

Kierunki rozwoju systemu radiokomunikacyjnego PORTAS

dr hab. inż. **Antoni WOJACZEK**, prof. PŚ

Politechnika Śląska

mgr inż. **Bartosz JAKÓBIŃSKI**

mgr inż. **Grzegorz GALOWY**

SEVITEL Sp. z o.o., Katowice

TREŚĆ: Uniwersalność podstawowych elementów systemu radiokomunikacyjnego PORTAS, eksploatowanego w kopalniach węglowych już od ponad 15 lat, stoi u podstaw jego ciągłego rozwoju i wykorzystania w innych aplikacjach w telekomunikacji górniczej.

W systemie tym wykorzystywane są dwie częstotliwości nośne: 2,4 GHz (Wi-Fi) oraz pasmo ISM z zakresu 869 MHz. W wyrobiskach dołowych propagacja fal elektromagnetycznych w pasmie ISM jest korzystniejsza niż w pasmie 2,4 GHz, a pobór mocy o wiele mniejszy.

Elementy systemu PORTAS wykorzystywane są obecnie między innymi w radiowym systemie łączności ratowniczej SWAR 2, a także w systemie antykolizyjnym SYBET-PROXIMA stosowanym powszechnie we wszystkich kopalniach rud miedzi. Kierunki rozwoju systemu radiokomunikacyjnego PORTAS opisane w artykule dotyczyć będą między innymi takich rozwiązań jak: logistyka materiałowa, lokalizacja RTLS; łączność radiowa SpellCom przeznaczona dla speleologów i prowadzenia operacji ratowniczych w jaskiniach, z nowymi punktami dostępowymi MiniNodes; łączność radiowa FixCom, wykorzystująca głównie elementy przewodowe sieci radiowej PORTAS, np. w szybie, z nowym radiotelefonem głośnomówiącym gPhon.

SŁOWA KLUCZOWE: łączność radiowa w kopalniach; systemy RFID; pasmo ISM 869 MHz w radiokomunikacji górniczej

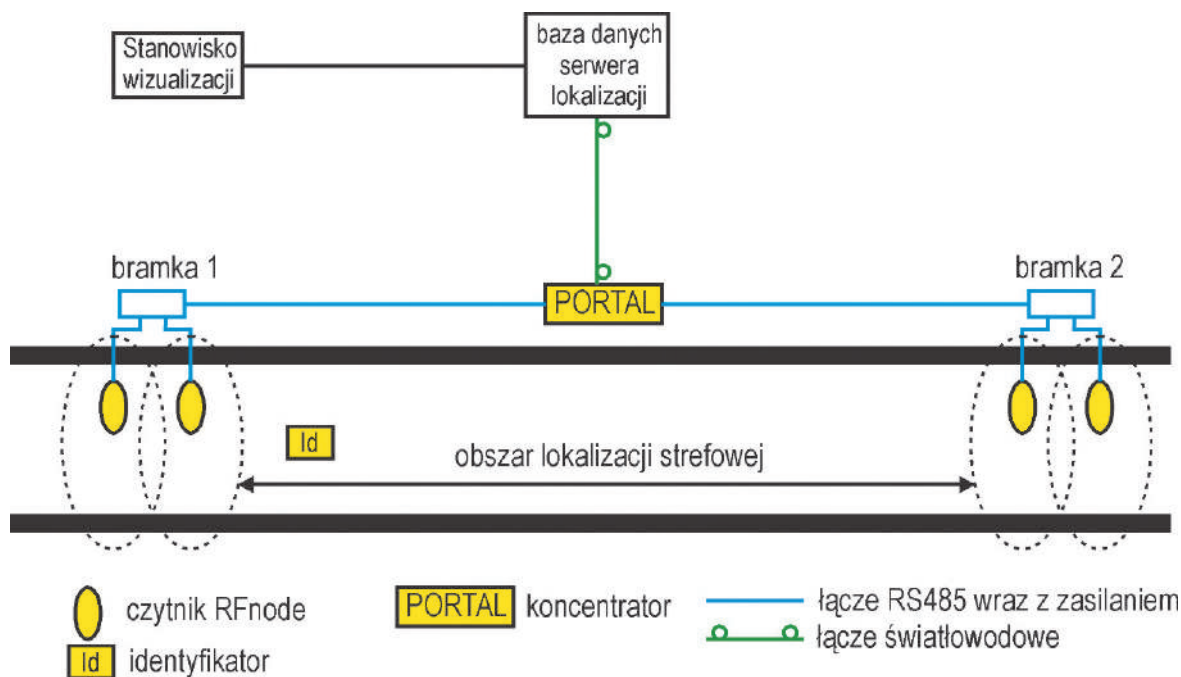
1. Wprowadzenie

Po raz pierwszy zasadnicze elementy współczesnego systemu radiokomunikacyjnego PORTAS zostały zastosowane w 2010 roku w KWK „Pniówek” w aplikacji do identyfikacji i lokalizacji strefowej – RFID (*Radio Frequency Identification*) górników. System nie umożliwiał wtedy łączności fonicznej pomiędzy górnkami, lecz zasadniczą nowością było wykorzystanie niestosowanego dotychczas w polskim górnictwie pasma ISM 869 MHz.

