

MODEL AUTONOMICZNEGO SYSTEMU POZYCJONOWANIA MASZYN W WYROBISKU KORYTARZOWYM

SŁAWOMIR BARTOSZEK, DARIUSZ JASIULEK,
SEBASTIAN JENDRYSIK, KRZYSZTOF STANKIEWICZ

InstituT Techniki Górniczej KOMAG

e-mail: sbartoszek@komag.eu, djasiulek@komag.eu, sjendrysik@komag.eu, kstankiewicz@komag.eu

Streszczenie. W referacie przedstawiono problematykę nawigacji maszyn pracujących w podziemiach zakładów górniczych, w warunkach zagrożenia wybuchem. Przeprowadzona analiza będzie podstawą do opracowania autonomicznego systemu pozycjonowania kombajnu chodnikowego jako podstawowego elementu adaptacyjnego systemu sterowania maszyną górniczą. Przedstawiono ideę pozycjonowania kombajnu w wyrobiskach korytarzowych za pomocą pomiarów fal akustycznych i radiowych. Rozwiązanie systemu pozycjonowania pozwoli na wprowadzenie maszyn pracujących bezobsługowo, nadzorowanych zdalnie ze stanowiska operatora. Prezentowana w publikacji praca jest częścią szerszego zakresu działań podjętych w ITG KOMAG, które mają na celu utworzenie nowoczesnych, bezpiecznych i inteligentnych maszyn i urządzeń ograniczających do minimum liczbę osób pracujących w warunkach występujących zagrożeń.

1. WSTĘP

Systemy nawigacyjne funkcjonują dzięki odniesieniu do sieci punktów orientacyjnych (znaków, znaczników, nadajników, transponderów itd.) umieszczonych w dokładnie określonych lokalizacjach (ewentualne zmiany położenia muszą być korygowane odpowiednimi poprawkami obliczeniowymi). Można wyróżnić systemy stosowane na powierzchni Ziemi, na powierzchni wód, pod powierzchnią Ziemi, pod wodą i w przestrzeni kosmicznej. Obecnie w nawigacji wykorzystuje się przede wszystkim zjawisko propagacji i odbić fal, czego przykładem jest radiolokacja oraz echolokacja.

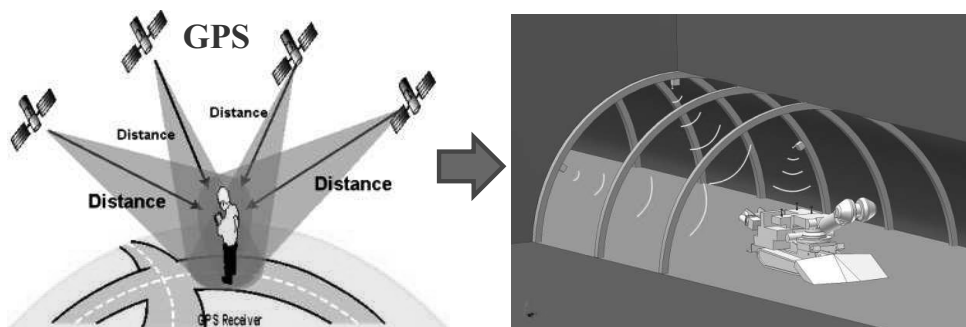
W przypadku technik nawigacji podziemnej, w wyrobiskach niezagrażonych wybuchem, stosuje się nawigację laserową, polegającą na rozstawieniu sieci powiązanych wiązek laserowych wraz z punktem referencyjnym umieszczonym na maszynie urabiającej caliznę. Metoda ta jest stosowana głównie w drażeniu tuneli na powierzchni Ziemi. Warunkiem działania systemu jest takie rozstawienie przekaźników laserowych, aby widziały się one wzajemnie. W ten sposób wyznaczony jest bardzo precyzyjnie kierunek prowadzonych robót górniczych. Obecnie trwają prace badawcze nad implementacją podobnego rozwiązania w górnictwie węglowym, jednak ograniczona moc wiązki laserowej wymusza większą liczbę laserowych stacji przekaźnikowych, co generuje dodatkowe koszty i obciążone jest niepewnością działania. Dodatkowo metoda laserowa nie zapewnia identyfikacji przesunięć

w trzech osiach układu odniesienia, w związku z czym w chwili obecnej brak jest w pełni funkcjonalnych systemów nawigacji maszyn pracujących w podziemiach kopalń.

