

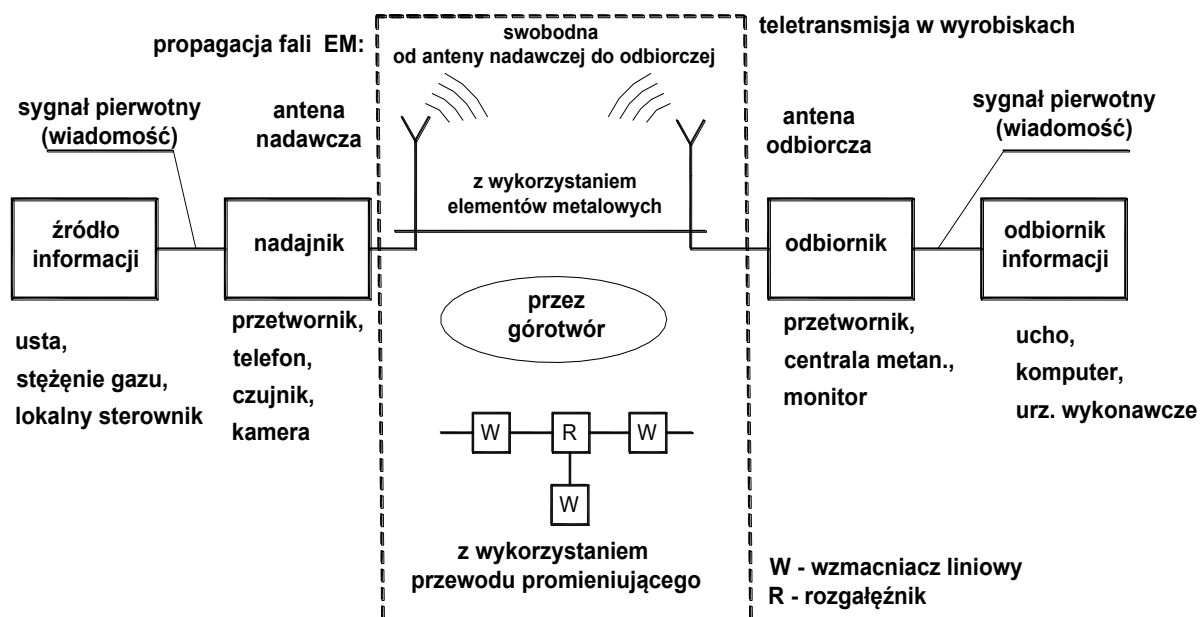
30

SYSTEMY RADIOWE W KOPALNIACH PODZIEMNYCH

30.1 WPROWADZENIE

Stosowane w kopalniach przewodowe systemy telekomunikacyjne nie zapewniają kontaktu z osobami, których charakter pracy związany jest z ich przemieszczaniem się w wyrobiskach. Dla tego typu stanowisk pracy, niezbędne są radiowe systemy telekomunikacyjne. W wielu publikacjach systemy radiowe eksploatowane w kopalniach określa się jako bezprzewodowe. Nie jest to do końca słuszne, ponieważ w dołowych systemach teletransmisyjnych, na dłuższe odległości, w wyrobiskach muszą być stosowane specjalne tory przewodowe dla prowadzenia fal elektromagnetycznych (druć jezdny, przewód promieniujący, liny nośne itp.) [2, 3, 7].

W telekomunikacji, którą definiuje się jako transmisja informacji jakiegokolwiek natury od źródła do jej odbiornika, istotne są nie tylko układy przetwarzające wielkości fizyczne na elektryczne, lecz również środowisko biorące udział w propagacji sygnału elektrycznego na tej drodze, co schematycznie przedstawiono na rys. 30.1.



Rys. 30.1 Sposoby transmisji wiadomości (propagacji fali elektromagnetycznej) w wyrobiskach

30.2 OGRANICZENIA ŚRODOWISKOWE DLA SYSTEMÓW RADIOWYCH W KOPALNIACH PODZIEMNYCH

Środowisko techniczne podziemnych zakładów górniczych stwarza wiele ograniczeń dla systemów radiowych eksploatowanych w kopalniach. Ograniczenia te zestawiono w tabeli 30.1 [10].

Tabela 30.1 Podstawowe ograniczenia w stosowaniu systemów telekomunikacyjnych w wyrobiskach podziemnych

Ograniczenie	Charakterystyka
Przeciwybuchowość	W kopalniach zagrożonych wybuchem metanu urządzenia dołowe oraz interfejsy dołowe powierzchniowych systemów telekomunikacyjnych powinny być przeciwybuchowe umożliwiające ich pracę w dowolnej koncentracji metanu.
Stopień ochrony obudowy	Z uwagi na wilgotność, zasolenie i obecność pyłów urządzenia telekomunikacyjne powinny posiadać stopień ochrony obudowy minimum IP54.
Struktura wyrobisk	Małe poprzeczne wymiary wyrobisk korytarzowych (kilka metrów) w stosunku do ich wymiarów podłużnych (do kilku kilometrów); ich rozległość oraz konieczność stosowania drzewiastej struktury sieci teletransmisyjnych.
Środowisko elektromagnetyczne	W wyrobiskach występuje duże nagromadzenie (w ograniczonych przestrzeniach) sieci i urządzeń elektroenergetycznych o dużych mocach; sieci telekomunikacyjne oraz elektroenergetyczne na długich odcinkach są prowadzone równolegle w niewielkiej odległości ograniczonej wymiarami poprzecznymi wyrobisk.
Ograniczona ciągłość zasilania urządzeń radiokomunikacyjnych z dołowej sieci elektroenergetycznej	Ciągłość zasilania urządzeń dołowych jest ograniczona przez: <ul style="list-style-type: none"> • planowe wyłączenia w sieci elektroenergetycznej (np. naprawy, przeglądy), • nieplanowe wyłączenia wywołane zadziałaniem zabezpieczeń elektroenergetycznych oraz metanometrycznych, • okresowe testowanie układów wyłączeń urządzeń elektroenergetycznych. Przekroczenie progu alarmowego metanomierza powoduje automatyczne wyłączenie energii elektrycznej w danym rejonie wentylacyjnym. Dlatego systemy radiokomunikacyjne powinny być zasilane centralnie z powierzchni (napięciem iskrobezpiecznym) lub posiadać autonomiczne źródła zasilania (bateria, akumulator).
Ograniczenie mocy urządzeń radiowych	Moce urządzeń nadawczych nie mogą powodować przypadkowego odpalenia zapalników materiałów wybuchowych, co jest związane z małą odległością przewodowych obwodów strzałowych od urządzeń nadawczych w wyrobiskach