Badania propagacji fal elektromagnetycznych (EM) w specyficznych podziemnych wyrobiskach korytarzowych, o częstotliwościach większych od 300 MHz, a więc w zakresie, w którym długość fali jest znacznie mniejsza od wymiarów poprzecznych wyrobiska, prowadzone w kilku krajach wskazują w przybliżeniu, że wyrobisko podziemne zachowuje się częściowo jak niedoskonały falowód dielektryczny (Finkenzellern, 2003), (Bandyopadhyay, 2010), (Laliberte, 2009), (Worek, Szczurkow-

ski, Kałuski, 2012), a zakres częstotliwości około 1 GHz zapewnia względnie najmniejszą tłumienność fal EM, a więc (potocznie) tzw. „dalszy odbiór” w stosunku do wyższych częstotliwości (np. 2,4 GHz).

Należy zauważyć, że zasięg łączności radiowej w wyrobisku korytarzowym zależy nie tylko od mocy nadajnika, czułości odbiornika (przy jednoczesnej jego odporności na sygnały zakłócające), zysku energetycznego anten nadajnika i odbiornika, a także ich usytuowania w wyrobisku, lecz przede wszystkim od wielkości tłumienia fal elektromagnetycznych przez ośrodki znajdujący się pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem, czyli przez środowisko techniczne kopalni. Na tłumienie to duży wpływ mają: ograniczone poprzeczne wymiary wyrobisk górniczych, ich nieregularne kształty, zawilgocenie, zapylenie, nasycenie wyrobisk metalowymi urządzeniami, rodzaj obudowy wyrobisk, obecność w wyrobisku urządzeń elektroenergetycznych dużej mocy, kabli opancerzonych i przewodów elektroenergetycznych.



► Rys. 1. Lokalizacja strefowa w systemie radiokomunikacyjnym PORTAS

► Fig. 1. Zone location in the PORTAS radio communication system

Zatem do budowy systemu lokalizacji strefowej w KWK „Pniówek” wykorzystano dostępne wtedy na rynku światowym układy elektroniczne przeznaczone dla pasma ISM z zakresu 869 MHz, dostosowując je do specyficznych warunków środowiskowych kopalń podziemnych, przede wszystkim wymogów iskrobezpieczeństwa (Miśkiewicz, Wojaczek 2020).

Iskrobezpieczny system lokalizacji strefowej o firmowej nazwie ARGUS (Tranz-Tel Kobiór) jest stosowany w KWK „Pniówek” od ponad 15 lat. W kopalni tej identyfikatory aktywne zainstalowane są obecnie w około 7000 lamp osobistych górników, czynnych jest prawie 100 bramek wykorzystywanych nie tylko w systemie lokalizacji strefowej załogi, lecz również do logistyki materiałowej, ponieważ kilka lat temu system ARGUS został rozbudowany o system zarządzania transportem materiałów (o firmowej nazwie KAJTO). W tym przypadku stosowane są identyfikatory aktywne bateryjne instalowane na wozach. Dodatkowo uruchomiono infrastrukturę umożliwiającą transmisję danych do stanowisk (powierzchniowych i dołowych) przeznaczonych do zarządzania gospodarką materiałową w kopalni. System ARGUS funkcjonuje także w kopalni tureckiej, estońskiej oraz w Międzyrzeczkim Rejonie Umocnień w Pniewie.

2. Lokalizacja strefowa i logistyka materiałowa

Podstawowa struktura systemu lokalizacji strefowej PORTAS została przedstawiona na rysunku 1 (Miśkiewicz i Wojaczek, 2020).

Jej główne elementy to:

- identyfikatory osobiste górników (zwane często transponderami¹ lub tagami), zainstalowane w lampach górniczych;
- bramki kontroli strefowej, których podstawowymi elementami są czytniki identyfikatorów osobistych górników – RFnode² najczęściej z autonomicznymi układami zasilania (bateriami akumulatorów);
- koncentratory sygnałów radiowych PORTAL;
- miedziana względnie światłowodowa sieć transmisyjna;
- serwery systemu PORTAS zlokalizowane na powierzchni, zwykle w dyspozytorni.

Urządzenia systemu lokalizacji strefowej (bramki kontrolne, sieć teletransmisyjna, koncentratory, serwery) często są też wykorzystywane w logistyce materiałowej, dla potrzeb monitoringu transportu urządzeń i materiałów w kopalni.