2. KONCEPCJA SYSTEMU

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG podjęto pracę mającą na celu opracowanie autonomicznego systemu pozycjonowania maszyn pracujących w wyrobiskach korytarzowych kopalni. Głównym obszarem zastosowań systemu są kombajny chodnikowe. Proponowane rozwiązanie, współpracując z rozbudowanym układem sterowania, pozwoli autonomicznie drażyć wyrobisko według zadanej trajektorii.

Koncepcja struktury systemu podziemnej nawigacji wzorowana jest na satelitarnym systemie GPS (rys. 1), w którym punktami odniesienia są 24 satelity umieszczone na orbitach geostacjonarnych. W przypadku rozwiązania dedykowanego do implementacji w podziemnych zakładach górniczych rolę satelitów pełnić będą aktywne układy elektroniczne instalowane na elementach obudowy chodnikowej.



Rys.1. Implementacja systemu GPS w podziemnym wyrobisku [1]

System GPS wykorzystuje w swoim działaniu fale elektromagnetyczne. Powszechnie znane są dwie metody pomiarów odległości w oparciu o propagację tych fal [2]:

- metoda fazowa, bazująca na generowaniu fali o znanej częstotliwości i długości, a następnie w wyniku porównania fali odbitej i generowanej, określeniu ich wzajemnego przesunięcia fazowego proporcjonalnego do odległości od obiektu, od którego fala została odbita.
- metoda echa, bazująca na pomiarze czasu pomiędzy momentem wysłania fali, a odbiorem jej echa, co w przypadku fal elektromagnetycznych, których prędkość zbliżona jest do prędkości światła jest utrudnione i wymaga stosowania wysokiej klasy sprzętu pomiarowego oraz przetwarzającego.

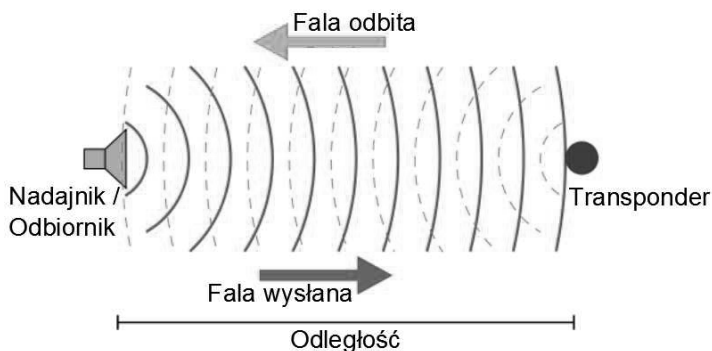
Ponieważ prędkość rozchodzenia się fali elektromagnetycznej jest zbyt duża, aby wykorzystywać ją na stosunkowo niewielkich odległościach, brak jest możliwości bezpośredniej implementacji przedstawionych metod pomiarowych. Dlatego analizowano system w postaci hybrydowej, który obok fal radiowych wykorzystuje znacznie wolniejsze fale akustyczne. Stosowanie fal akustycznych do określenia położenia zwane jest echolokacją i jest stosowane w systemach takich jak SONAR [3]. Podobne rozwiązania stosowane są w wojskowych systemach określających kierunek wskazujący na miejsce, z którego oddano strzał (rys. 2).



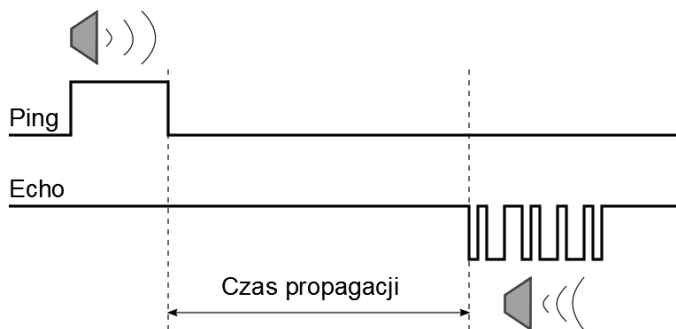
Rys.2. Wojskowy system wyznaczania kierunku wystrzału [4]

3. BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA

Proponowany, główny moduł systemu pozycjonowania zabudowany będzie na korpusie kombajnu i składał się będzie z modułu sterującego, do którego dołączony będzie zestaw anten nadawczo – odbiorczych. Anteny kombajnu będą się komunikowały bezpośrednio z trzema aktywnymi układami odniesienia czyli transponderami, które umieszczone będą w dowolnych, lecz niezmiennych miejscach na obudowie chodnika. Transponder będzie bezprzewodowym urządzeniem komunikacyjnym, które automatycznie będzie odbierać i odpowiadać na sygnał przychodzący, w czasie rzeczywistym. W opisywanym przypadku transpondery zbudowane będą z zasilacza akumulatorowego, mikroprocesorowego układu sterowania, przetwornika ultradźwiękowego oraz radiowego układu nadawczego. Zasada działania systemu opierać się będzie na pomiarze odległości kombajnu od punktów referencyjnych na podstawie różnicy czasów propagacji fal akustycznych (rys. 3). Do tego celu wykorzystane zostaną fale o częstotliwości większej od zakresu pasma słyszalnego (ultradźwięki).



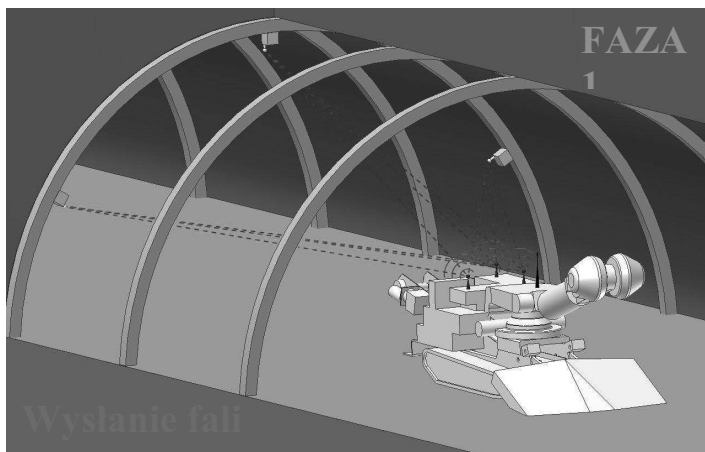
Rys.3. Pomiar odległości za pomocą odbicia fal [5]



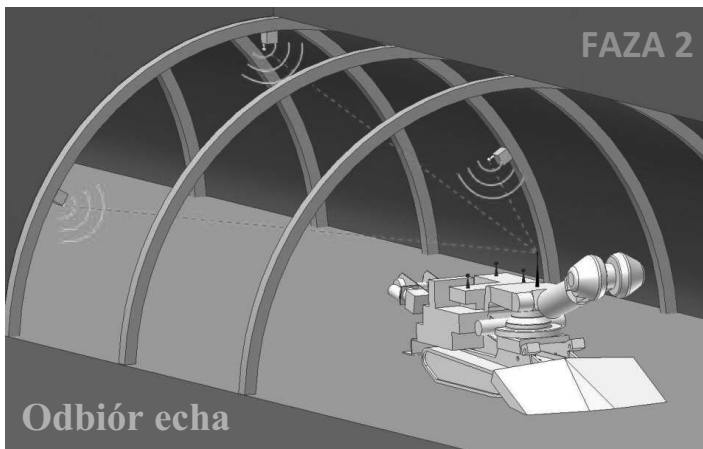
Rys.4. Pomiar czasu propagacji fali [źródło własne]

Układ sterowania modułu zabudowanego na kombajnie będzie zliczał czas od momentu wysłania fali przez nadajnik, do momentu odbioru radiowego echa generowanego przez transponder w odpowiedzi na wymuszenie ultradźwiękowe (rys. 4). Zmierzony przedział czasu, wynikający z określonej prędkości propagacji fali będzie następnie przeliczany na odległość.

Cały pomiar, od strony kombajnu, będzie realizowany w dwóch fazach: wysłanie fal akustycznych oraz odbiór odpowiedzi w postaci fali radiowej (rys. 5 i 6).