30.3 MEDIA TRANSMISYJNE SYGNAŁÓW RADIOWYCH W WYROBISKACH

Cechą charakterystyczną radiokomunikacji w wyrobiskach jest ograniczone zastosowanie propagacji swobodnej fal elektromagnetycznych na większe odległości. Ze względu na duże tłumienie górotworu i trudne do określenia odbicia fal od ociosów (łuków ŁP), propagacja ta jest możliwa tylko na kilkadziesiąt metrów. Tak więc w kopalnianych systemach radiokomunikacyjnych jako medium teletransmisyjne wykorzystuje się [3, 5, 6]:

- propagację swobodną (z widzialnością optyczną) fal elektromagnetycznych, które zgodnie z Rozporządzeniami Rady Ministrów i Ministra Transportu [8, 9] mogą być użytkowane bez tzw. pozwolenia radiowego Urzędu Komunikacji Elektronicznej w pasmach:
 - PR27; tzw. CB radio (pasmo 27 MHz),
 - sieci dyspozytorskich FM (pasma 46-50 MHz, 147-172 MHz, 457-470 MHz),
 - systemy trunkingowe TETRA, DOTRA, (380-395 MHz, 450-462 MHz),
 - PMR446 (cywilne mobilne sieci radiowe z radiotelefonami zakresu 446 MHz),

- 1880-1900 MHz (standard DECT),
- pozostałe pasma niechronione ISM³, w zakresach częstotliwości: 6,7 MHz, 13 MHz, 40 MHz, 433 MHz, 920 MHz, 2,4 GHz, 5,8 GHz, 24 GHz, 61 GHz, 245 GHz itp.,
- standardy IEEE 802.3x sieci komputerowych przewodowych LAN (Ethernet) i bezprzewodowych WLAN (IEEE 802.11x), techniki wykorzystywane w telefonii VoIP⁴ stosowane w tych sieciach,
- standardy pikosieci radiowych np. Bluetooth, ZigBee (IEEE 802.15.1, IEEE 802.15.4),
- propagację przez górotwór (np. GLON – górniczy osobisty nadajnik lokacyjny),
- istniejące metalowe wyposażenie wyrobisk; np. drut ślizgowy trakcji elektrycznej przewodowej DJP, liny nośne naczyń wyciągowych,
- specjalnie instalowane tory przewodowe koncentryczne dla kierunkowej propagacji fal elektromagnetycznych w wybranych wyrobiskach.

30.4 ZASIĘG TRANSMISJI RADIOWEJ W WYROBISKACH

Zasięg łączności bezprzewodowej w wyrobiskach zależy jest od następujących czynników:

- **Mocy nadajnika** oraz skuteczności anteny nadawczej – dla urządzeń radiowych stosowanych w kopalniach wynoszą one z reguły od kilku miliwatów do kilkunastu watów.
- **Czułości odbiornika** (przy jednoczesnej jego odporności na sygnały zakłócające) oraz skuteczności anteny odbiorczej – dla typowych urządzeń radiokomunikacyjnych stosowanych w kopalniach wynoszą one od mikrowata do kilkudziesięciu miliwatów.
- **Tłumienia ośrodka** znajdującego się pomiędzy tymi urządzeniami, czyli środowiska technicznego podziemi kopalni, na które duży wpływ mają: ograniczone poprzeczne wymiary wyrobisk górniczych, ich nieregularne kształty, zawilgocenie, zapylenie, nasycenie wyrobisk urządzeniami metalowymi, rodzaj obudowy wyrobisk, obecność w wyrobisku urządzeń elektroenergetycznych dużej mocy, kabli i przewodów oponowych itp.

Niezależnie od łączności fonicznej, systemy radiokomunikacyjne instalowane w kopalniach, powinny umożliwiać również transmisji danych, zdalne sterowanie maszyn i urządzeń, identyfikację osób i maszyn pracujących w wyrobiskach, przekazywania obrazów z kamer itp.

30.5 PROPAGACJA SWOBODNA

Jeszcze kilkanaście lat temu propagacja swobodna w wyrobiskach podziemnych ograniczała się praktycznie do szybów, w których instalowano stacjonarną antenę kierunkową na zrębie skierowaną w dół (np. radiowy system łączności szybowej typu

³ ISM - (ang. *Industrial, Scientific, Medical*); pasma wielu różnych zakresów częstotliwości (od 6,7 MHz do 246 GHz) przeznaczone do zastosowań w przemyśle, nauce i medycynie;

⁴ VoIP – ang. *Voice over Internet Protocol*

RSŁS 98; zakresy: VHF i UHF) oraz zasięgów rzędu kilkunastu metrów, w paśmie 430 MHz do bezprzewodowego sterowania maszyn górniczych (np. RADIAX firmy CARBONEX), czy wiele rozwiązań firmy ELSTA z Wieliczki [5, 6]. Systemy te tworzą: nadajniki kombajnisty wyposażone w klawiaturę funkcyjną oraz odbiorniki zlokalizowane w skrzyni aparaturowej kombajnu z wyjściami dwustanowymi do współpracy z elementami wykonawczymi układu sterowania kombajnu.

