

Bezprzewodowy system wspomagania logistyki WLSS™ jako element poprawy bezpieczeństwa transportu kopalnianego

Przemysław Wiszniewski, Dariusz Babecki, Krzysztof Zych

We współczesnych kopalniach węgla kamiennego mamy do czynienia nie tylko z coraz trudniejszymi warunkami górniczo-geologicznymi, ale także ze znacznym wydłużeniem dróg transportowych. Alokacja kompleksów ścianowych, a także transport innych urządzeń i materiałów niezbędnych do wykonywania robót górniczych charakteryzują się dużą dynamiką. Logistyka odgrywa więc coraz większą rolę, a ważnym jej ogniwem jest transport. Stanowi on bardzo istotny element dla właściwego funkcjonowania każdego podziemnego zakładu górniczego.

Streszczenie: W artykule omówiono system bezprzewodowego wspierania logistyki dla transportu podziemnego WLSS™. Scharakteryzowano podstawowe funkcje realizowane przez opracowane rozwiązanie. Zwrócono uwagę na te cechy systemu, które wpasowują się w potrzeby rynku górniczego w zakresie dostarczania dysponentom ruchu informacji krytycznych z punktu widzenia efektywnego zarządzania ruchem taboru podziemnego. Przedstawiono możliwości komunikacyjne systemu, jego modularność i opcje rozbudowy. Podkreślono aspekt ekonomiczny polegający na minimalnych kosztach niezbędnej infrastruktury oraz bezpieczeństwa transportu.

Zapewnienie efektywnego i bezpiecznego transportu od zawsze stanowiło spore wyzwanie i wymagało stosowania nowoczesnych rozwiązań z zakresu zarówno samych środków transportu, jak i systemów stowarzyszonych. Mając na uwadze ograniczenia istniejących rozwiązań oraz wychodząc naprzeciw potrzebom rynku górniczego, Instytut Technik Innowacyjnych EMAG opracował system WLSS™ – nazwa stanowi akronim od angielskiego Wireless Logistics Support System (bezprzewodowy system wspierania logistyki). Poszczególne elementy systemu powstały na bazie prac prowadzonych w ramach projektu MINTOS współfinansowanego z Funduszu Badawczego Węgla i Stali „RFCS”.

Lokalizacja środka transportowego w wyrobisku podziemnym

W podziemnych systemach transportowych wykorzystuje się wiele rodzajów pojazdów, w tym m.in. kolejki podwieszane, kolejki spągowe czy też transport samochodowy. Dysponent ruchu powinien być wyposażony w takie środki techniczne do komunikacji z kierowcami, które zapewniałyby przekazywanie aktualnych danych dotyczących sytuacji ruchowej. Szczególnie istotną rolę odgrywają tu informacje o bieżącej lokalizacji pojazdów, jak i informacje diagnostyczne dotyczące ich stanu technicznego, co w sumie składa się nie tylko na efektywność transportu, ale też i na jego bezpieczeństwo. Aby zapewnić możliwość optymalnego wykorzystania zasobów i ułatwić proces decyzyjny, wspomniane informacje powinny być dostarczane i prezentowane dysponentowi w czasie rzeczywistym.

Realizacja przedstawionej funkcjonalności nie stanowi problemu w warunkach panujących na powierzchni, gdzie do dyspozycji są systemy, takie jak: GPS, telefonia komórkowa, łączność trankingowa. Trzeba jednak pamiętać, że ze względu na tłumienność górotworu, w warunkach podziemnego zakładu

górniczego żaden z wymienionych systemów nie będzie w stanie funkcjonować poprawnie.