Dla potrzeb logistyki materiałowej opracowane zostały uproszczona wersja sondy przewodowej – RFnode (rys. 2a) oraz identyfikator aktywny posiadający własną

¹ Identyfikator jest lepszym określeniem, bo nie zawsze jest on transponderem, czyli urządzeniem nadawczo-odbiorczym. Słowo transponder powstało z połączenia wyrazów: **transmitter** i **responder** (nadawca i odpowiadać). Identyfikator z systemu PORTAS w określonych odstępach czasu tylko nadaje (jednokierunkowo) swoje unikatowe sygnały (np. UltraTAG).

² Czytniki RFnode nazywane są często węzłami radiowymi bramki (koncentratora) PORTAL.

a)



b)



► Rys. 2. Sonda przewodowa RFnode z pojedynczą anteną bez własnej baterii (a), identyfikator aktywny UltraTAG-B z własną baterią litową (b)

► Fig. 2. RFNode wired probe with single antenna without its own battery (a), UltraTAG-B active identifier with its own lithium battery (b)

baterię – UltraTAG-B (rys. 2b). Jest on przystosowany do mocowania np. na kontenerze transportowym. RFnode to sonda przewodowa wyposażona w pojedynczą antenę, służąca do sporadycznego monitoringu identyfikatorów na rozległych obszarach wyrobisk, w których ciągłe śledzenie obiektów w dużym rejonach jest niepraktyczne lub nieekonomiczne.

Urządzenie to oferuje również śledzenie kierunkowe, lecz w przeciwieństwie do ciągłego śledzenia, zapewnianego przez urządzenia WireNode, RFnode przechwytuje kierunek ruchu bez konieczności śledzenia obiektu w czasie rzeczywistym. Jest to ekonomiczniejszy wybór dla obszarów, w których wystarczy znać liczbę urządzeń lub pracowników przejeżdżających przez określone punkty, a nie ich dokładne lokalizacje. RFnode nie jest wtedy wyposażony w akumulator. Jest zasilany przewodowo z koncentratora, do którego został przyłączony. Jako element uzupełniający dla systemu PORTAS oferuje niezbędne możliwości śledzenia kierunkowego w tych wyrobiskach, w których wdrożenie ciągłego śledzenia na dużym obszarze nie jest ekonomicznie uzasadnione. Zapewnia precyzyjną rejestrację kierunku poruszania się identyfikatora w obszarze działania sondy przewodowej RFnode.

3. Łączność radiowa

W kopalniach systemy radiowe należy stosować przede wszystkim w celu porozumiewania się z osobami posiadającymi ruchome stanowiska pracy. Zatem zasadniczym „kamieniem milowym” dalszego rozwoju systemu PORTAS była budowa nowego radiotelefonu osobistego górnika i uruchomienie opcji iskrobezpiecznej łączności fonicznej.

W radiotelefonach systemu PORTAS, o firmowej nazwie mPhone (produkcji firmy Sybet), po raz pierwszy wykorzystano dwie częstotliwości nośne: 2,4 GHz (Wi-Fi) oraz pasmo ISM z zakresu 869 MHz³. Pasmo ISM z zakresu 869 MHz zastosowano dlatego, bo propagacja fal EM w tym zakresie w wyrobiskach jest korzystniejsza (większy zasięg, mniejsze tłumienie pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem) niż stosowane powszechnie

na powierzchni pasmo Wi-Fi. Nie bez znaczenia jest również dużo mniejszy pobór energii przez urządzenia wykorzystujące to pasmo w stosunku do punktów dostępowych i radiotelefonów pracujących w pasmie Wi-Fi.

Od momentu uruchomienia produkcji radiotelefon mPhone podlegał kilkukrotnej modernizacji (rys. 3) w zależności od jego zastosowania w konkretnym systemie radiokomunikacyjnym.

W kopalniach łączność radiowa jest szczególnie potrzebna dla porozumiewania się z osobami:

- obsługującymi urządzenia ruchome (np. maszyny samojezdne, ciągniki kolejek, lokomotywy);
- które nie mają stałego stanowiska pracy, przemieszczającymi się czasowo w wyrobiskach poziomych oraz szybach;
- w wyrobiskach, w których brak jest infrastruktury przewodowej sieci telekomunikacyjnej, czy też w przypadku trudności w utrzymaniu łączności w specyficznych warunkach, np. w ratownictwie górniczym.

Od uzyskania certyfikatu ATEX iskrobezpieczny radiotelefon mPhone stał się podstawowym elementem systemu PORTAS. Spowodowało to, że elementy systemu PORTAS (stosowane dotychczas głównie w systemie identyfikacji) stały się podstawą szerokiego wykorzystania tego systemu w wielu innych aplikacjach.