W ostatnich jednak latach w kopalniach coraz powszechniej wprowadza się urządzenia wykorzystujące standardy bezprzewodowych sieci komputerowych WLAN oraz sieci osobistych niewielkiego zasięgu WPAN. W urządzeniach dołowych stosuje się następujące standardy transmisji bezprzewodowej [1]:

- IEEE 802.11x (WLAN) – bezprzewodowe lokalne sieci komputerowe (potoczna nazwa sieci tej sieci to Wi-Fi) z punktami dostępowymi AP (*Access Point*). Standard ten wykorzystywany jest najczęściej w telefonii bezprzewodowej VoIP⁵.
- IEEE 802.15.x (WPAN). W kopalniach podziemnych pikosieci wykorzystuje się do transmisji danych, łączności fonicznej, a przede wszystkim sterowania maszynami górniczymi (standard Bluetooth IEEE 802.15.1⁶, ZigBee IEEE 802.15.4⁷).

W ITI EMAG Katowice uruchomiono radiosterownik kombajnu MAKS DBC, jako urządzenie łączności fonicznej, sterowania kombajnem i jego monitoringu na lokalnym ciekłokrystalicznym wyświetlaczu kombajnisty. W rozwiązaniu stosuje się moduł radiowy Bluetooth. Oprócz funkcji sterowniczych, zapewniona jest dodatkowo komunikacja głosowa pomiędzy kombajnistami, dwukierunkowa transmisja danych on-line pomiędzy nadajnikiem kombajnisty, a odbiornikiem na kombajnie. Dzięki czemu jest możliwa również wizualizacja wybranych parametrów kombajnu na wyświetlaczu nadajnika sterowniczego. System umożliwia również transmisję tych danych do dyspozytorni zakładowej (w kablach typu TKG).

Dla sieci bezprzewodowych energooszczędnych, a więc takich, w których zasadnicze znaczenia ma wielkość zużycia energii elektrycznej przez urządzenia radiowe opracowano standard potocznie określany jako ZigBee. Jest on m.in. wykorzystywany w wielu systemach bezprzewodowej transmisji np.:

- system EH-PressCater monitorowania podporności ciśnienia w stojakach obudowy zmechanizowanej firmy Elgór-Hansen,
- systemie łączności i lokalizacji osób MineTracer amerykańskiej firmy Ventura [12].

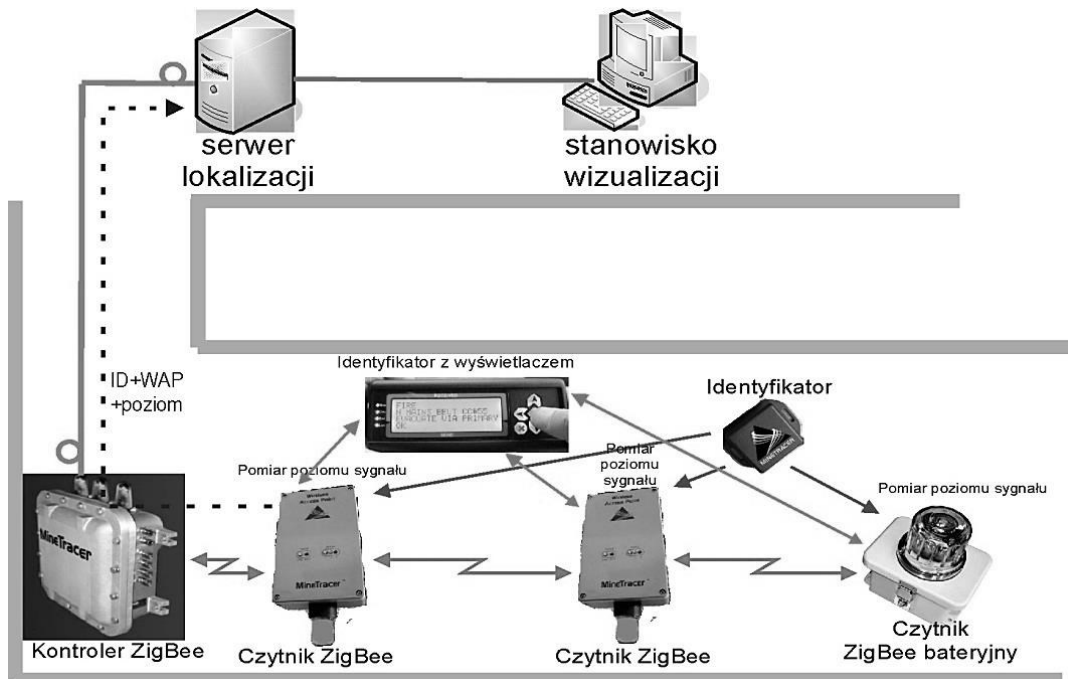
Baterie zasilające przenośne czytniki ZigBee są ładowane (wymieniane) co kilka miesięcy. W systemie MineTracer (rys. 30.2) do osobistych identyfikatorów górnika posiadających wyświetlacz można nadać krótkie informacje tekstowe (SMS). Lokalizacja wszystkich urządzeń radiowych górników jest przedstawiana na dole lub powierzchni

⁵ WLAN (ang. *Wireless Local Area Network*). Należy jednak zwrócić uwagę, że bezprzewodowa telefonia VoIP jest częścią łańcucha telekomunikacyjnego, którego fragmentem jest także telefonia przewodowa VoIP

⁶ Siny ząb. Nazwa technologii pochodzi od króla duńskiego Haralda Sinozębego, który przyczynił się do zjednoczenia plemion Danii i Norwegii. Podobnie Bluetooth „jednoczy” różne technologie np.: komputery, telefonię, aparaty.

⁷ W potocznym tłumaczeniu to „zygzakowaty szlak (droga) pszczoł”.

na stanowisku dyspozytorskim. Na rys. 30.2 przedstawiono uproszczoną strukturę tego systemu jaka jest stosowana w kopalniach USA.