Stosowane obecnie w kopalniach środki łączności dla systemów transportowych oparte są na technologiach, które w różny sposób radzą sobie z łącznością w ograniczonej przestrzeni, jaką stanowią podziemne wyrobiska. Wśród powszechnie stosowanych rozwiązań należy wymienić zarówno radiotelefonię analogową wykorzystującą jako medium transmisyjne przewód trakcyjny (tzw. trolejfony), jak i nieco bardziej współczesne rozwiązania bezprzewodowe oparte na łączności wykorzystującej ciekący kabel bądź technologię sieci bezprzewodowej standardu IEEE 802.11 (WLAN). Niestety, należy zaznaczyć, że wspomniane systemy łączności nie rozwiązują w zadowalającym stopniu zagadnień związanych z zapewnieniem optymalnej wymiany informacji dla wsparcia logistyki transportu. Dodatkowo w przypadku rozwiązań o potencjalnie dużych, z technicznego punktu widzenia, możliwościach (tj. systemów na ciekącym kablu i WLAN) koszt ich budowy oraz utrzymania infrastruktury stanowi dla kopalń silnie zaporowy czynnik, co ma szczególnie znaczenie w dobie optymalizacji finansowej.

Charakterystyka systemu WLSS™

Funkcjonalność

Pierwotnie system WLSS™ opracowany był z myślą o transporcie wykorzystującym kolejki podwieszane, jednak jego obecna wersja może być stosowana również w systemach transportu opartego na kolejkach spągowych oraz kołowego samochodowego. Opracowany system wykorzystuje najnowocześniejsze technologie z zakresu cyfrowej transmisji bezprzewodowej, jak i mikromocowego przetwarzania sygnałów. Dzięki zastosowanym rozwiązaniom, oprócz wersji nieiskrobezpiecznej przeznaczonej dla kopalń miedzi, możliwe było uzyskanie również konstrukcji zgodnej z wymogami dyrektywy ATEX. Druga

ze wspomnianych wersji systemu może pracować w atmosferach zagrożonych wybuchem metanu i pyłu węglowego, co daje możliwość eksploatacji systemu również w podziemiach kopalń węgla kamiennego.

Podstawowe funkcje systemu WLSS™ obejmują:

- precyzyjną lokalizację położenia pojazdów w czasie rzeczywistym;
- jednoczesną wizualizację rozlokowania pojazdów za pomocą aplikacji GIS/SCADA;
- komunikację z kierowcami za pomocą wiadomości tekstowych;
- wysyłanie priorytetowych komunikatów alarmowych z/do pojazdów;
- transmisję danych diagnostycznych z pojazdów;
- wykrywanie niektórych typów awarii zespołów kołowych (kolejki podwieszane);
- wizualizację wspomnianych informacji diagnostycznych w aplikacji SCADA.

Wśród opcjonalnych funkcji systemu należy wymienić możliwość integracji z systemem telewizji przemysłowej w celu monitorowania stacji, rozjazdów i innych niewralgicznych miejsc na trasach transportowych. W tym przypadku do koncentratorów systemu WLSS™ podłącza się iskrobezpieczne cyfrowe kamery obserwacyjne typu OKO-IR [1]. Kolejną z opcji stanowi możliwość integracji z systemem wykrywania i powiadamiania o zagrożeniach w szczególności systemem metanowo-pożarowym, np. SMP-NT/A.

Dosyć istotny z punktu widzenia użytkownika jest fakt, iż System WLSS™ ma konstrukcję modułową. Dzięki temu wariant zabudowy można dostosować w łatwy sposób do aktualnych potrzeb kopalń przy zachowaniu możliwości rozbudowy systemu w przyszłości.

System WLSS składa się z następujących elementów:

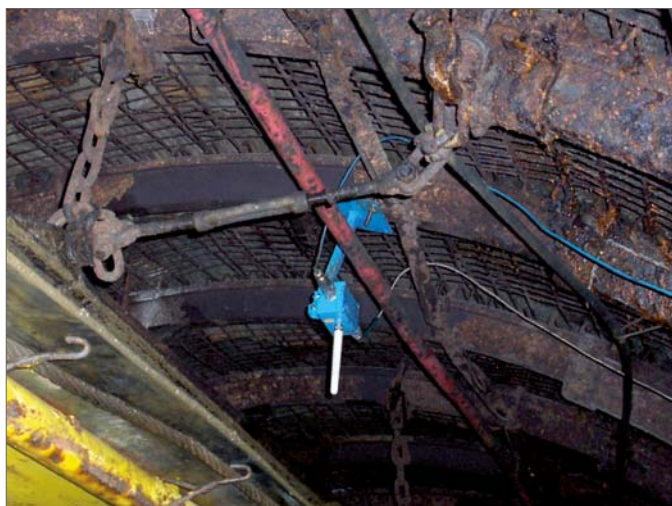
- urządzeń przytorowych (głowice lokalizacyjne typu LHU i diagnostyczne typu DHU);
- interfejsów pojazdowych (typu CDU);
- koncentratorów transmisji (typu μ Zist [2, 3]);
- dysponenckich stanowisk wizualizacji i łączności (podziemnego i powierzchniowego);
- opcjonalnych urządzeń dodatkowych (kamery OKO-IR do obserwacji wizyjnej).

