Dimetra IP oferuje wszelkie usługi cyfrowego systemu łączności radiowej. Jako stacje bazowe wykorzystane zostały dwie stacje MTS 1 współpracujące z dwoma antenami odbiorczymi w systemie odbioru zbiorczego. Jako terminale dostarczono radiotelefony noszone CEP 400 i przewożne MTM 5400 [4].

Podstawowe funkcje DimetraIP Micro to: **prostota instalacji** - urządzenie zaprojektowane zostało w celu łatwego wdrożenia, obsługi oraz utrzymania. Zarządzanie nim odbywa się za pomocą wbudowanego graficznego interfejsu użytkownika; **płynność migracji** - dzięki prostocie wdrożenia migracja użytkowników analogowych do TETRA realizowana jest w sposób prosty i oszczędny; **niski koszt utrzymania** – sukcesywne elementy łączy się za pomocą interfejsu Ethernet, co znacznie wpływa na ograniczenie kosztów bezpośrednio związanych z dzierżawą linii transmisyjnych. Zdalny dostęp umożliwia nadzór nad systemem z jednego miejsca pracy administratora. Moduły DimetraIP Micro, dzięki niewielkim wymiarom, mogą być montowane na ścianach pomieszczeń lub w małych przestrzeniach i zapewniają niski pobór mocy jak również emisji ciepła; **dodatkowe usługi** – takie jak możliwość rozbudowy systemu o kolejne funkcjonalności: transmisja danych tekstowych (do pojedynczego użytkownika i grupy), usługa telefonii tradycyjnej i VoIP kanał konwencjonalny, umożliwiający komunikację z analogowymi systemami radiowymi, pozycjonowanie GPS użytkowników radiotelefonów.



Rys. 4. Architektura systemu TETRA w Kopalni Adamów [8]

Dotychczas eksploatowany system trunkingowy SmartNet 2000 firmy Motorola zintegrowano z nowo wybudowanym systemem TETRA w oparciu o interfejs stworzony przez inżynierów firmy Consortia. Takie rozwiązanie umożliwiło etapowe i stopniowe wycofywanie się z dotychczas eksploatowanych radiotelefonów analogowych przy równoczesnym zastępowaniu ich terminalami TETRA.

System zapewnia współpracę abonentów z zakładową centralą telefoniczną, a dostępny plan numerów abonentów TETRA zintegrowany jest z planem numeracyjnym centrali telefonicznej. Szczególną uwagę w trakcie realizacji projektu poświęcono na realizację łączności w przypadku wywołań alarmowych w niebezpieczeństwie, projektując tą procedurę zgodnie z instrukcjami alarmowymi Kopalni.

4. W kierunku kopalni przyszłości

4.1. Kierunki tworzenia bezzałogowej kopalni odkrywkowej

Zastąpienie górników, w ich najbardziej niebezpiecznych i męczących pracach maszynami o sztucznej inteligencji jest wymogiem stawianym na przyszłość rozwoju w górnictwie. Optymalne maszyny górnicze to takie, które słyszą, widzą i odczuwają. Innymi słowy mówiąc maszyny samokierujące i samosterujące, z minimalnym udziałem pracy człowieka.

Rozwój w gałęziach nauki takich jak elektronika, komputeryzacja, przesył informacji, elektrotechnika, nowe materiały jak również budowa maszyn górniczych, doprowadził do narodzenia się systemów zdalnego sterowania ruchem maszyn w kopalniach odkrywkowych. Nowoczesny system pozwala kierownictwu na poprawę pracy operatorów, maksymalne eksploatowanie maszyn czy monitorowanie produkcji. To również dzięki systemowi ma miejsce wzrost produkcji i pracy charakteryzującej się zerową szkodliwością. Zdalne sterowanie maszynami i urządzeniami zainstalowanymi w odkrywce to bieżący etap w procesie tworzenia nowoczesnej kopalni. Warto zwrócić szczególną

uwagę na fakt, iż szereg tego typu systemów zawiera elementy ułatwiające ich przekształcenie w systemy autonomiczne i przejście do bezzałogowej kopalni przyszłości.



Rys. 8. Automatyzacja kopalń odkrywkowych z przerywanym transportem urobku i kierunku tworzenia bezzałogowej kopalni przyszłości [8]

4.2. Fazy dochodzenia do odkrywkowej kopalni bezzałogowej

Pośród najistotniejszych czynników zautomatyzowanej kopalni odkrywkowej należy wymienić dużą prędkość oraz precyzję wzajemnej komunikacji. Dotyczy to komunikacji wewnątrz maszyny górniczej, pomiędzy maszynami, jak i między dyspozytorem a maszynami. Osiągnięcia współczesnej techniki znacząco przyczyniły się do wyposażenia kopalni w rozległe sieci światłowodowe, gdzie przesył informacji odbywa się z prędkością 100 Mb/s lub 1 Gb/s, lub bezprzewodową telefonią komórkową, Internetem, różnorodnymi systemami radiowymi połączonymi z systemem GPS o wysokiej dokładności pozycjonowania maszyn w przestrzeni kopalni odkrywkowej, które wykorzystują satelity.

