

Integracja infrastruktury dla stałej i mobilnej komunikacji w nowoczesnej kopalni głębinowej

Integration of fixed and mobile communication backbones in modern underground mines

Współcześnie pewna i niezawodna komunikacja elektroniczna stała się koniecznością. Ten trend jest również aktualny w sektorze górnictwa i prowadzi do narastającego popytu na zaawansowane podziemne sieci transmisyjne w górnictwie głębinowym. Występują trzy podstawowe rodzaje infrastruktur komunikacyjnych: kable miedziane, kable światłowodowe oraz bezprzewodowe sieci typu LAN. Becker Mining System oferuje zaawansowane technologicznie rozwiązania systemowe do zastosowania w łączności bezprzewodowej w zakresie częstotliwości radiowej. Oferowane rozwiązania nie są wprost kompatybilne z warunkami jakie stwarza eksploatacja kopalni w podziemiach kopalnianych. W artykule przedstawiono sposób w jaki Becker Mining System integruje stałe i mobilne struktury komunikacyjne.

Reliable electronic communication is a necessity these days. This trend is also true in the mining sector and causes an increasing demand for advanced underground transmission networks in deep mining. There are three basic types of communication backbones: copper cables, light pipes and wireless LAN networks. Becker Mining System offers state-of-the-art technological solutions to be used in wireless communication in the range of radio frequency. The offered solutions are not directly compatible with the conditions specific for mining exploitation in the underground of mines. The article presents the method by Becker Mining System to integrate fixed and mobile communication backbones.

1. WSTĘP

Firma Becker Mining Systems AG, z siedzibą w Friedrichsthal, od kilku lat wprowadza w górnictwie zarówno urządzenia bezprzewodowe jak i stałe nośniki informacji. W górnictwie występują zróżnicowane rodzaje eksploatacji i jest oczywiste, że nie wszystkie kopalnie mają takie same wymagania. Wspólną podstawę dla stosowania w podziemiach kopalń stanowią trzy rodzaje infrastruktury (kable miedziane i światłowodowe oraz kable promieniujące („cieknące”) jako podstawa dla sieci WLAN). Celem tego artykułu jest rozważenie, która z infrastruktury

1. INTRODUCTION

Becker Mining Systems AG, Friedrichsthal, Germany, has for some years now been deploying both mobile (un-tethered device) as well as fixed point backbones into the mining sector. Given the diversity of mining operations, it stands to reason that not all mines have the same requirements. However, three basic types of backbones (copper and fibre-optic, radiating cable as well as WLAN) have emerged as the common factor in the mining operations arena. This article aims to discuss these three options by indicating the reasoning behind their appropriate



Rys. 1. Zarządzania systemem informacyjnym
Fig. 1. Management Information System

jest odpowiednia w określonych warunkach, uzasadnienie ich właściwego wyboru oraz opis jak Becker Mining Systems określił wymagania i stworzył sieć komunikacyjną działającą według wszelkich zasad sztuki, a także spełniającą wymagania nowoczesnych zakładów górniczych (rys. 1).

selection and how Becker Mining Systems has integrated them to provide an all encompassing state of the art communication network that meets modern mine's requirements (Figure 1).