Urządzenia przytorowe

Aby umożliwić działanie systemu lokalizacyjnego, należy zapewnić odpowiednie pokrycie wyrobisk siecią głowic lokalizacyjnych typu LHU.

Rozwiązanie optymalne, ze względu na użycie minimalnej liczby punktów lokalnego zasilania, stanowi wykorzystanie topologii, w której sąsiadujące ze sobą głowice lokalizacyjne połączone są w łańcuch zapewniający zarówno transmisję, jak i zasilanie. Gałęzie takiej sieci łączone są następnie w koncentratorach transmisji typu μ Zist, a te z kolei podłączone są do „głównego pnia” zbudowanego w oparciu o szkieletową sieć światłowodową bazującą na światłowodzie jednomodowym.

Koncentratory transmisji μ Zist wyposażone są w moduły zdalnego iskrobezpiecznego zasilania i dostarczają napięcia liniowego o wartości pozwalającej pokonać spadki napięcia przy maksymalnej zakładanej długości linii i sumarycznym poborze prądu wymaganym do poprawnej pracy głowic czujnikowych (LHU/DHU). Podsystem transmisyjny bazuje na iskrobezpiecznej wersji interfejsu szeregowego RS-485, wykorzystując przy



Rys. 1. Głowica lokalizacyjna typu LHU systemu WLSS™

tym jedną parę miedzianą, natomiast druga para dostarcza głowicom iskrobezpiecznego zdalnego zasilania. Koncentratory transmisji zasilane są z lokalnych zasilaczy iskrobezpiecznych o parametrach 15 V/1,5 A podłączonych po stronie pierwotnie do przyłącza sieci energetycznej.

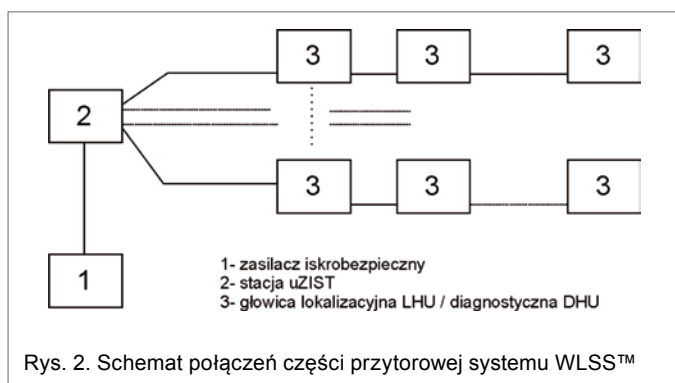
Opracowane rozwiązanie daje możliwość łączenia w jednej gałęzi (dwie pary teletechniczne) do 10 głowic lokalizacyjnych na odległość do 2 km. Początkowe (skrajne) głowice podłączone są do interfejsów zasilająco-transmisyjnych koncentratorów, natomiast sąsiednie stacje przyłączane są do linii magistralnie. Do jednego węzła koncentrującego stacji μ Zist można dołączyć do czterech takich gałęzi. Stacje μ Zist łączy się ze sobą za pomocą łącza światłowodowego w strukturze o topologii liniowej lub pierścieniowej. Druga z topologii, jak wiadomo, pozwala w znacznym stopniu zwiększyć niezawodność systemu dzięki zapewnieniu redundantnej ścieżki transmisji.