Systemy bezprzewodowej komunikacji mogą wykorzystywać mobilne stacje przesyłowe zasilane bateriami słonecznymi, co w znacznym stopniu upraszcza ich lokalizację w odkrywce. Istotne znaczenie odgrywa radar bliskiego i dalekiego zasięgu, który używany jest m.in. do oceny stateczności skarp w odkrywce. W pojazdach na podwoziu oponowym lub gąsienicowym zastosowanie znajdują kamery wizyjne na światło dzienne i na podczerwień z procesorami obrazu, które w kombinacji z radarem ułatwiają operatorowi manewrowanie pojazdem.

5. Wnioski

Bezwzględna konieczność podtrzymywania i stałego zwiększenia bezpieczeństwa, dyspozycyjności i efektywności pracy w rozległych powierzchniowo kopalniach wymaga zastosowania najnowocześniejszych systemów radiokomunikacyjnych. Ma to ścisły związek ze sterowaniem maszynami lub wręcz autonomicznością ich pracy. W szczególnym stopniu dotyczy to tych rejonów świata, w których identyfikuje się trudności w zaangażowaniu fachowców do pracy w kopalniach odkrywkowych z uwagi na ich usytuowanie z dala od siedzib ludzkich jak i w nieprzyjaznym dla człowieka klimacie. Wśród najważniejszych czynników zautomatyzowanej kopalni odkrywkowej należy wskazać dużą prędkość i precyzję wzajemnej komunikacji. Dotyczy to zarówno komunikacji między dyspozytorem a pracownikami, między dyspozytorem a maszynami,

wewnątrz maszyny górniczej a także pomiędzy maszynami. Osiągnięcia współczesnej techniki przyczyniły się do obecnej sytuacji, w której kopalnie dysponują rozległymi sieciami światłowodowymi, gdzie przekazywanie informacji odbywa się z prędkością 100 Mb/s lub 1 Gb/s, lub bezprzewodową telefonią komórkową, Internetem, różnorodnymi systemami radiowymi połączonymi z systemem GPS o wysokiej dokładności pozycjonowania w przestrzeni kopalni odkrywkowej, które wykorzystują satelity. Systemy komunikacji bezprzewodowej mogą stosować mobilne stacje przesyłowe zasilane z baterii słonecznych, co ułatwia ich lokalizację w odkrywce.

W miarę wzrostu i wprowadzania do użytku różnorodnych systemów radiowych nadal będą prowadzone odpowiednie badania kompatybilności międzysystemowej. Rezultaty tych badań pozwalają administracjom łączności poszczególnych krajów prowadzić proaktywną politykę obsadzania poszczególnych zakresów częstotliwości oraz formułują zasady ich współużytkowania oraz bezkolizyjnego eksploatawania zakresów sąsiednich. Z punktu widzenia współpracy międzynarodowej istotne są też analizy wiodące do ustalenia reguł użytkowania systemów PMR/PAMR na terenach przygranicznych – wymagana jest tam ich koordynacja. Parametry tych systemów oraz dopuszczalne odstępstwa odległościowe i częstotliwościowe ich elementów stanowią odrębny temat prac CEPT oraz różnorodnych międzynarodowych zespołów.

Nowoczesne systemy sterowania, zaprezentowane w niniejszym opracowaniu, zaprojektowane są do pracy w szczególnie trudnych i uciążliwych okolicznościach, jakimi bez wątpienia są warunki panujące w kopalniach odkrywkowych. Przedstawione w artykule przykłady świadczą o tym, że wszystkie duże światowe firmy i grupy kapitałowe pracują nad maszynami górniczymi o pełnej autonomiczności ich pracy.

6. Spis skrótów

DQPSK - Differential Quaternary Shift Keying
ETSI - European Telecommunications Standardisation Institute
FDMA - Frequency Division Multiple Access
MPT - Ministry of Post and Telecommunications
PMR - Private Mobile Radio
SCK – Static Cipher Key
TETRA - TERrestrial Trunked Radio

Literatura

1. <http://www.itpartners.com.pl/tetra.html>
2. <http://itpedia.pl/index.php/TETRA>
3. http://www.tetraassociation.com/Library/Documents/TETRA_Resources/Library
4. <http://tetraforum.pl>
5. <http://www.dista.com.pl/distapl/tetra.html>
6. <http://www.kopalnia.vel.pl>
7. <http://www.brandnews.pl>
8. <http://www.surowce.e-bmp.pl>

Mgr Magdalena Mrozowska
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
30-067 Kraków, ul. Gramatyka 10
Tel. (0048) 698881238
e-mail: magdalena.mrozowska@gmail.com