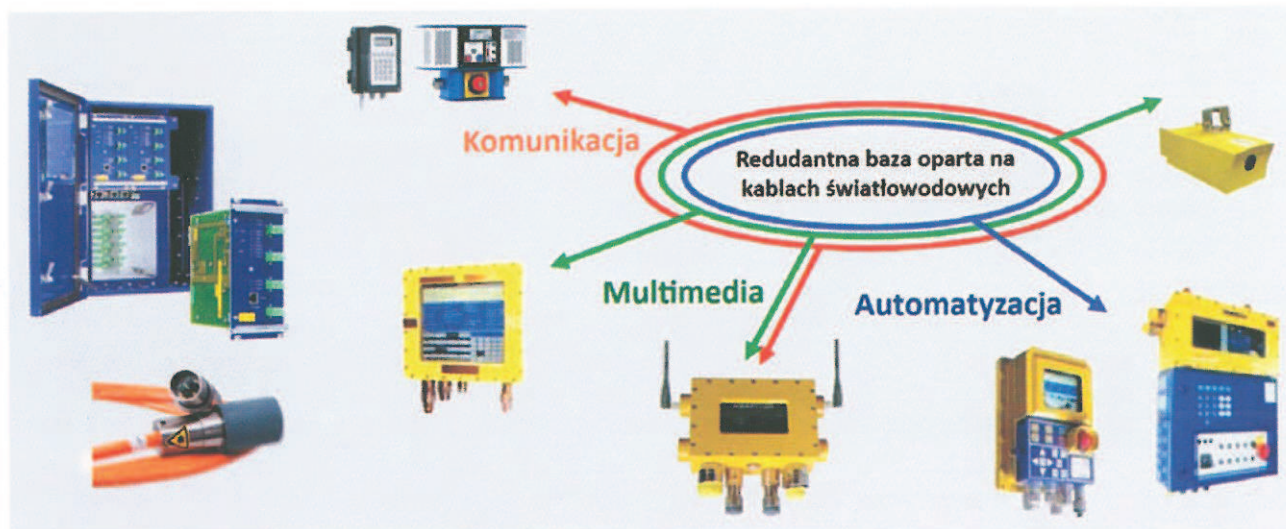
2. INFRASTRUKTURA OPARTA NA KABLACH MIEDZIANYCH I ŚWIATŁOWODOWYCH

Najbardziej rozpowszechnioną infrastrukturą stosowaną jako nośnik sygnału w górnictwie stanowią aktualnie kable miedziane. Są one stosowane zarówno dla telefonów końcowych stacjonarnych jak i nowoczesnych łączy RS 485 oraz Ethernetu. Ten typ infrastruktury klasyfikujemy jako bazę stałą, która jest traktowana jako urządzenie nieruchome lub o ograniczonej mobilności. Ze względu na szereg czynników występujących we współczesnych kopalniach są one odpowiednie dla wielu aplikacji w górnictwie włącznie ze środowiskową i podstawową łącznością foniczną.

Niedawno, w celu obniżenia kosztów i poprawy sprawności działania pojawiła się tendencja zastępowania kabli miedzianych kablami światłowodowymi (rys. 2).

2. COPPER AND FIBRE-OPTIC BACKBONES

Copper backbones are the most prolific in mining currently and are used for everything from POTS telephony to modern RS485 and Ethernet style deployments. We classify this type of backbone as a fixed point backbone, as it offers little or no mobility to un-tethered devices. Nevertheless, it remains a low cost and practical solution to many mining applications, including environmental and basic voice communication. More recently, due to the lower costs and improved practicalities, there has been a clear shift in the direction of replacing copper backbones with fiber-optic systems (Figure 2).



Rys. 2. Redundantna infrastruktura oparta na kablach światłowodowych
Fig. 2. Redundant Fibre Optic Backbones

Zaletą kabli światłowodowych w stosunku do systemów opartych na kablach miedzianych jest to, że nie są one wrażliwe na zakłócenia elektryczne, zapewniają większą przepustowość przy transmisji danych oraz szersze pasmo analogowe (co skutkuje poprawą jakości transmisji informacji) a także to, że umożliwiają znaczącą obniżkę kosztów eksploatacji w dłuższym czasie. Becker Mining Systems zmierza w kierunku poprawy zarządzania sprzętowej infrastruktury kabli światłowodowych stosowanych w górnictwie, szczególnie gdy występuje zagrożenie wybuchem gazu i pyłu węglowego. Oferta obejmuje rozwiązanie następujących zagadnień:

- bezpieczeństwo,
- automatyzacja,
- sieci światłowodowe,
- transmisję foniczną oraz wideo poprzez sieci IP
 - wszystkie odpowiednio dostosowane do warunków górniczych (rys. 3).

3. INFRASTRUKTURA OPARTA NA BEZPRZEWODOWEJ SIECI LAN

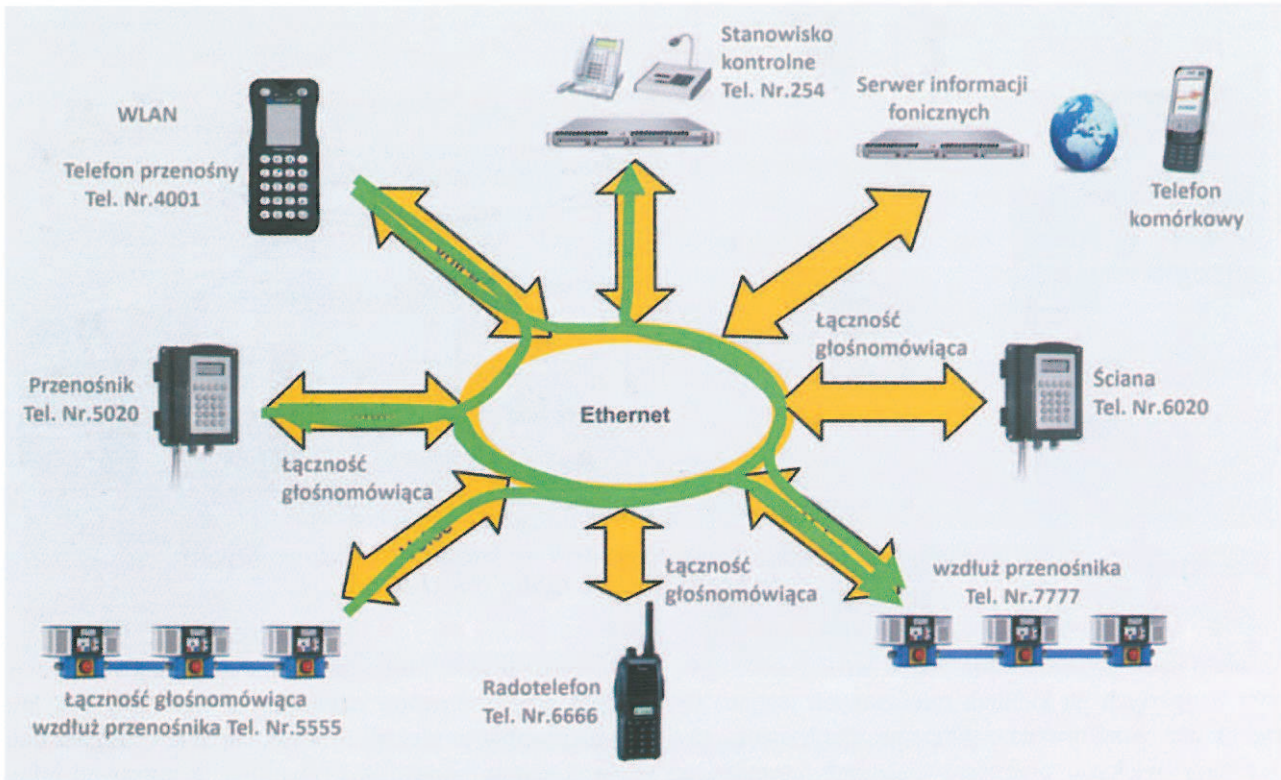
Bezprzewodowa sieć LAN Becker'a jest zbudowana na bazie istniejących kabli światłowodowych i ma na celu rozszerzenie zasięgu istniejącego systemu komunikacyjnego. Istotą takiej dodatkowej infrastruktury jest dołączenie systemu mobilnego do istniejącego podziemnego systemu komunikacyjnego. Zaletą bezprzewodowej sieci LAN jest zapewnienie ponownego natychmiastowego połączenia w wypadku gdy inne infrastruktury zostają uszkodzone. Bezprzewodowy punkt dostępu Becker'a WRAP (*Wire-*