Obecnie radiotelefony mPhone wykorzystuje się między innymi w systemach:

- **SWAR-2** (System Wspierania Akcji Ratowniczej) – radiowy system łączności ratowniczej (SWAR 2M, SWAR-2EX);
- **RWCS** (*Ruggedized Wireless Communication System*) – radiowy system łączności, alarmowania i transmisji danych. Prototypowy system telekomunikacyjny dla wyrobisk filarowo-komorowych KGHM;
- **SpellCom** – podziemny system komunikacji dla łączności speleologicznej i operacji ratowniczych prowadzonych w jaskiniach;
- **FixCom** – lokalny system łączności radiowej oparty głównie na tzw. „elementach przewodowych” systemu łączności radiowej, np. łączność w szybach.

Oprócz tego zasadnicze elementy systemu PORTAS (np. identyfikatory, koncentratory, czytniki) stosowane są powszechnie (we wszystkich kopalniach KGHM) w systemie antykolidyjnym dla dołowych maszyn samojezdnych typu SYBET-PROXIMA, a także w systemach

³ Zakres zajmowanego pasma częstotliwości radiotelefonu od 869,40 MHz do 869,65 MHz, z kolei szerokość kanału wynosi 250 kHz.



► Rys. 3. Rozwój radiotelefonu mPhone

► Fig. 3. Development of the mPhone radio

logistyki materiałowej. Choć w tych dwóch systemach radiotelefony mPhone nie są koniecznością, są bardzo często wykorzystywane zarówno przez operatorów maszyn samojezdnych, jak i obsługę systemu gospodarki materiałowej, ponieważ korzystają z punktów dostępowych pasma Wi-Fi 2,4 GHz, a radiotelefon mPhone jest dwuzakresowy. Dzięki temu też posiada możliwość wykorzystania tych samych punktów dostępowych struktury światłowodowej kopalni i odpowiednich interfejsów do współpracy z cyfrowymi centralami telefonicznymi łączności ogólnozakładowej każdej kopalni.

4. System antykolizyjny SYBET-PROXIMA

We wszystkich kopalniach rud miedzi stosowany jest ponadto system antykolizyjny SYBET-PROXIMA produkcji firmy Sybet. Podnosi on w znacznym stopniu bezpieczeństwo pracy załogi, w szczególności systemu transportowego. Zabudowa identyfikatorów w lampach

wszystkich górników pracujących w kopalniach KGHM umożliwia również ich wykorzystanie w systemie identyfikacji osób, monitoringu maszyn, gospodarki materiałowej, a także w systemie wspomaganie akcji ratowniczej SWAR-2.

Urządzenia „stacyjne” systemu SYBET-PROXIMA zainstalowane są w około 2200 maszynach samojezdnych KGHM poruszających się w wyrobiskach dołowych. Ich wyposażenie to: moduł wyświetlacza, moduł anteny instalowany na zewnątrz na obudowie maszyny samojezdnej oraz identyfikator radiowy UltraTAG-B 869 MHz (rys. 4), jako identyfikator własny pojazdu.

Wyposażenie każdego górnika pracującego w kopalni to identyfikator osobisty (869 MHz) zasilany z lampy górniczej. Inne przeszkody w wyrobiskach zagrażające kolizji (np. niektóre duże urządzenia górnicze czy elektryczne) wyposażane są w identyfikatory aktywne bateryjne (UltraTAG-B 869 MHz).



► Rys. 4. Widok urządzenia antenowego (a) oraz wyświetlacza z panelem kontrolno-sterującym i identyfikatorem aktywnym UltraTAG-B w kabinie maszyny samojezdnej w KGHM

► Fig. 4. View of the antenna device (a) and the display with the control panel and the UltraTAG-B active identifier in the cabin of the self-propelled machine at KGHM

Urządzenia pomocnicze systemu antykolizyjnego to: nadajnik kalibracyjny, punkty dostępowe (urządzenia WireNode) oraz serwer (laptop z aplikacją PROXIMA). System ten wykorzystuje dwa zakresy częstotliwości: UHF 869 MHz oraz 2,4 GHz dla komunikacji z punktami dostępowymi. Szerszy opis SYBET-PROXIMA dostępny jest w literaturze (Wojaczek, Galowy i Jakóbiński, 2024).

5. System radiokomunikacyjny SpellCom

System radiokomunikacyjny SpellCom to rozwinięcie systemu PORTAS. Został on zaprojektowany dla łączności radiowej osób wykonujących zadania w jaskiniach i innych podobnych środowiskach. Zapewnia niezawodną łączność radiową oraz transmisję danych podczas eksploracji jaskiń, a w szczególności w czasie prowadzenia w nich operacji ratowniczych. System wykorzystuje specyficzną tzw. „samokonfigurowalną” sieć mesh utworzoną przez punkty dostępowe MiniNodes (miniwęzły) i radiotelefony mPhone (rys. 5), które łączą się z siecią mesh, ułatwiając komunikację indywidualną i grupową z eksploratorami jaskiń, a także śledzenie ich lokalizacji przez osoby nadzoru znajdujące się na powierzchni, w pobliżu wejścia do jaskini (np. ratownikami).