W systemie mogą pracować również głowice diagnostyczne typu DHU, które umożliwiają, dzięki zastosowaniu bezkontaktowych czujników temperatury oraz czujników wibroakustycznych, zdalne wykrywanie niektórych uszkodzeń zespołów jezdnych (m.in. zatarcie łożysk rolek jezdnych kolejki). Dla głowic diagnostycznych obowiązują takie same obostrzenia dotyczące długości linii i liczby urządzeń, jak w przypadku głowic lokalizacyjnych.

Opracowany system pozwala również na minimalizację kosztów infrastruktury. Dzięki przyjętej filozofii jeden lokalny zasilacz iskrobezpieczny wystarcza do zasilania do czterdziestu głowic lokalizacyjnych oraz umożliwia pokrycie wyrobisk o łącznej długości do 8 km z jednego koncentratora μ Zist. W praktyce, dla podanej długości trasy, liczba głowic lokalizacyjnych, koniecznych do zapewnienia pokrycia zasięgiem radiowym na całej długości, będzie w większości przypadków mniejsza, gdyż na prostych odcinkach wyrobisk stacje LHU wystarczy umieszczać w odległości dochodzącej do 600 m. Połączenia w obrębie pojedynczego koncentratora przedstawiono na rys. 2.

Część mobilna systemu

Część mobilną systemu stanowią interfejsy pojazdowe typu CDU. Przeznaczone są one do instalacji w kabinach kolejek (podwieszanych lub spągowych). Do poprawnej pracy systemu wymagana jest instalacja urządzeń w obu kabinach kolejki. Urządzenia pracują pod kontrolą systemu operacyjnego



Linux, a interfejs użytkownika stanowi kolorowy wyświetlacz LCD oraz sześcioprzyciskowa klawiatura. Podsystem radiowy interfejsu CDU umożliwia łączność z częścią stacjonarną systemu oraz realizację procedur lokalizacyjnych. Urządzenie posiada wyprowadzone gniazda służące do podłączenia anteny zewnętrznej oraz iskrobezpiecznego zasilania. Moduły elektroniczne urządzenia umieszczone są w obudowie ze stali nierdzewnej zapewniającej ochronę przed wnikaniem pyłu węglowego i strug wody. Układ elektroniczny urządzenia został zaprojektowany zgodnie z wymogami dyrektywy ATEX.

Stanowiska dysponentekie

Stanowisko dysponenta podziemnego wykorzystuje do wizualizacji aplikację GIS/SCADA działającą na komputerze przemysłowym typu GKP-09 [4], co umożliwia pracę w miejscach, gdzie możliwe jest wystąpienie atmosfery wybuchowej. W wersji dla kopalń niemietanowych (np. kopalnie miedzi) aplikacja uruchamiana jest na komputerze przemysłowym w obudowie o stopniu ochrony IP54 wyposażonym w wielkoformatowy monitor LCD. Łączność systemu z powierzchniowym stanowiskiem wizualizacyjno-komunikacyjnym realizowana jest poprzez łącze światłowodowe. W stacji powierzchniowej systemu dane dostarczane są do stanowiska dyspozytorskiego za pomocą lokalnej sieci Ethernet, co daje możliwość uruchamiania aplikacji na arbitralnie wybranych komputerach z odpowiednio ustawionymi uprawnieniami (np. tylko wizualizacja, wybrane warstwy informacji, pełne prawa itp.).

Działanie systemu WLSS™

Informacje o aktualnym położeniu pojazdów uzyskuje się za pomocą pomiarów odległości przeprowadzanych drogą radiową przez głowice lokalizacyjno-transmisyjne LHU. Informacje te trafiają do koncentratorów transmisji, a następnie do centralnej aplikacji na stanowisku dysponenta, gdzie podlegają filtracji i przetwarzaniu za pomocą algorytmów predykcyjnych. Sieć głowic lokalizacyjno-transmisyjnych umożliwia również dwukierunkową łączność z pojazdami. Dzięki temu do interfejsów pojazdowych CDU można przysyłać w formie wiadomości tekstowych informacje (tj. polecenia, alarmy, komunikaty o zagrożeniach itp.). Z interfejsów pojazdowych przesyłane są do części dysponentekiej systemu dane diagnostyczne oraz sygnalizacja związana z interfejsem użytkownika. Kierowcy mają możliwość interakcji z dysponentem za pomocą klawiatury interfejsu CDU. Za pomocą jednego przyciśnięcia klawisza można potwierdzić lub odrzucić przyjęcie dyspozycji, a także wysłać sygnał alarmowy.