Fiber-optic attains significant advantages over copper communication networks in that they are less susceptible to electrical noise, capable of higher data and analog bandwidths (resulting in improved information throughput) as well as being considerably less expensive for longer runs. Becker Mining Systems have steered their direction towards improving the practicalities of deploying these fibre-optic systems into mining operations, particularly when we are faced with the challenges of hazardous gas and coal dust environment classification. Our product portfolio offers solutions to:

- safety,
- automation,
- fibre Reticulation,
- voice/Video over IP intercommunication
 - all specifically dimensioned around the mining environment (Figure 3).

3. WIRELESS LAN BACKBONES

Becker's Wireless LAN backbone is built upon an existing optic fibre backbone to obtain additional range and serves as an extension to an existing underground communication system. The convenience of such an additional backbone adds mobility to an underground mining system. The Wireless LAN is convenient as it provides instant reconnection when other backbones fail, enabling communication between devices within the networking environment. Becker's Wireless Access Point, the WRAP




Rys. 3. Transmisja foniczna poprzez IP (VoIP)
Fig. 3. Voice over IP (VoIP)

less Router Access Point - Bezprzewodowy router), służy jako stacja bazowa dla sieci bezprzewodowej. Z tej bazy mogą korzystać zarówno przenośne radiotelefony jak i inne urządzenia komunikacyjne wyposażone w bezprzewodowe interfejsy sieciowe.

Bezprzewodową infrastrukturę sieciową stosuje się gdy w obrębie podziemnego systemu komunikacji zostanie uszkodzony lub przerwany system kablowy. Kable są narażone na uszkodzenia podczas podziemnych prac eksploatacyjnych oraz podczas przemieszczania się pojazdów o ruchu swobodnym. Zwykle dla przywrócenia komunikacji musi zostać naprawiony system kablowy, i z tego względu powstają straty w produkcji. Baza WLAN jest przydatna, gdy wystąpi katastrofa lub gdy wspomagająca infrastruktura kablowa zostaje przerwana. WRAP bocznikuje tę przerwę, gdyż może użyć przerwanych kabli jako anteny nadawczo-odbiorczej dla stworzenia możliwości komunikacji z urządzeniami bezprzewodowymi. Utworzenie sieci bezprzewodowej stanowi dalszy postęp w kierunku bezpiecznego i bardziej przyjaznego środowiska podziemi kopalń (rys.4 i 5).









(Wireless Router Access Point), serves as a base station for the wireless network. Handheld radios and other communication devices equipped with a wireless network interface can benefit from this backbone.

Using a wireless network within an underground communication system comes in use when a cabling system is damaged or interrupted. Cables can be easily damaged when working in an underground mining environment and is often the case when working with heavy duty vehicles. Cable systems have to be repaired before communication is up and running again and therefore loses its productivity. The WLAN Backbone on the other hand is productive when disaster strikes even when supporting cable infrastructures are interrupted. The WRAP closest to the interruption will still be able to use the broken cable as an antenna, transmitting and receiving radio frequencies for wireless enabled devices to communicate with. Having a Wireless Network is yet another step closer to a safer and more user-friendly underground mining environment (Figures 4 and 5).

