

MOŻLIWOŚCI WSPARCIA POLSKICH KONTYNGENTÓW WOJSKOWYCH PRZEZ WIELOSENSOROWY SYSTEM ROZPOZNANIA I DOZOROWANIA

Paweł KANIEWSKI, Janusz ROMANIK, Adam KRAŚNIEWSKI, Paweł
SKARŻYŃSKI, Edward GOLAN

Zakład Radiokomunikacji i Walki Elektronicznej
Wojskowy Instytut Łączności
05-130 Zegrze, ul. Warszawska 22 A

Streszczenie

Postęp techniczny w dziedzinie sensorów umożliwia obecnie zastosowanie ich nawet na najniższych szczeblach organizacyjnych sił zbrojnych. Automatyczne wykrycie, rozpoznanie i identyfikacja potencjalnych zagrożeń wymaga zastosowania nowoczesnych sensorów oraz zaawansowanych systemów analizy zbieranych przez nie danych. Główne problemy, przed którymi stoją konstruktorzy systemów rozpoznania i dozorowania, to fuzja danych z różnych sensorów oraz automatyczne filtrowanie informacji użytecznej od nieużytecznej.

W referacie przedstawiono architekturę i możliwości Wielosensorowego Systemu Rozpoznania i Dozorowania (WSRiD), który został opracowany w odpowiedzi na rosnące potrzeby wojsk w zakresie zabezpieczenia rozpoznawczego. Podstawowym przeznaczeniem WSRiD jest wsparcie zadań realizowanych przez Grupy Bojowe w Polskich Kontyngentach Wojskowych (PKW). System, pracując w trybie systemu alarmowego, może być wykorzystany m.in. do zapewnienia samoosłony ugrupowania pojazdów rozpoznawczych, zaś w zastosowaniach stacjonarnych umożliwia dozorowanie terenu wokół baz PKW. Wyposażenie techniczne, na które składa się główny podsystem obserwacyjny, radar pola walki, podsystem mini BSP i wynośny podsystem samoosłony, zostało zainstalowane na kołowej, opancerzonej platformie transportowej, co umożliwi jego użycie w ugrupowaniu pododdziałów zmechanizowanych. Wynośne sensory posiadają własne zasilanie akumulatorowe i komunikują się drogą bezprzewodową, co ułatwia ich rozmieszczenie w terenie.

Referat prezentuje możliwości sensorów WSRiD, w szczególności zaś radarów i kamer rozpoznania w zakresie światła widzialnego i podczerwieni. Opisano parametry i koncepcję wykorzystania wybranych sensorów walki elektronicznej.

Przewiduje się, że podobnej klasy systemy lub podsystemy użyte samodzielnie, w perspektywie najbliższych lat będą standardowym wyposażeniem PKW.

1. WSTĘP

Postępująca miniaturyzacja i rozwój technologii w dziedzinie mechaniki, elektromechaniki, bezprzewodowej komunikacji i elektroniki spowodował coraz szersze stosowanie sieci sensorowych, złożonych z miniaturowych, komunikujących się ze sobą komputerów. Komputery te złożone z elementów sensorycznych, przetwarzania danych i komunikacji bezprzewodowej wykorzystują ideę sieci sensorowych, opartą na współdziałaniu wielu sensorycznych węzłów komunikacyjnych. Sieci sensorowe mają typową architekturę ad-hoc, są samo-konfigurujące się. Węzły tej sieci są odpowiednio zarządzane, tak by poprzez przechodzenie do trybu zmniejszonego poboru mocy oraz optymalizację komunikacji bezprzewodowej, oszczędzać źródła zasilania. Znacznie wydłuża to czas życia sensorów w terenie. Opracowywane i implementowane są wydajne algorytmy routingu oraz odtwarzania stanu po awarii sieci. Sieci te będą coraz powszechniej stosowane w armii, straży granicznej, policji, systemach ochrony/monitorowania lasów i wielu innych dziedzinach życia.