MiniNodes (rys. 5) stanowi uproszczoną wersję BatNode o bardzo lekkiej masie (250 g), ułatwiającej transport, i o dużej autonomii zasilania baterijnego (do 3 dni). Jest on zasadniczym elementem sieci kratowej mesh. Radiotelefon mPhone, przedstawiony na rysunku 5, ma dołączony specjalny walcowy pojemnik, który może pomieścić typowe baterie wykorzystywane przez speleologów przy penetracji jaskiń.

Centralne sterowanie systemu SpellCom zapewnia laptop z odpowiednim oprogramowaniem, umożliwiający kierownikowi ratownictwa jaskiniowego monitorowanie operacji, śledzenie pozycji ratowników i utrzymywanie łączności fonicznej. Może on w prosty sposób zwiększyć swój czas działania, uruchamiając opcję częściowego nadzoru sieci, z tzw. „trybem za-



► Rys. 5. Radiotelefon mPhone wyposażony w dodatkowy, specjalny pojemnik na baterie i węzeł MiniNodes sieci mesh radiowego system komunikacji SpellCom dla łączności speleologicznej

► Fig. 5. The mPhone radio is equipped with an additional, special battery compartment and a MiniNodes node of the SpellCom radio mesh communication system for speleological communication

trzymania” w celu oszczędzania baterii, wydłużając swoją pracę z około 3 dni do nawet 3 miesięcy. Dzięki oprogramowaniu SpellCom użytkownicy zyskują opcje śledzenia lokalizacji radiotelefonów w czasie rzeczywistym, monitorowania baterii i kompleksowego zarządzania siecią radiową.

6. System radiokomunikacyjny FixCom

FixCom to system radiokomunikacyjny wykorzystujący przede wszystkim elementy przewodowe systemu PORTAS. W warunkach środowiskowych kopalń podziemnych i innych wyrobiskach (np. tunelach) może mieć wiele różnych zastosowań. Zbudowany jest głównie z węzłów WireNode tworzących lokalną sieć radioko-



► Rys. 6. System FixCom z dwuzakresowym głośnomówiącym radiotelefonem gPhone

► Fig. 6. FixCom system with dual-band hands-free gPhone radio

munikacyjną. Sieć można łatwo skalować, dodając lub usuwając węzły WireNode w zależności od potrzeb, co zapewnia dużą elastyczność dla różnych zastosowań.

FixCom można zintegrować z innymi systemami łączności radiowej stosowanymi w danym przedsiębiorstwie, wykorzystującymi kompatybilne technologie. W tych przypadkach elementy BatNode z systemu PORTAS mogą rozszerzyć istniejącą sieć na nowe obszary bez dodatkowej infrastruktury.

System FixCom składa się z następujących elementów (rys. 6):

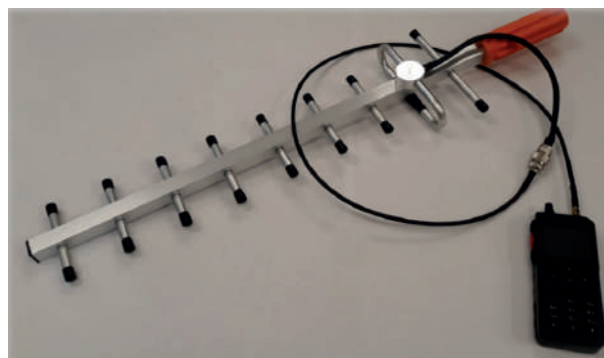
- **WireNode** – przewodowy (stały) moduł nadawczo-odbiorczy zapewniający ciągłą komunikację, a także lokalizację maszyn i personelu;
- **mPhone** – radiotelefon dwuzakresowy;
- **WireRepeater** (opcjonalnie) – przewodowe urządzenie nadawczo-odbiorcze przeznaczone do rekonstrukcji sygnału cyfrowej sieci radiowej;
- **gPhone** (opcjonalnie) – telefon „stacjonarny głośnomówiący dwuzakresowy” możliwy do instalacji w wybranych stałych punktach sieci radiokomunikacyjnej FixCom.

Dwuzakresowy (ISM 869 MHz i Wi-Fi 2,4 GHz) radiotelefon głośnomówiący gPhone może być szczególnie przydatny do instalacji w „stałych” miejscach lokalnych sieci radiowych, np. na stanowisku maszynisty maszyny wyciągowej, w transporcie przodkowym w maszynach samojezdnych, ciągnikach kolejek itp.