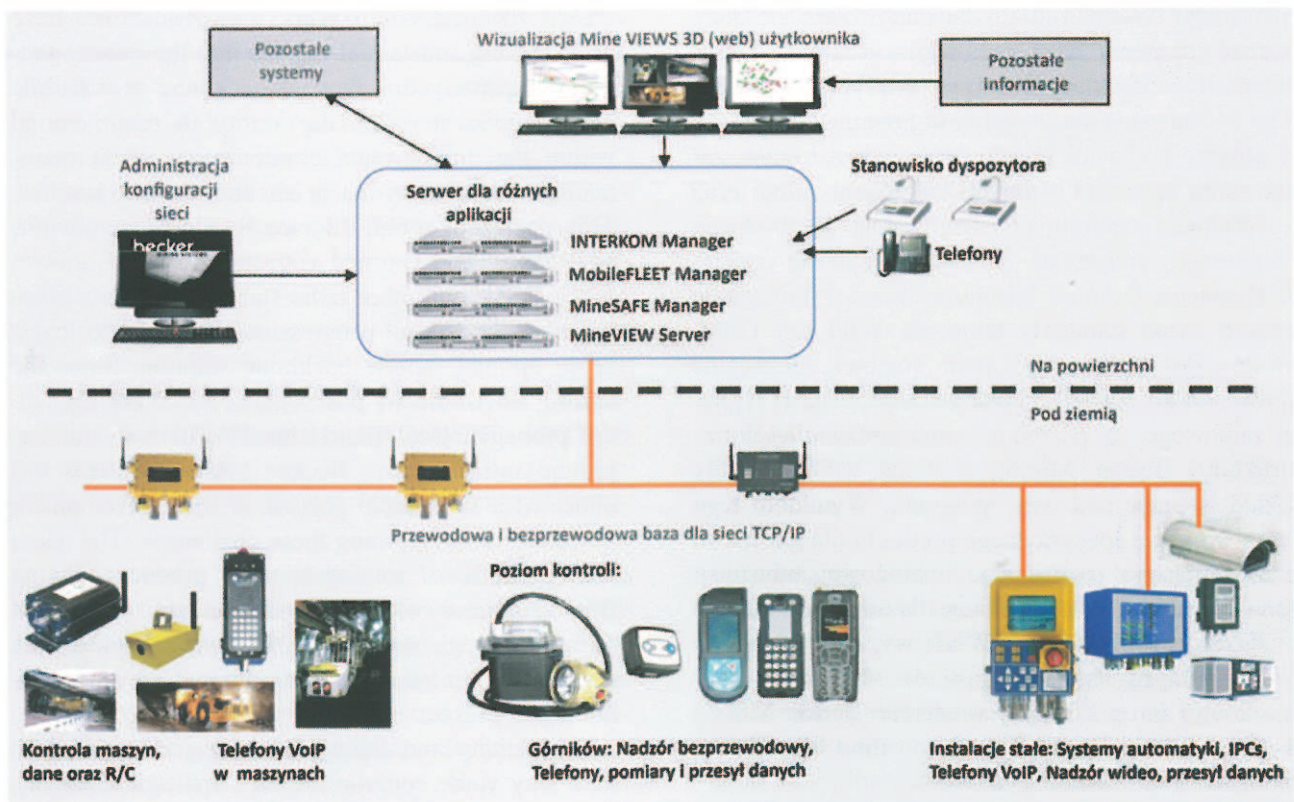


Typowe aplikacje

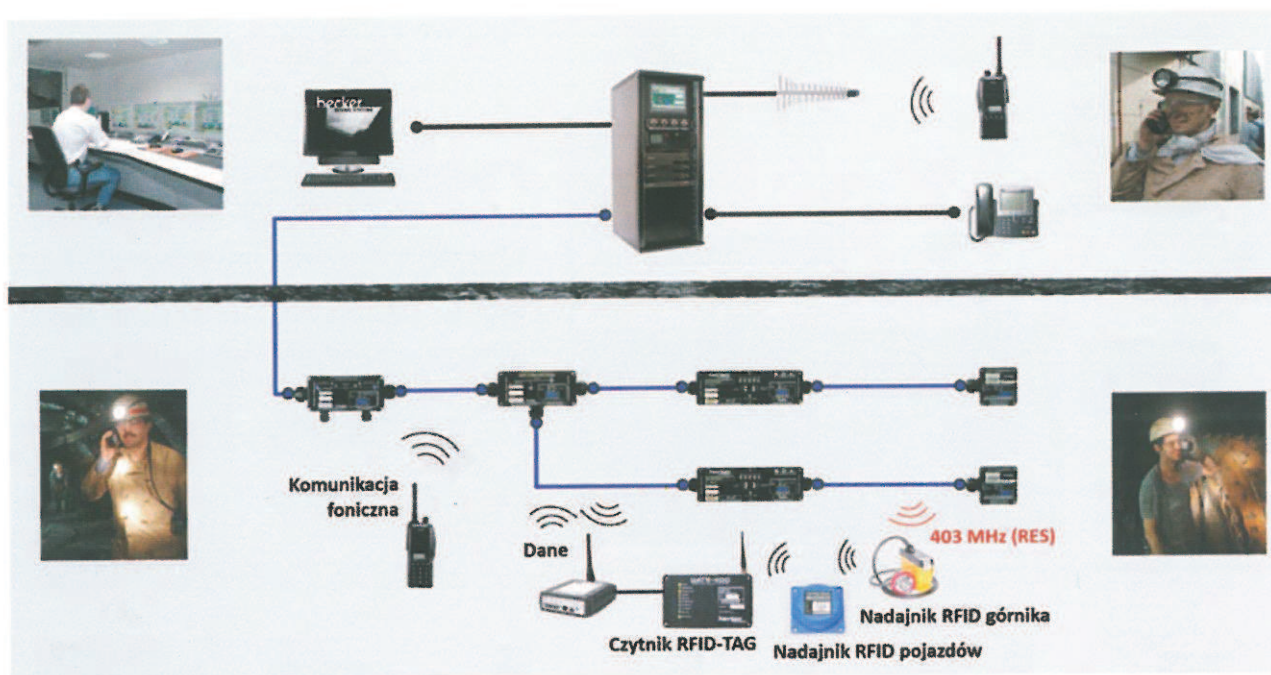
- Kontrola górników, maszyn oraz materiałów
- Ruchome telefony VoIP oraz pomiary
- Telefony VoIP operatorów maszyn
- Autonomiczne operacje z maszynami
- Ruchome/stacjonarne instalacje nadzoru video na żądanie
- System automatyzacji oraz dostęp do sieci
- Stosowanie sieci informatycznej dla bezpieczeństwa w kopalni
- Obserwacja maszyn