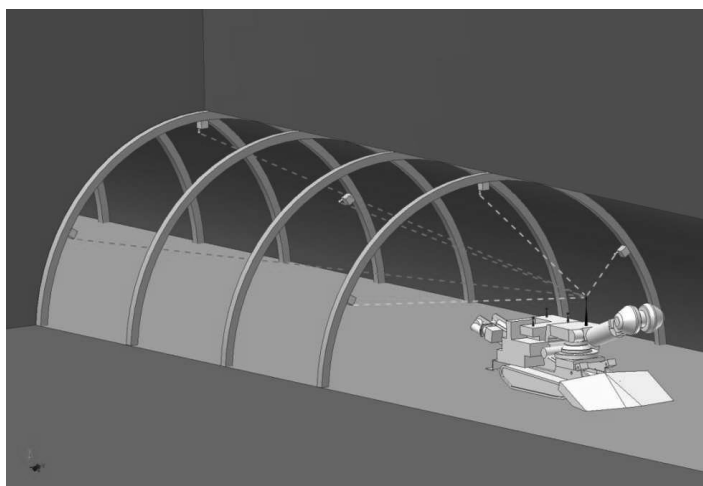
Rys.5. Wysłanie fali akustycznej przez układ nadawczy kombajnu [źródło własne]



Rys.6. Odbiór fali powrotnej przez układ odbiorczy kombajnu [źródło własne]

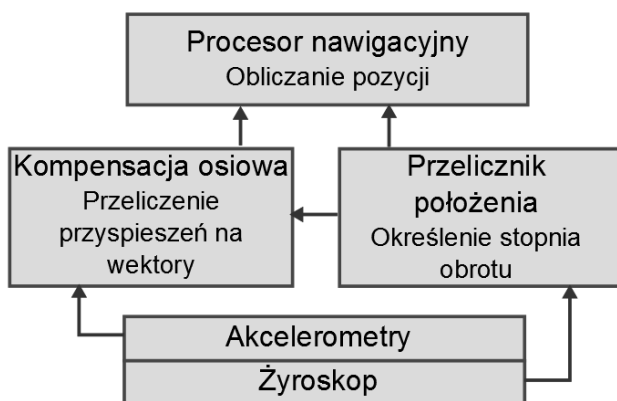
Na kombajnie zabudowane będą trzy dookólne anteny nadawcze fal ultradźwiękowych, składające się ze wzmacniacza oraz przetwornika piezoelektrycznego. Anteny wyznaczać będą płaszczyznę o zdefiniowanej orientacji względem kombajnu. Punkty te będą generować ultradźwięki kolejno po sobie, w niewielkich odstępach czasowych. Wysłana fala dotrze do kolejnych transponderów, które natychmiast odpowiedzą wysłaniem informacji zwrotnej w postaci fali radiowej. Na kombajnie zabudowana będzie pojedyncza antena odbiorcza. Wysłane przez transpondery wiązki fal radiowych zawierać będą kod identyfikujący nadawcę.

Drażąc wyrobisko kombajn stopniowo oddala się od zainstalowanych punktów odniesienia, jednocześnie maleje rozdzielczość pomiarowa oraz moc odbieranych sygnałów. Przewiduje się, że zakres pracy z pojedynczym układem punktów odniesienia to około 50m. Po przebyciu przez kombajn tej odległości, system zasygnalizuje konieczność zabudowy nowego układu punktów odniesienia, w mniejszej odległości od maszyny. Po ich instalacji system automatycznie przeprowadzi proces wykrywania oraz przełączy się do pracy w nowym układzie odniesienia (rys. 7).

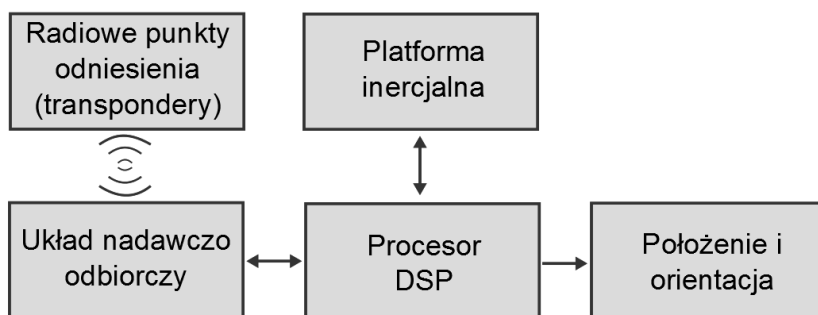


Rys.7. Automatyka synchronizacji z nowym układem odniesienia [źródło własne]

System wyposażony zostanie w moduł bezwładnościowy (rys. 8), który będzie wspomagał proces określania pozycji kombajnu. Rozwiązanie takie stosowane jest w lotnictwie. Moduł składał się będzie z 3 – osiowego układu akcelerometrów mierzących przemieszczenie oraz żyroskopu mierzącego obrót. Moduł ten będzie źródłem sygnałów porównawczych, umożliwiających eliminację błędów wynikających z zakłóceń oraz niedokładności pomiarowych.