7. System wspierania akcji ratowniczych SWAR-2

System wspierania akcji ratowniczych SWAR-2 stanowi kolejne rozwinięcie radiowego systemu telekomunikacyjnego PORTAS. Zbudowany jest ze stacji bazowej ResBase, węzłów radiowych BatNode tworzących sieć mesh w wyrobiskach i radiotelefonów mPhone (rys. 8).

Węzły BatNode (o masie około 0,5 kg) pracują w pasmie ISM 869 MHz, są wyposażone w baterię



► Rys. 7. Radiotelefon mPhone z anteną wyposażoną w opcję lokalizatora zasypanych górników

► Fig. 7. View of the SWAR-2EX system base unit with mPhone radios and three BatNode radio nodes

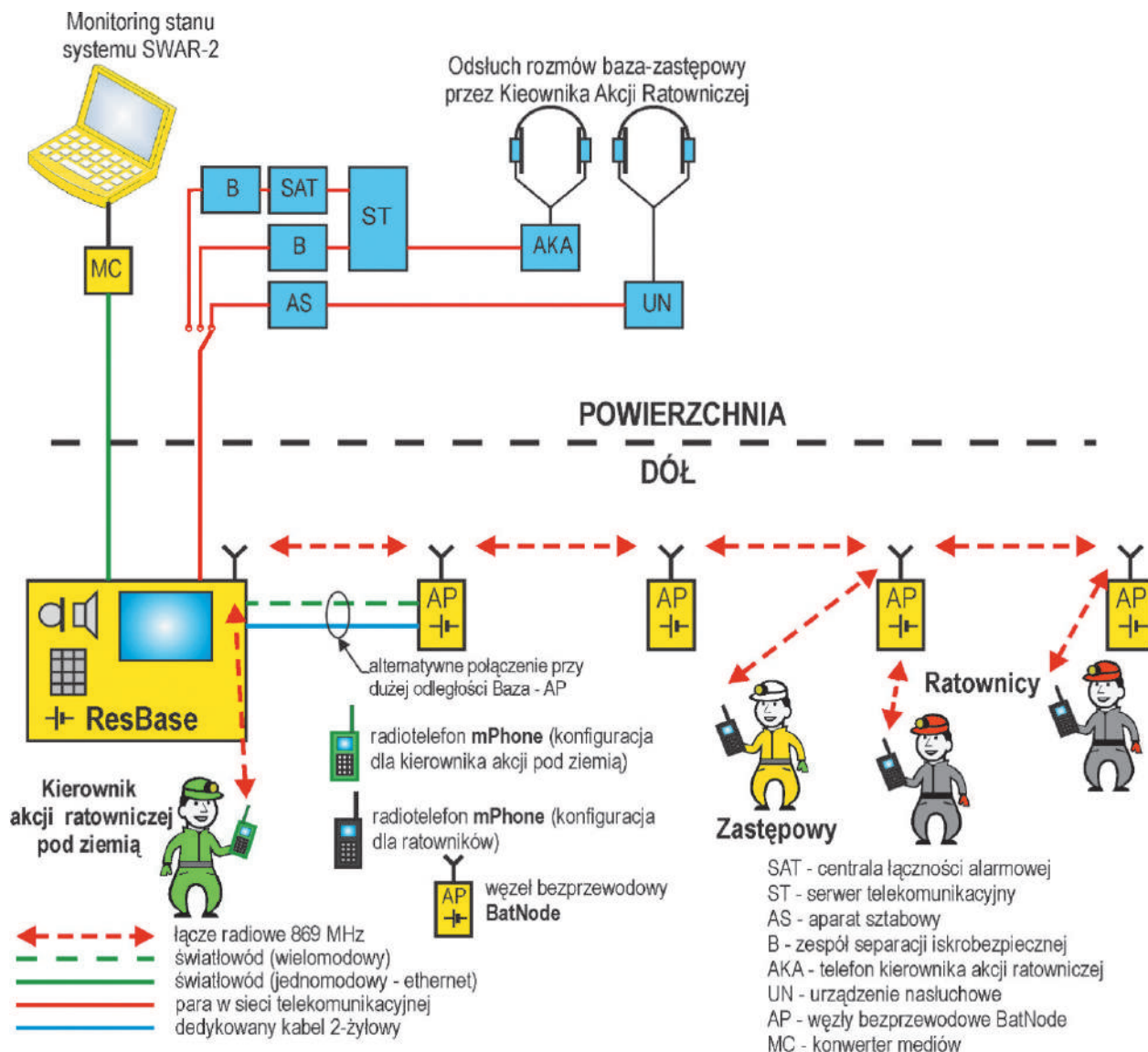
akumulatorów o napięciu 3,2 V i pojemności 6,4 Ah, co umożliwia ich autonomiczną pracę przez ponad 5 dni. Punkty dostępowe BatNode posiadają również możliwość przewodowego (miedzianego lub światłowodowego) połączenia ze stacją bazową. Na rysunku 9 przedstawiono schemat blokowy systemu SWAR-2EX (aplikacja dla kopalń metanowych) oraz jego powiązanie z elementami łączności ratowniczej w pomieszczeniach sztabu i kierownika akcji. Kolorem żółtym zaznaczono elementy systemu SWAR-2EX, a kolorem niebieskim elementy łączności ratowniczej na powierzchni. Szerszy opis budowy tego systemu jest zawarty w literaturze (Wojaczek i in., 2022).