Rys. 4. Architektura systemu
Fig. 4. System Architecture



Rys. 5. Poglądowe przedstawienie systemu bezprzewodowej sieci LAN (WLAN)
Fig. 5. Wireless LAN (WLAN) System Overview



Rys. 6. Transmisja foniczna oraz danych poprzez system kabli promieniujących
 Fig. 6. Two-Way Voice & Data via Leaky Feeder System

4. KABLE PROMIENIUJĄCE ORAZ BAZA ANTENOWA

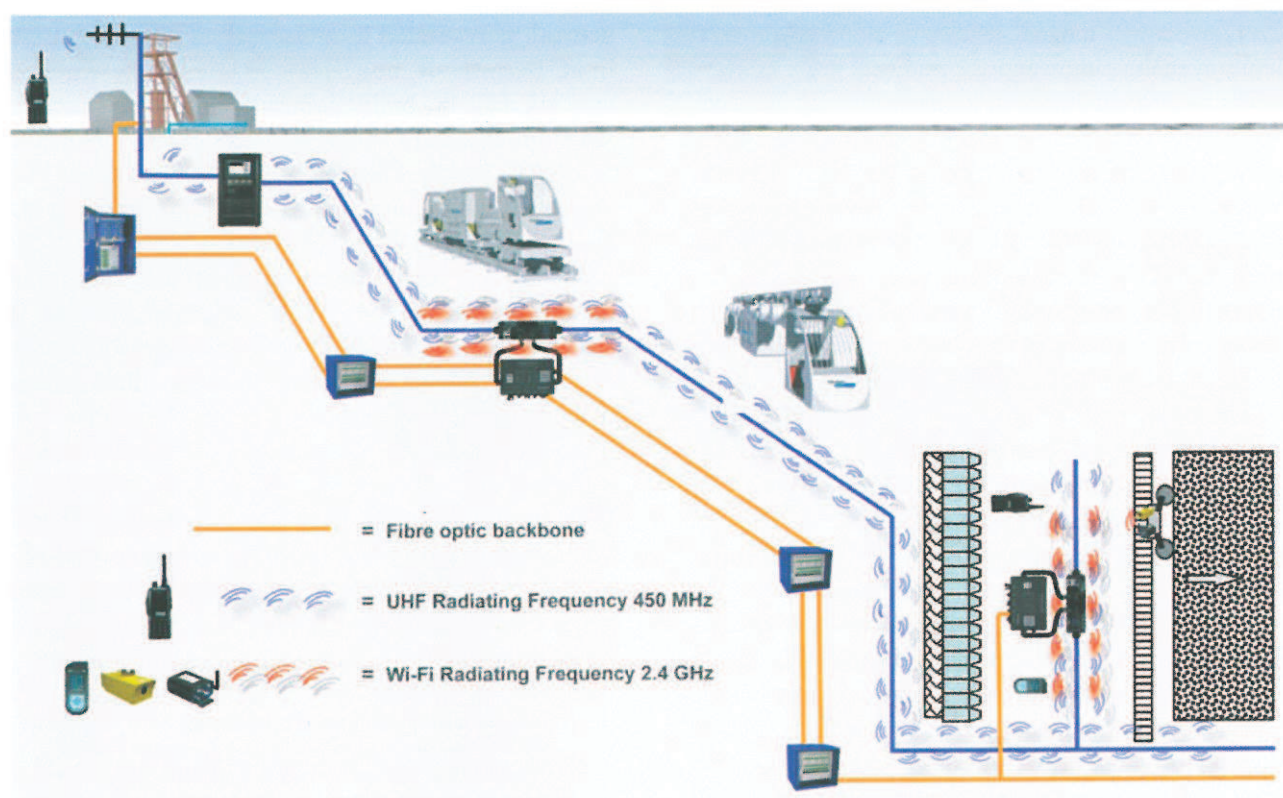
W ciągu ostatnich 20-25 lat odnotowuje się duży wzrost znaczenia bazy radiowej w sektorze górnictwem. Bazę tą klasyfikujemy jako bazę ruchomą, jako że zapewnia ona możliwość przemieszczania się w obrębie podziemi kopalń, przy jednoczesnym zachowaniu łączności z innymi członkami załogi oraz z systemem centralnym. Ten rodzaj swobodnego ruchomego urządzenia posiada oczywiste zalety. Realizowana łączność bezprzewodowa wykorzystuje dobrze znane standardy takie jak WiFi czy GSM. Środowisko podziemi kopalń stanowi szczególne wyzwanie dla systemu opartego na propagacji sygnału radiowego za pośrednictwem podziemnej infrastruktury. Becker Mining Systems wniósł istotny wkład w prace nad tym systemem. Wynikiem tego jest stworzenie specyficznego produktu dla górnictwa przewidującego rozwiązanie analogowej transmisji fonii o modulacji FM jako bazy dla transmisji danych o dużej przepływności. Właściwy, nie związany z konkretną osobą, sprzęt posiada odpowiedni (jednostkowy) adres. Produkty w ofercie Becker Mining Systems (rys. 6) pozwalają efektywnie i bezpiecznie realizować takie zadania jak:

- dwukierunkowa komunikacja (analogowa lub cyfrowa),
- sygnalizacja alarmowa dla poszczególnych górników,

4. RADIATING CABLE AND ANTENNA BACKBONES

Over the past 20-25 years, radio backbones have been making substantial ingress into the mining sector. We classify this type of backbone as a mobile backbone, as it offers the ability to roam around within the underground environment, whilst maintaining connectivity to peers and central systems. This degree of mobile device freedom has obvious advantages, and coupled with the more well known WiFi, GSM, and other radio standards in the surface industry, the logical progression should be to invest in an optimal mobile backbone solution. Since the mining environment poses particular challenges to the propagation of radio signals within the underground infrastructure, Becker Mining Systems has allocated a substantial portion of their development resources to overcoming these challenges. The result is a portfolio of mining specific products ranging from solutions to mine-wide analog voice FM through to high speed data WLAN backbones. The appropriate un-tethered client devices are also adequately addressed.

Productivity and Safety enhancing solutions such as 2 way voice communication (Analog or Digital), Remote Evacuation Signaling for individual miners, Radio Data telemetry and control, Remote Radio interfacing to environmental and process sensors are



Rys. 7. Rozwiązanie infrastruktury z transmisją radiową w sieci MESH obejmującą całą kopalnię
 Fig. 7. Hybrid Mine-Wide Solution Radio MESH Backbones

- telemetria cyfrowa z nadzorem realizowanym drogą radiową,
- radiowe zdalne połączenia dla zintegrowanych czujników do kontroli parametrów środowiska i parametrów procesu produkcyjnego.

Urządzenia te można stosować nie tylko w zwykłych warunkach górniczych, ale również w podziemiach kopalń, w których występuje zagrożenie wybuchem metanu.

5. HYBRYDOWA INFRASTRUKTURA OPARTA NA KABLACH PROMIENUJĄCYCH I SIECI WLAN

Infrastruktura hybrydowa jest kombinacją kabli koncentrycznych i światłowodowych oraz sieci WLAN. Każda dodana infrastruktura stanowi bazę dla systemu dynamicznej komunikacji. Wymienione wcześniej trzy podstawowe infrastruktury współdziałając zapewniają optymalną komunikację w podziemiach kopalń (rys.7).

Bezprzewodowa sieć LAN dodana do stałej i mobilnej transmisji danych, mimo że ma pewne ograniczenia, to optymalnie wyznacza granice zasięgu takiej transmisji. Ograniczony zasięg sygnału sieci

all facilitated by means of the Becker Mining Systems product portfolio (Figure 6). These products are available for both hard rock as well as hazardous Group I gas underground environments.

5. HYBRID RADIATING CABLE AND WLAN BACKBONES

A dynamic backbone called a Hybrid Radiating Cable and WLAN Backbone can be utilized through combining the coaxial backbone with the optic-fibre backbone and the Wireless LAN backbone. Each infrastructure adds unique qualities and value to the backbone and produces a dynamic underground communication system. These three main backbones work together to guarantee optimum underground communication (Figure 7).

The Wireless LAN adds mobility and simple data transmission to the backbone although the wireless

bezprzewodowej można zwiększyć poprzez wzmocnienie sygnału radiowego za pomocą infrastruktury opartej na promieniujących kablach koncentrycznych współpracujących ze wzmacniaczami. Bezprzewodowy punkt dostępu z routerem (WRAP - *Wireless Router Access Point*) utworzony na bazie promieniujących kablów koncentrycznych pozwala na utworzenie niezawodnej sieci bezprzewodowej.

Dodatkowe stosowanie kabli światłowodowych tworzy infrastrukturę o większej sprawności, co pozwala na transmisję znacznie szerszego pasma na większe odległości. Kable światłowodowe pozwalają na przesył informacji między dwoma stałymi punktami, a złożona z nich infrastruktura zapewnia większą sprawność dla opartej na niej sieci WLAN. Dobrym rozwiązaniem jest oparcie WRAP na infrastrukturze złożonej z kabli koncentrycznych, jak i światłowodowych. Kable światłowodowe są chętniej stosowane niż kable koncentryczne jeśli chodzi o transmisję danych, ale w wypadku gdy obydwie te infrastruktury ulegają przerwaniu to właśnie system WRAP może zapewnić ciągłość transmisji, wykorzystując kabel koncentryczny jako antenę do emisji sygnału radiowego również wtedy gdy jest on uszkodzony. Współdziałanie tych trzech infrastruktur jako nośników informacji tworzy infrastrukturę hybrydową opartą na kablach promieniujących i sieci WLAN tworzącej bazę bez określonej lokalizacji.