Rys. 30.2 Schemat blokowy system łączności radiowej wykorzystującego standard ZigBee

Transmisja danych z widzialnością optyczną jest również zastosowana w niektórych bezprzewodowych czujnikach monitorowania parametrów atmosfery kopalnianej. Czujnik wiszący z reguły pod stropem lub w innym trudno dostępnym miejscu, transmituje dane pomiarowe do przetwornika i monitora, które są zawieszane w miejscach widocznych dla załogi pracującej w tym rejonie. Powszechnie stosuje się również kalibratory do bezprzewodowego (433 MHz) skalowania czujników, bez konieczności ich opuszczania (np. metanomierza CSM-1, czujnika stężenia tlenu typu CSO-1, tlenku węgla CSCO-1).

Propagacja swobodna dla bardzo małych zasięgów jest także wykorzystywana w systemach identyfikacji i rejestracji przebiegu pracy elementów maszyn górniczych (np. sekcji obudowy zmechanizowanej (rys. 30.3)).



Rys. 30.3 Transponder TRID-01 dla elementów sekcji obudowy (ELSTA)

30.6 PROPAGACJA PRZEZ GÓROTWÓR

Jest ona wykorzystywana do lokalizacji osób zasypanych w wyrobiskach. Parametry elektryczne górotworu (rezystywność) wywołują dość duże tłumienie fal elektromagnetycznych, co praktycznie eliminuje propagację przez górotwór fal o wyższych częstotliwościach. Lampy wszystkich górników pracujących w kopalniach są wyposażone najczęściej w stale pracujące „urządzenia nadawcze” GLON⁸, czyli generator (4,1 kHz do 5,8 kHz), zasilany z akumulatora lampy górnika. Urządzenie wykorzystywane jest przede wszystkim w czasie prowadzenia akcji ratowniczych poszukiwań zasypanych górników (z wykorzystaniem przez ratowników specjalnego odbiornika określającego przybliżony kierunek i odległość do zasypanej lampy górnika), a także nielegalnej kontroli jazdy górników na przenośnikach. Czas autonomicznej pracy tego nadajnika pod ziemią wynosi ponad 7 dni.

30.7 LINIE TRANSMISYJNE KIERUNKOWE

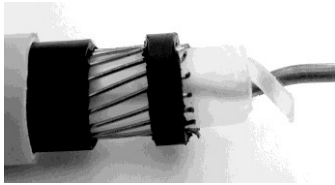
W dołowej trakcji elektrycznej przewodowej dla potrzeb łączności radiowej (do transmisji sygnałów w.cz.) wykorzystuje się przewód jezdny. Radiotelefony długofalowe typu TRG pracują na częstotliwościach 100 i 120 kHz. Dostosowanie sieci trakcyjnej dla potrzeb łączności radiowej polega na instalacji na wszystkich odpływach z drutu jezdnego (lampy oświetleniowe, transparenty, zwrotnice) dławików zaporowych. Na dopływach ze stacji zasilających elektroenergetycznych instaluje się równoległe obwody rezonansowe LC dostrojone do częstotliwości nośnej radiotelefonów. Granice zasilania przewodu jezdnego z różnych stacji prostownikowych eliminuje się przez tworzenie dróg obejściowych dla sygnału w.cz. (w kablach telekomunikacyjnych) z wykorzystaniem układów transformatorowych.

W szybach, dla transmisji sygnału w.cz. wykorzystuje się liny nośne naczyń wyciągowych. Telefony szybowe (np. TS32/65 lub system łączności i sygnalizacji szybowej typu ECHO) sprzężone są z linią nośną naczyń wydobywczego za pośrednictwem transformatorów z magnetowodem ferrytowym. Układy nadawczo-odbiorcze radiotelefonów (pracujących na częstotliwościach 32,8 kHz lub 65,6 kHz dla fonii oraz od 225 kHz do 375 kHz dla transmisji sygnalizacji szybowej) sprzęga się z liniami nośnymi za pośrednictwem transformatora z magnetowodem ferrytowym. Sprzęgacze te montuje się pod kołem linowym na wieży szybowej i na zawieszaniu klatki szybowej.

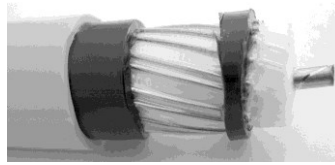
30.8 SYSTEMY RADIOWE Z PRZEWODEM PROMIENIUJĄCYM

Systemy radiokomunikacyjne wykorzystujące do transmisji fali elektromagnetycznej w wyrobiskach przewód koncentryczny z nieuszczelnym oplotem są eksploatowane we wszystkich kopalniach rud miedzi oraz w większości kopalń węgla. Przykładowe konstrukcje przewodu promieniującego zostały przedstawione na rys. 30.4.

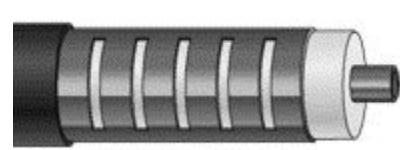
⁸ GLON - skrót od słów: górniczy lokacyjny osobisty nadajnik



Kabel RCF (rys. a)



Kabel VLFC-IS (b)



Kabel RLK (c)

Rys. 30.4 Kable promieniujące

Źródło: fot. własna a, b, - c [12]

Działanie przewodów promieniujących, to współistnienie dwóch rodzajów propagacji w przewodzie współosiowym [4]:

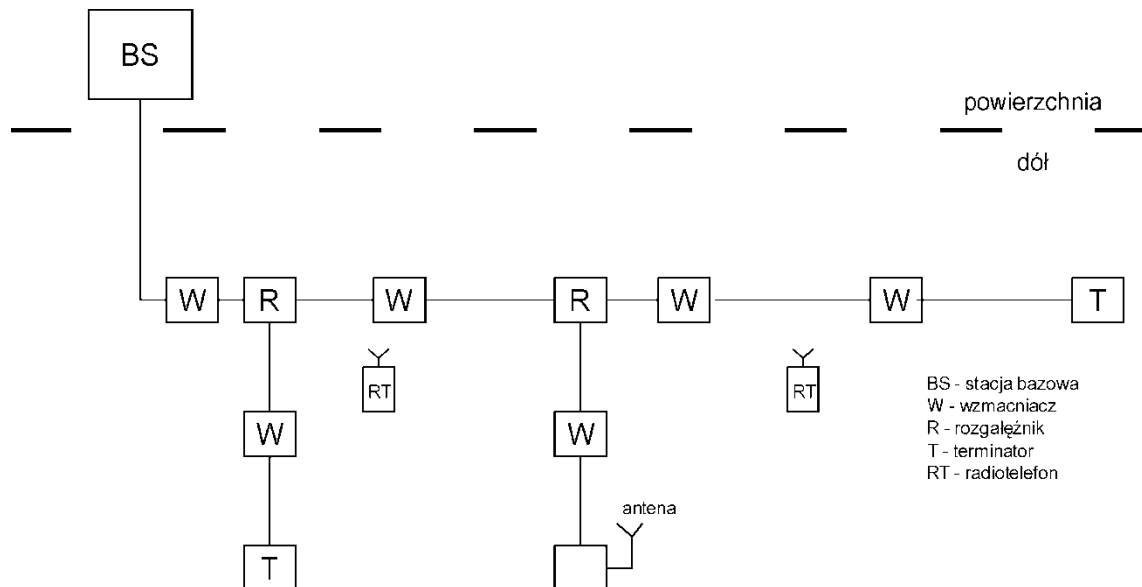
- bifilarnej (pomiędzy przewodem wewnętrznym i zewnętrznym) – odgrywa ona główną rolę w przenoszeniu sygnału wzdłuż kabla,
- monofilarnej (pomiędzy przewodem i ziemią); umożliwiającą sprzężenie radiotelefonu ruchomego z tym przewodem.

Obydwa rodzaje propagacji podlegają wzajemnej konwersji. Dla kompensacji strat w przewodzie promieniującym, co kilkaset metrów stosowany jest wzmacniacz antenowy (W).

Kabel promieniujący zawiera żyłę wewnętrzną miedzianą, najczęściej w postaci drutu, izolację z tworzywa sztucznego litego (rys. 30.4c), spienionego (30.4b) lub izolację powietrzno-dielektryczną (rura z tworzywa sztucznego przylegająca do żyły zewnętrznej uzupełniona spiralnym elementem utrzymującym żyłę wewnętrzną w środku rury – rys. 30.4a), żyłę zewnętrzną w postaci obwoju z taśmy z odpowiednimi perforacjami, oplot lub obwoju z drutów o odpowiednio małej gęstości optycznej (rys. 30.4a, 30.4b). Niekiedy żyła zewnętrzna z taśmy miedzianej jest falowana. Powłoka zewnętrzna z tworzywa sztucznego (powinna być trudnopalna) chroniąca wnętrze kabla od wilgoci. Niekiedy powłoka ta zawiera 2 warstwy (rys. 30.4a) [4].

Rozległość takiej sieci kablowej, instalowanej najczęściej na kilku poziomach eksploatacyjnych, sięga nawet kilkudziesięciu kilometrów (kopalnie rud miedzi). Wszystkie tak uruchomione w kopalniach instalacje łączności radiowej, z uwagi na ukształtowanie wyrobisk, mają strukturę drzewiastą, przedstawioną na rys. 30.5 [4].

W stacji bazowej (BS) instaluje się pary radiotelefonów stacjonarnych po jednym dla każdego kanału. Jeden radiotelefon pracuje jako odbiornik (f_1) a drugi jako nadajnik (f_2). Oba radiotelefony są sprzężone odpowiednim interfejsem. Radiotelefony w tym systemie pracują zawsze na dwóch częstotliwościach radiowych. Radiotelefon ruchomy (RT rys. 30.5) nadaje na częstotliwości f_1 , Jego sygnał jest odbierany przez radiotelefon odbiorczy stacji bazowej, a sygnał akustyczny jest przekazywany do radiotelefonu nadawczego. Radiotelefon nadawczy nadaje na częstotliwości f_2 , która jest wprowadzana do przewodu promieniującego. Sygnał o częstotliwości f_2 jest odbierany przez wszystkie radiotelefony pracujące na kanale odbiorczym wykorzystującym częstotliwość f_2 . W systemie tym każdy kanał radiowy przyporządkowuje się dla konkretnego zastosowania (np. grupa radiotelefonów dla przewozu, dozoru, szybów).



Rys. 30.5 Schemat systemu radiokomunikacji z przewodem promieniującym

W systemie trankingowym sterownik systemu przyporządkowuje wolny kanał radiowy dla konkretnego celu. Dla funkcjonowania systemu trankingowego niezbędny jest kanał sterujący (cyfrowy). W kopalniach miedzi wykorzystuje się otwarty standard analogowego systemu trankingowego typu MPT 1327 (system DOTRA) [11].