SWAR-2 nie tylko umożliwia łączność foniczną z bazą i ratownikami, lecz także ich lokalizację RTLS w bazie na dole i u kierownika akcji, a radiotelefon mPhone (z odpowiednią anteną – rys. 7) pozwala na (opcjonalnie) lokalizację zasypanych górników w wyrobisku. System SWAR-2 (w wersji nieiskrobezpiecznej) jest wykorzystywany we wszystkich kopalnianych stacjach ratownictwa górniczego kopalń KGHM.



► Rys. 8. Widok aparatu bazowego systemu SWAR-2EX z radiotelefonami mPhone oraz trzema węzłami radiowymi BatNode

► Fig. 8. mPhone radio with an antenna equipped with a buried miners locator option



► Rys. 9. Schemat blokowy systemu SWAR-2EX

► Fig. 9. Block diagram of the SWAR-2EX system

8. PORTAS jako system lokalizacji RTLS

System lokalizacji dokładnej, zwany lokalizacją RTLS⁴, może określić, z dokładnością do pojedynczych metrów, położenie górnika w wyrobisku. W kopalniach system lokalizacji dokładnej RTLS powinien być instalowany przede wszystkim w wyrobiskach o szczególnym zagrożeniu tapaniami, czyli w chodnikach podścianowym i nadścianowym ścian, gdzie występują zagrożenia skojarzone.

Producent systemu PORTAS opracował i przetestował w kilku kopalniach system lokalizacji dokładnej RTLS (Wojaczek i in., 2023). W swoim systemie wykorzystał metodę lokalizacji identyfikatora górnika przez pomiar poziomu sygnału radiowego RSS⁵. Polega ona na tym, że identyfikator wysyła sygnał radiowy, który jest odbierany przez minimum kilka czytników,

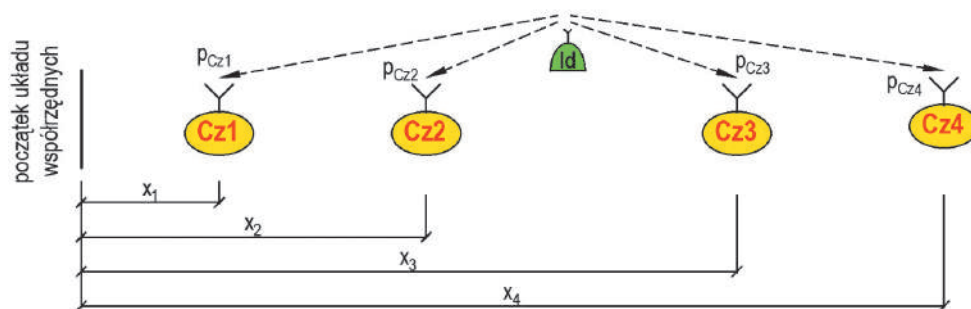
a w systemie RTLS mierzone są poziomy sygnał z tego identyfikatora odebranego przez czytniki. Na rysunku 10 (Wojaczek i in., 2023) pokazano ilustrację lokalizacji identyfikatora Id przez pomiar poziomów sygnału p_{Cz1} , p_{Cz2} , p_{Cz3} , p_{Cz4} przez czytniki Cz1, Cz2, Cz3, Cz4 umieszczone w odległościach x_1 , x_2 , x_3 , x_4 od początku układu współrzędnych. Współrzedną identyfikatora Id oblicza się, uwzględniając zmierzone poziomy sygnałów i stałego w wyrobisku położenia czytników. System PORTAS, wykorzystujący tę metodę lokalizacji dokładnej górnika, pozwala na uzyskanie dokładności ich lokalizacji do około 10% odległości między czytnikami.