Jest mało prawdopodobne, by bezprzewodowa sieć LAN mogła działać optymalnie bez infrastruktury hybrydowej opartej na kablach koncentrycznych i światłowodowych. Jeśli niemożliwe jest zastosowanie infrastruktury hybrydowej włącza się wszystkie punkty dostępu wyposażone w router do stałej infrastruktury. Routery mogą być dodane bezprzewodowo jako wzmacniacze do systemu komunikacyjnego (rys. 8).

Większość wezwań dokonywanych w podziemnej łączności radiowej jest odpowiednio adresowana poprzez kable promieniujące oraz rozwiązania z wykorzystaniem anteny rozsiewczej. Występują jednak specyficzne sytuacje, kiedy dla sektora górniczego bardziej odpowiednie są sieci MESH.

Systemy te umożliwiają bezprzewodowe połączenie z punktem dostępu w sieci WLAN według standardu IEEE 802.11. Sieci MESH według standardu IEEE 802.11s stanowią rozszerzenie możliwości sieci WLAN dla przesyłu danych cyfrowych pomiędzy przenośnymi urządzeniami użytkownika w węzłach sieci MESH a najbliższym stałym punktem infrastruktury. Ten typ bazy rozmieszczony metodologicznie tworzy system znacznie udoskonalony pod względem skuteczności, szczególnie w rejonach gdzie uszkodzenia występują często. Takie rejony to między innymi ściany w kopalniach węgla, przodki

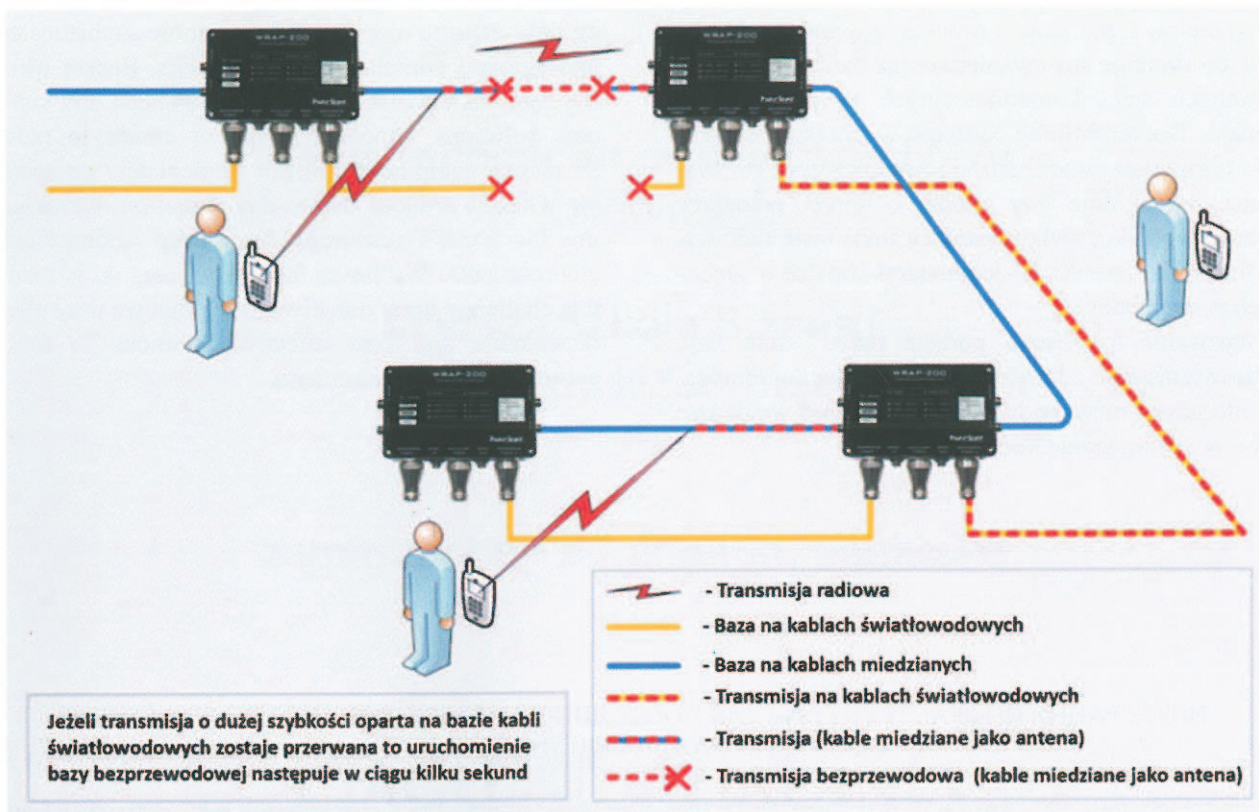
network is restricted by means of an optimum range limit. Because of the weak signal range the wireless network can be built upon a coaxial infrastructure with amplifiers to strengthen the radio frequency. WRAP's (Wireless Router Access Points) should be deployed throughout the coaxial infrastructure to maintain a strong wireless network.

Adding the optic-fibre infrastructure makes the backbone considerably more efficient because it transmits higher bandwidths over longer distances. A fibre optic infrastructure transmits information from point to point by sending pulses of light through the optic-fibre making it to be a much more efficient infrastructure to have the WLAN backbone built upon. Fortunately the WRAP can support and assist both coaxial and optic-fibre infrastructures. The optic-fibre will most likely be favoured over the coaxial when data is being transmitted, but if it occurs that either or both these infrastructures are simultaneously disrupted, the WRAP will send the radio frequency through the coaxial even if it's broken, utilizing the cable as an antenna to continue transmission. This cooperation of the three infrastructures makes the Hybrid Radiating Cable and WLAN backbone an irreplaceable backbone to have.