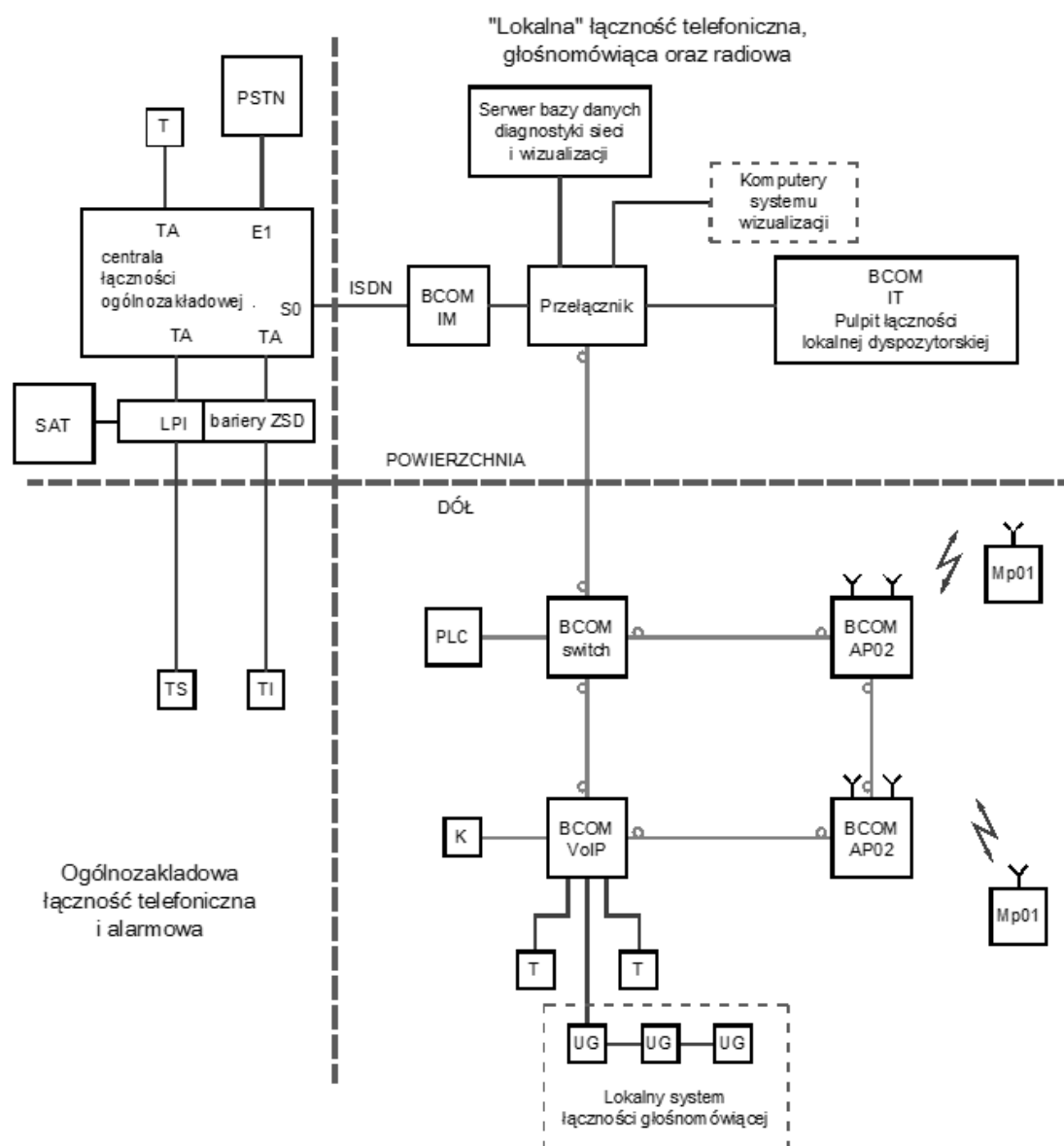
30.9 SYSTEMY WYKORZYSTUJĄCE BEZPRZEWODOWE SIECI KOMPUTEROWYCH (WLAN)

W ostatnich latach bardzo intensywnie prowadzone są również prace z systemami radiokomunikacyjnymi wykorzystującymi bezprzewodowe sieci komputerowe (WLAN). Realizacja tego rozwiązania wykorzystuje standard IEEE 802.11x bezprzewodowych sieci komputerowych w pasmach 2,4 i 5 GHz. W wyrobiskach górniczych instaluje się sieci punktów dostępowych (AP) tworzących bezprzewodową sieć komputerową dostępną dla urządzeń przenośnych (przewoźnych) w zakresie transmisji głosu (telefonii VoIP) i danych technologicznych z samojezdnych maszyn i urządzeń górniczych. Aktualnie w kilku kopalniach zrealizowano wiele tego rodzaju instalacji wykorzystujących do transmisji sygnałów sieci komputerowe z protokołami IP. W kopalniach JSW SA. eksploatowane są najczęściej systemy BCOM⁹ firmy Becker. W systemach tych wykorzystywane są następujące urządzenia rys. 30.6 [2, 12]:

- Przełącznik BCOM SWITCH8 z ośmioma ethernetowymi portami światłowodowymi.
- Bramka VoIP typu BCOM-VoIP z ethernetowymi portami światłowodowymi i portami dla telefonów analogowych.
- Punkt dostępowy typu BCOM-AP02 z ethernetowymi portami światłowodowymi i dwoma kartami WLAN (802.11 a/b/g) z możliwością pracy w pasmach 2,4 GHz i 5 GHz.

⁹ BCOM – Becker Communication

- Telefon bezprzewodowy VoWLAN¹⁰ typu BCOM Phone MP01 wykorzystujący protokół SIP¹¹.



Rys. 30.6 Schemat blokowy systemu BCOM firmy BECKER

Wymienione elementy (z wyjątkiem telefonu) przystosowane są do pracy w sieciach światłowodowych, a porty światłowodowe są certyfikowane jako przeciwybuchowe op is , co pozwala na ich stosowanie w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem.