Za wizualizację i interfejs użytkownika dla dysponenta odpowiada dedykowana aplikacja GIS/SCADA, w której zapisana jest wektorowa mapa wyrobisk oraz baza danych dodatkowych informacji o konfiguracji i stanie taboru. Bieżąca sytuacja ruchu uaktualniana jest w czasie rzeczywistym i prezentowana dysponentowi na tle wektorowej mapy wyrobisk. Dysponent ma możliwość wyboru prezentowanych warstw informacyjnych oraz prawie nieograniczone możliwości skalowania, przesuwania, ustalania interesujących rejonów mapy. Piktogramy pokazują aktualne położenie i kierunek ruchu poszczególnych pojazdów wraz z ich nazwami (numery boczne).

Dysponent może wysyłać do kierowców indywidualne polecenia, jak i globalne komunikaty, istnieje również możliwość ustawienia automatycznych komunikatów ostrzegawczych związanych ze zbliżaniem się do niebezpiecznych lokalizacji. Dysponent dostaje z pojazdów informacje zwrotne o tym, czy komunikat został dostarczony do urządzenia pojazdowego, oraz uzyskuje potwierdzenie przeczytania komunikatu/polecenia. W przypadku naciśnięcia w pojeździe przycisku alarmowego informacja o alarmie wyświetlana jest na nadrzędnej warstwie i niezależnie od aktualnie ustawionego fragmentu podglądu mapy tak, aby natychmiast poinformować dysponenta.

W przypadku wykrycia uszkodzeń pojazdu (informacje z karty diagnostycznej ciągnika lub z głowic DHU) zarówno na panelu interfejsu pojazdowego, jak i u dyspozytora wyświetlane są informacje o awarii.

Podsumowanie

Opracowany system w innowacyjny sposób wspiera funkcje istotne z punktu widzenia zarządzania ruchem transportu podziemnego, umożliwiając efektywniejsze nim zarządzanie. Realizuje on również funkcje mające wpływ na polepszenie bezpieczeństwa związane z przekazywaniem sygnałów alarmowych. Dodatkowym atutem z punktu widzenia funkcjonalności związanej z bezpieczeństwem jest możliwość połączenia z systemami ostrzegania o zagrożeniach.

System jest w szerokim zakresie skalowalny, dzięki czemu możliwe jest budowanie instalacji o skali dostosowanej do aktualnych potrzeb kopalni z możliwością przyszłej rozbudowy. W systemie WLSS™ zastosowano nowatorskie rozwiązania charakteryzujące się niskim kosztem urządzeń oraz wymaganej infrastruktury. Dzięki temu możliwa jest optymalizacja kosztów instalacji oraz utrzymania, co czyni system atrakcyjnym na tle rozwiązań konkurencyjnych, również z ekonomicznego punktu widzenia.

Literatura

- [1] Dokumentacje. ZYCH K., WISZNIOWSKI P.: *Kamera Obserwacyjna OKO-IR. Dokumentacja Techniczno-Ruchowa*. EMAG 2009 r.
- [2] Dokumentacje. BABECKI D., ZYCH K.: *System Transmisji uZist – Moduł Interfejsów Mi-RS4*. EMAG 2009 r.
- [3] Dokumentacje. BABECKI D., ZYCH K.: *System Transmisji uZist – Moduł Transmisyjny Mt-FSE*. EMAG 2009 r.
- [4] Dokumentacje. ZYCH K.: *Górnicy Komputer Przemysłowy GKP-09: Dokumentacja Techniczno-Ruchowa*. EMAG 2010 r.

mgr inż. Przemysław Wiszniowski; mgr inż. Dariusz Babecki;
mgr inż. Krzysztof Zych – Instytut Technik Innowacyjnych EMAG