The Wireless LAN is unlikely to function at its optimum without the hybrid fibre-coaxial backbone, but when it isn't possible to connect all the router access points into a fixed point backbone, the routers can be wirelessly added to the communication system as repeaters (Figure 7).

For the most part, most underground radio propagation challenges are adequately addressed with radiating cable and distributed antenna solutions. There are however specific situations where MESH networks are appropriate for the mining sector.

These systems enable the wireless interconnection of access points in an IEEE 802.11 network. MESH networks route digital data between the un-tethered client devices onto the MESH nodes and into the closest available fixed point backbone. This type of backbone deployment methodology affords the system considerable improvements in survivability and practicality in areas where damage to infrastructure is more common. Such areas include advancing sections in coal mines, working faces and areas where underground blasting is in practice. MESH networks may be used to provide highly redundant data networks as well as voice and video networks depending on their choice of interfaces and available power budgets. The battery powered nodes add the additional challenge of low power consumption to the MESH portfolio hardware. Becker Mining Systems is very experienced in low power consumption radio



Rys. 8. Architektura bezprzewodowej sieci MESH
Fig. 8. Wireless Mesh Network & Architecture

chodnikowe oraz rejony, w których prowadzone są roboty strzałowe. Sieci MESH mogą być stosowane jako sprawne redundantne sieci dla transmisji danych oraz jako sieci dla transmisji fonicznej i wideo w zależności od ich interfejsów i dostępnego zasilania. Węzły zasilane bateryjnie stanowią dla oferty sprzętowej MESH dodatkowe wyzwanie w zakresie niskiego poboru energii. Sprzęt służący do komunikacji radiowej produkcji Becker Mining Systems jest bardzo efektywny w zakresie niskiego poboru energii. Firma wykorzystując zdobyte doświadczenia planuje budowę kolejnych generacji podziemnych bezprzewodowych sieci MESH. Rozwiązania sieci MESH, odpowiednie dla specyfiki górnictwa, koncentrują się na niskim poborze energii, na praktycznych aspektach utrzymania oraz kompatybilności z powyżej opisanymi rozwiązaniami dla poszczególnych infrastruktur.

6. PODSUMOWANIE

Niezawodna i budząca zaufanie komunikacja elektroniczna stanowi część naszego codziennego życia. Trudno wyobrazić sobie sprawną i nowoczesną działalność bez systemu komunikacji obejmującej transmisję foniczną, wideo oraz transmisję danych. Ten

communication as a result of their experience in the intrinsic safety arena. We continue to apply this wealth of knowledge such that we may table the next generation of underground wireless MESH networks. These MESH networks feature mining specific advantages, centered around the low power and the practicalities of maintenance and compatibility with the aforementioned backbone solutions.

6. CONCLUSION

Reliable and dependable electronic communication has become part of our daily lives. It is difficult to imagine modern productivity being as efficient as it is without voice, video and data communication. This ubiquitous trend continues to place pressure on the

пowszechny trend panuje również w sektorze górnictwa, co skutkuje stosowaniem coraz bardziej zaawansowanych sieci komunikacyjnych w podziemiach kopalń. Becker Mining Systems wychodząc naprzeciw tym wymaganiom stosuje kompleksowe rozwiązania, szczególnie gdy chodzi o sprzęt pracujący bezprzewodowo, wykorzystujący transmisję radiową, w trudnych warunkach eksploatacji kopalni w głębokich podziemiach.

Wyzwanie to zostało podjęte przed wielu laty, a doświadczenie zdobyte od tego momentu sprawia, że oferujemy niezawodne i efektywne pod względem kosztów rozwiązania komunikacyjne.

mining sector to employ more and more sophisticated underground communication networks. Becker Mining Systems understands that sophisticated and complex solutions, especially when it comes to radio frequency equipment, are not immediately compatible with the arduous day-to-day operation of extracting the earth's resources from deep underground environments. We have, for many years now, taken this challenge upon ourselves, such that we may offer dependable and cost effective solutions to these communication requirements.

Recenzent: mgr inż. Grzegorz Mirek

ИНТЕГРАЦИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ПОСТОЯННОЙ И МОБИЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ В СОВРЕМЕННОЙ ГЛУБИННОЙ ШАХТЕ

По-современному надежная и безотказная электронная коммуникация стала необходимостью. Этот тренд является также актуальным в секторе горной промышленности и ведет к нарастанию спроса на продвинутые подземные сети передачи в глубокой горной промышленности. Встречаются три основных типа коммуникационных инфраструктур: медные кабели, светопроводные кабели и беспроводные сети типа LAN. Becker Mining System предлагает продвинутое технологическое системное решение для применения в беспроводной связи в области радиочастоты. Предлагаемые решения не компатибельны напрямую с условиями при эксплуатации ископаемых в шахтных подземных выработках. В статье описан способ, которым Becker Mining System интегрирует непрерывные и мобильные коммуникационные структуры.