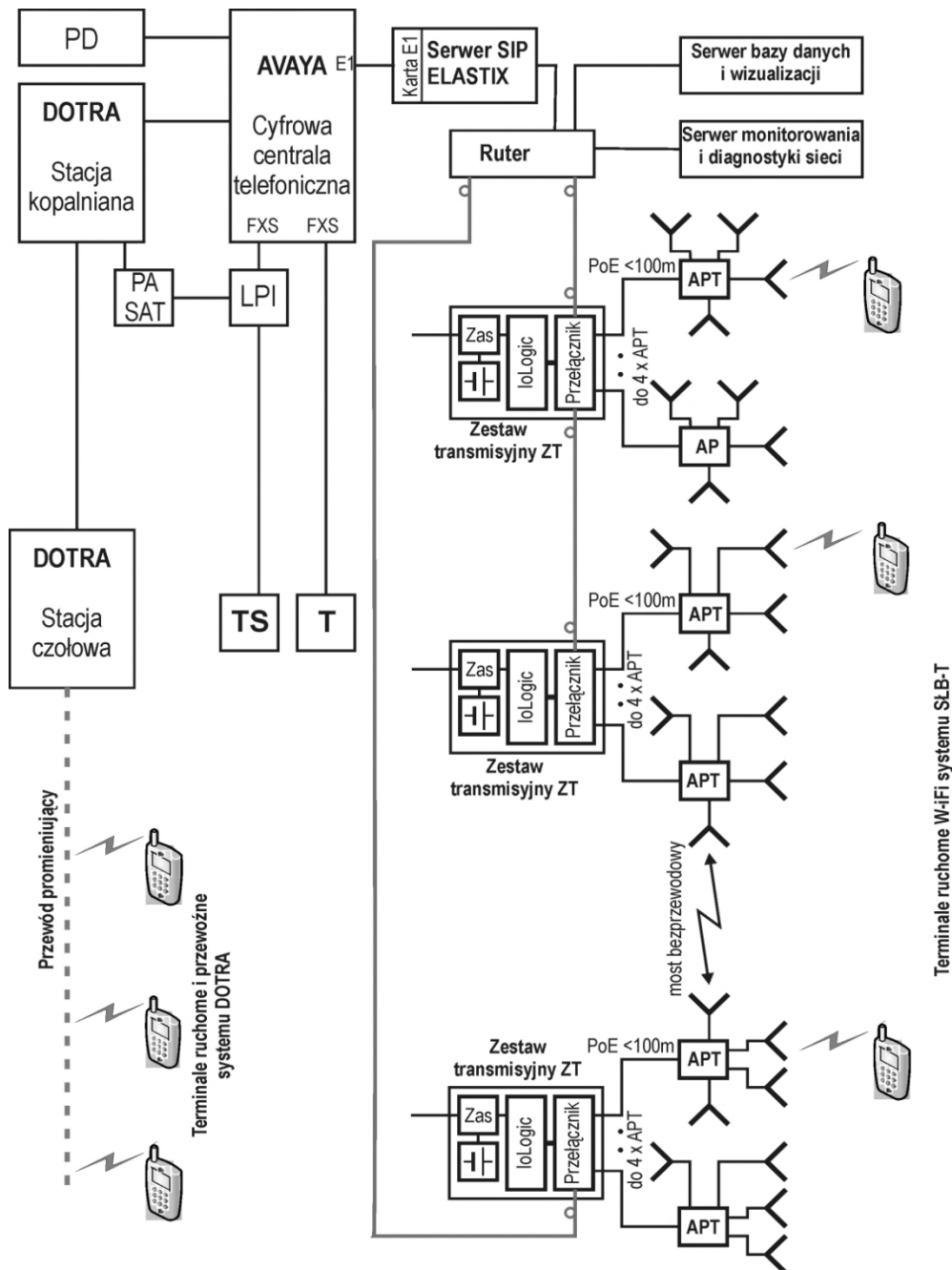
Aktywne urządzenia światłowodowe takie jak przełączniki, bramki VoIP, czy punkty dostępowe, są połączone parami włókien światłowodowych tworząc sieć o

¹⁰ ang. *Voice over Wireless Local Area Network* – wykorzystanie bezprzewodowej sieci komputerowej (wg standardu 802.11) do transmisji rozmów telefonicznych

¹¹ SIP - ang. *Single Initiation Protocol* – jeden z protokołów używanych w telefonii VoIP

strukturze zależnej od struktury przestrzennej kopalni oraz od rozmieszczenia sterowników (PLC rys. 30.6) urządzeń dołowych, które mają być monitorowane, telefonów dołowych (T) oraz urządzeń łączności głośnomówiącej (UG).

System ten zapewnia łączność (realizowaną w technologii VoIP) pomiędzy urządzeniami dołowymi: telefonami analogowymi (T), telefonami przenośnymi VoIP (Mp01), urządzeniami głośnomówiącymi (UG), a pulpitemi łączności dyspozytorskiej (BCOM-IT) w dyspozytorniach zakładowych na powierzchni.



Rys. 30.7 Schemat blokowy systemu SŁB-T w powiązaniu z systemem łączności telefonicznej (AVAYA), alarmowej (SAT) oraz systemem łączności radiowej DOTRA.

IoLogic – moduł kontrolno-pomiarowy, Zas – zasilacz, APT – punkt dostępowy, T – telefon, TS – telefon sygnalizator, LPI – bariera systemu SAT, PD – pulpit dyspozytorski centrali AVAYA, PA SAT – pulpit alarmowy systemu SAT

Serwer SIP (BCOM IM) może być również wyposażony w interfejs (w tym przypadku ISDN S0) dla połączenia z centralą telefoniczną, co umożliwia połączenie abonentów telefonii VoIP z abonentami centrali telefonicznej ogólnozakładowej.