9. Podsumowanie

Podstawowa koncepcja i pierwsze wdrożenie w kopalni elementów systemu radiokomunikacyjnego PORTAS zostało zrealizowane ponad 15 lat temu w opcji bez radiotelefonu dla potrzeb identyfikacji strefowej RFID. Zasadniczy rozwój tego systemu nastąpił po opracowaniu i wdrożeniu do produkcji radiotelefonu mPhone, w którym po raz pierwszy wykorzystano dwie częstotliwości: 2,4 GHz (pasmo Wi-Fi) oraz pasmo ISM

⁴ RTLS (*Real Time Locating System*) – system lokalizacji w czasie rzeczywistym.

⁵ RSS (*Received Signal Strength*) – metoda pomiaru poziomu sygnału radiowego odebranego przez czytnik, a emitowanego przez identyfikator.



► Rys. 10. Ilustracja metody lokalizacji RSS

► Fig. 10. Illustration of the RSS localisation method

z zakresu 869 MHz. Pasma ISM zastosowano dlatego, bo propagacja fal EM w wyrobiskach dołowych jest w tym zakresie korzystniejsza (większy zasięg) niż stosowane pasmo Wi-Fi. Ponadto systemy ISM z zakresu 869 MHz cechuje dużo mniejszy pobór energii elektrycznej (w stosunku do urządzeń pracujących w pasmie 2,4 GHz), co ma ogromne znaczenie w iskrobezpiecznych systemach radiokomunikacyjnych zasilanych z akumulatorów.

Uniwersalność podstawowych elementów systemu radiokomunikacyjnego PORTAS (identyfikator aktywny, czytnik, radiotelefon, koncentrator itp.) stała się podstawą do szerokiego ich wykorzystania w wielu innych

aplikacjach. Jego wszechstronność jest dla każdego użytkownika pewnego rodzaju gwarancją, że składowe systemu PORTAS będą podlegały ciągłej weryfikacji działania (przez producenta i serwis), modernizacji elementów, a przede wszystkim oprogramowania.

Przy bardzo ubogim „telekomunikacyjnym rynku górniczym” w Polsce, szczególnie w zakresie urządzeń radiokomunikacyjnych w wykonaniu przeciwwybuchowym, producentów tych urządzeń nie zawsze stać na kosztowne badania i adekwatny ich rozwój na „niższym rynku górniczym”, o ile nie są one stosowane w przynajmniej kilku różnych aplikacjach.

Directions of development of the PORTAS radiocommunication system

Abstract: The universality of the basic elements of the PORTAS radio communication system, which has been in operation in coal mines for over 15 years, is the basis for its continuous development and use in other mining telecommunications applications. This system uses two carrier frequencies: 2.4 GHz (Wi-Fi) and the ISM band in the 869 MHz range. In underground workings, the propagation of electromagnetic waves in the ISM band is more favorable than in the 2.4 GHz band, and power consumption is much lower. Elements of the PORTAS system are currently used, among others, in the SWAR 2 rescue radio communication system, as well as in the SYBET-PROXIMA anti-collision system, commonly used in all copper ore mines. The directions of development of the PORTAS radio communication system described in the article will concern, among others, such solutions as: material logistics, RTLS localization; SpellCom radio communication intended for speleologists and conducting rescue operations in caves, with new MiniNodes access points; FixCom radio communication, mainly using wired elements of the PORTAS radio network, e.g. in the shaft, with the new gPhon hands-free radio.

Literatura

1. Bandyopadhyay, L.K. (2010). *Wireless Communication in Underground Mines. RFID-Based Sensor Networking*. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer.
2. Finkenzeller, K. (2003). *RFID Handbook. Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. John Wiley & Sons Ltd.: Chichester.
3. Laliberte, P. (2009). *Summary Study of Underground Communications Technologies Final Project Report*. Canada, CANMET Mining and Mineral Sciences Laboratories.
4. Miśkiewicz, K., Wojaczek, A. (2020). *Radiokomunikacja w kopalniach podziemnych*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
5. Wojaczek, A., Miśkiewicz, K., Galowy, G., Jakóbiński, B. (2022). Radiowy system łączności ratowniczej SWAR-2. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* (7), s. 2–7.
6. Wojaczek, A., Miśkiewicz, K., Galowy, G., Jakóbiński, B. (2023). PORTAS jako przykład systemu lokalizacji dokładnej górnika w wyrobisku. *Przegląd Górniczy* (2), s. 7–14.
7. Wojaczek, A., Galowy, G., Jakóbiński, B. (2024). System antykolizyjny znaczącym elementem poprawy bezpieczeństwa w transporcie dotowym. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* (6), s. 2–9.
8. Worek, C., Szczurkowski, M., Katuski, M. (2012). „Zagadnienia propagacji fal radiowych w podziemnych zakładach górniczych w aspekcie gospodarki widmem radiowym”. W: Wojtas, P. (red.). *Wybrane obszary infrastruktury systemowej kopalń podziemnych* (s. 223–229), Katowice: Instytut Technik Innowacyjnych EMAG.