Rys.8. Nawigacyjny system bezwładnościowy (inercyjny) [6]



Rys.9. Schemat blokowy systemu pozycjonowania maszyn w wyrobisku korytarzowym [źródło własne]

Na rys. 9 przedstawiono schemat blokowy proponowanego systemu pozycjonowania maszyn pracujących w wyrobisku korytarzowym kopalni. Najważniejszą jego częścią będzie jednostka centralna, wyposażona w wydajny procesor DSP. Główną zaletą procesora jest praca z częstotliwością próbkowania wynoszącą kilkadziesiąt megaherców, co umożliwia szybką selekcję i generację impulsów o różnych kształtach i szerokościach oraz cyfrową filtrację sygnałów. Procesor będzie analizował dane pomiarowe napływające z układu nadawczo – odbiorczego oraz modułu bezwładnościowego i na tej podstawie będzie obliczał aktualną pozycję kombajnu. Informacje o położeniu i orientacji kombajnu będą wysyłane poprzez interfejs komunikacyjny do sterownika nadrzędnego, gdzie zostają poddane dalszej analizie.

4. PODSUMOWANIE

Przedstawione rozwiązanie ma służyć opracowaniu rozbudowanego systemu, który we współpracy z układem sterowania pozwoli maszynom górniczym, takim jak kombajn chodnikowy, drażyć podziemne wyrobisko według zadanej trajektorii. Implementacja systemu pozycjonowania wpłynie nie tylko na zwiększenie bezpieczeństwa, lecz również docelowo umożliwi automatyzację procesu urabiania calizny, co w sposób istotny wpłynie na zwiększenie efektywności procesu urabiania.

W chwili obecnej na rynku brak jest w pełni sprawdzonych systemów automatycznej nawigacji maszyn pracujących w podziemiach kopalń. Głównym powodem utrudniającym wprowadzenie ich do stosowania w zakładach górniczych są warunki środowiskowe oddziałujące na systemy telemetryczne. Wiąże się to m.in. z koniecznością stosowania budowy przeciwwybuchowej.

W opracowywanym systemie wykorzystano innowacyjną, jeśli chodzi o zastosowanie w podziemiach kopalni, metodę pomiarową, która umożliwia dostosowanie systemu do pracy w tak trudnych warunkach eksploatacyjnych. W chwili obecnej w Instytucie Techniki Górniczej KOMAG trwają prace nad budową przedstawionego systemu pozycjonowania, celem jego wdrożenia.

LITERATURA

1. www.gpspec.com Global Positioning System (GPS) & Technology, "GPS Knowledge"
2. www.nauticalissues.com "Podstawy astronomii, Wyznaczanie współrzędnych za pomocą konstelacji satelitów GPS"
3. Salamon R.: Systemy hydrolokacyjne. Gdańsk: Wyd. Gdańskie Towarzystwo Naukowe, 2006
4. www.gizmag.com „Vehicle-mounted Acoustic Sniper Detection System”
5. Strona internetowa pl.wikipedia.org, „Teledetekcja”
6. Strona internetowa J. Tomczaka – Janowskiego: www.heading.pata.pl „Lotnicze systemy nawigacyjne”

MODEL OF AUTONOMOUS POSITIONING SYSTEM OF MACHINES IN A ROADWAY

Summary. Analysis of problems associated with navigation system of machines operating in underground of mining plants in conditions of gas or coal dust explosion hazard was presented in the paper. Presented analysis will be used during development of autonomous positioning system of roadheader, which is a key component of adaptive control system. An idea of positioning technology of roadheader in roadways by measurements with use of complementary properties of acoustic waves and radio waves was presented in the paper. Solution of the problem will enable to introduce automatic machines controlled remotely by the operator. The subject is in accordance with an idea of creation of state-of-the-art mine to minimize a number of people working in life and health threatening conditions.