W kopalniach rud miedzi przeprowadzono pomyślne próby z systemem łączności bezprzewodowej typu SŁB-T firmy TIMLER z Nowego Sącza (rys. 30.7). System ten składa się z:

- Stojaka urządzeń stacyjnych systemu zawierającego między innymi: router, serwer SIP, serwer monitorowania i diagnostyki i stanowiska nadzoru nad systemem (komputer systemu wizualizacji).
- Punktów dostępowych (APT), zapewniających dostęp do wydzielonej sieci Ethernet za pomocą bezprzewodowego nośnika transmisyjnego. Punkt dostępowy jest również „mostem” łączącym sieć WLAN z siecią LAN. Posiada on dwa interfejsy sieciowe: bezprzewodowy (Wi-Fi) i przewodowy (Ethernet).
- Punktów węzłowych (nazywanych przez Producenta zestawami transmisyjnymi ZT) wyposażonych między innymi w przełącznik z portami światłowodowymi, moduł kontrolno-pomiarowy z wejściami cyfrowymi, zasilacz prądu stałego 24 V z podtrzymaniem bateryjnym i sterownikiem ładowania baterii, zasilacz PoE¹². Moduł kontrolno-pomiarowy jest wykorzystywany do monitorowania stanu zasilania zestawu transmisyjnego ZT (zasilanie główne, zasilanie bateryjne, błąd ładowania baterii, bateria rozładowana). Do zestawu transmisyjnego ZT można przyłączyć kablem FTP do 4 punktów dostępowych APT. Zasilanie APT jest zrealizowane kablem FTP jako PoE.
- Telefonów VoIP zainstalowanych np. na maszynach samojezdnych.

Zestawy transmisyjne ZT są włączone do dołowej światłowodowej sieci teletransmisyjnej. Na serwerze SIP jest uruchomione oprogramowanie ELASTIX.

30.10 WNIOSKI

Rozległość wyrobisk podziemnych, ciągła zmiana frontów eksploatacyjnych, tras odstawy urobku, dostaw materiałów, a także sposób przemieszczania się załogi w wyrobiskach, wymagają stosowania, w wielu rejonach radiowych systemów telekomunikacyjnych które:

- poprawiają organizację pracy, skracają czas usuwania awarii, a także w znaczny sposób przyspieszają stosowne reakcje na zakłócenia w pracy urządzeń,
- podnoszą stan bezpieczeństwa ludzi dzięki bezprzewodowej łączności indywidualnej, grupowej oraz możliwości lokalizacji użytkownika lub maszyny,
- umożliwiają szybki kontakt z górnikami co znacznie usprawnia wycofanie załogi w przypadku wystąpienia zagrożenia.

Dotychczasowe doświadczenia przy wdrażaniu w kopalniach radiowych systemów łączności z przewodem promieniującym oraz systemów wykorzystujących standardy

¹² PoE - ang. *Power over Ethernet*

dedykowane dla sieci komputerowych standardu IEEE 802.x jak np. LAN, WLAN, WPAN są bardzo obiecujące i obecnie w tym kierunku będzie zmierzał rozwój telekomunikacji górniczej.

LITERATURA

1. P. Gajewski, S. Wszelak, Technologie bezprzewodowe sieci teleinformatycznych. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa, 2008.
2. K. Miśkiewicz, A. Wojaczek, P. Wojtas, Systemy dyspozytorskie kopalń podziemnych i ich integracja. Wybrane problemy. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2011.
3. K. Miśkiewicz, A. Wojaczek, Systemy radiokomunikacji z kablem promieniującym w kopalniach podziemnych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice, 2010.
4. K. Miśkiewicz, A. Wojaczek, Analiza możliwości odpalenia zapalników elektrycznych przez system radiokomunikacyjny z kablem promieniującym w kopalniach podziemnych. Przegląd Telekomunikacyjny, Wiadomości Telekomunikacyjne 2013, nr 6.
5. K. Miśkiewicz, A. Wojaczek, Nowe rozwiązania systemów radiokomunikacyjnych dla kopalń podziemnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Górnictwo. Gliwice, 2006, zeszyt 274.
6. K. Miśkiewicz, A. Wojaczek, Wybrane problemy radiokomunikacji w podziemiach kopalń. Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne 2009 nr 6.
7. Monitoring wybranych procesów technologicznych w kopalniach podziemnych. Praca zbiorowa pod red.: A. Wojaczek, A. Dyczko, Wydawnictwo Katedry Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa Politechniki Śląskiej. Gliwice, 2015.
8. RMT 2007. Rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 3 lipca 2007 r. w sprawie urządzeń radiowych nadawczych i nadawczo-odbiorczych, które mogą być używane bez pozwolenia radiowego. Dz. U. z 2007 nr 138, poz. 972.
9. RRM 2005. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 29 czerwca 2005 r. w sprawie Krajowej Tablicy Przeznaczeń Częstotliwości. Dz. U. z 2005 r. nr 134 poz. 1127.
10. A. Wojaczek, Wpływ środowiska technicznego kopalń podziemnych na transmisję sygnałów w dołowych sieciach telekomunikacyjnych Wyd. Politechniki Śl. Gliwice 2014.
11. A. Wojaczek, Wykorzystanie przewodu promieniującego w systemie lokalizacji pojazdów w kopalniach. Przegląd Górniczy. 2014 nr 1.
12. www.beckerwms.com

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2016
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2016

dr hab. inż. Antoni Wojaczek
Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii
Katedra Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa
ul. Akademicka 2A, 44-100-Gliwice, Polska
e-mail: awojaczek@polsl.pl

mgr inż. Adam Wojaczek
ul. Rymera 177, 44-310 Radlin, Polska
e-mail: adam@wojaczek.net

SYSTEMY RADIOWE W KOPALNIACH PODZIEMNYCH

Streszczenie: Omówiono wybrane systemy radiowe stosowane w zakładach górniczych, w tym przede wszystkim te, które wykorzystują propagację swobodną oraz kierunkową z przewodem promieniującym. Przedstawiono także systemy wykorzystujące standardy sieci WLAN w kopalniach.

Słowa kluczowe: telekomunikacja w górnictwie, radiokomunikacja, przewód promieniujący, sieci bezprzewodowe

UNDERGROUND RADIO COMMUNICATION SYSTEMS

Abstract: Described selected radio systems used in mining, including in particular those that use free propagation and directional one with leaky feeder cable. Also presented systems based on standard WLAN in the mines.

Key words: telecommunications in mining, radio communication, leaky feeder cable, wireless networks