Jak wiele innych technologii, także sieci sensorowe zawdzięczają swój rozwój badaniom wojskowym, jednak obecnie zaczynają odgrywać coraz większą rolę w budowie aplikacji wykorzystywanych przede wszystkim w przemyśle. Sieci sensorowe mogą składać się z wielu różnych odmian sensorów np. sejsmiczne, termiczne, akustyczne, czy wyposażone

w zminiaturyzowany radar. Taka różnorodność sensorów sprawia, że są one w stanie pełnić swoje funkcje w bardzo zróżnicowanych warunkach i monitorować wiele różnych czynników.

Bezprzewodowe sieci sensorów mogą być integralną częścią systemów C4ISR. Szybka gotowość do pracy, samoorganizowanie się i odporność na uszkodzenia powoduje, że sieci sensorowe są atrakcyjną technologią dla takich systemów. Ponieważ sieci czujników oparte są o gęste rozmieszczenie stosunkowo tanich węzłów sensorycznych, zniszczenie niektórych sensorów podczas prowadzenia działań nie wpływa w istotny sposób na przebieg operacji, jak się to dzieje przy zniszczeniu tradycyjnego czujnika. W tym względzie koncepcja sieci sensorów dobrze pasuje do warunków nowoczesnego pola walki.

Zastosowanie militarnych sieci sensorowych sprowadza się najczęściej do:

- Monitorowania żołnierzy, sprzętu i amunicji. Przełożeni mogą cały czas monitorować położenie podległych żołnierzy, stan i gotowość do użycia sprzętu wojskowego oraz amunicji na polu walki. Każdy żołnierz, sprzęt oraz amunicja może być wyposażony w sensor, którego zadaniem jest informowanie o ich stanie. Informacje takie są zbierane przez węzeł nadrzędny i dystrybuowane zgodnie z zakresem odpowiedzialności i zainteresowania, dzięki czemu ułatwione jest podejmowanie decyzji;
- Inwigilacja pola bitwy czy terenu przeciwnika. Strategiczne tereny, główne drogi, ścieżki czy przesmyki monitorowane poprzez rozmieszczenie sensorów mogą informować o ruchach przeciwnika;
- Zapewnianie bezpieczeństwa baz oraz miejsc biwakowania i postoju poprzez monitorowanie otaczającego terenu.

W wojsku stosuje się głównie sensory trudne do wykrycia przez przeciwnika. Jedynym elementem aktywnym jest środek łączności bezprzewodowej, uaktywniający się tylko w razie konieczności wysłania komunikatu, po czym urządzenie znów wyłącza elementy nadawcze. Zapobiega to wykryciu i pozwala oszczędzać źródła zasilania, przedłużając czas życia sensora w terenie.

Węzły sieci mogą być wyposażone w różne sensory:

- Rozpoznania radioelektronicznego, np. radary;
- Rozpoznania obrazowego, np. kamery bezprzewodowe;
- Akustyczne, np. mikrofony wykrywające poruszające się pojazdy;
- Sejsmiczne, np. czujki akustosejsmiczne wykrywające wibracje wywołane przez przechodzące osoby lub poruszające się pojazdy;
- Magnetyczne, np. czujniki wykrywające metalowe obiekty (pojazdy);
- Termiczne, np. kamery podczerwieni.

W zastosowaniach wojskowych obserwuje się tendencję zmierzającą do integracji sieci sensorów różnych typów, w celu zapewnienia skutecznego rozpoznania/monitoringu poprzez obserwację i przetwarzanie zróżnicowanych parametrów lub cech wykrywanych obiektów. Przykładem platformy integrującej sieci sensorów, w szczególności kamer i radarów, jest Wielosensorowy System Rozpoznania i Dozorowania (WSRiD), zbudowany na bazie KTO ROSOMAK [1].

2. WSRiD JAKO ZINTEGROWANA SIEĆ SENSORÓW

WSRiD został opracowany w odpowiedzi na rosnące potrzeby wojsk w zakresie zabezpieczenia rozpoznawczego [2]. Podstawowym przeznaczeniem WSRiD jest wsparcie zadań realizowanych przez Grupy Bojowe w Polskich Kontyngentach Wojskowych (PKW).

WSRiD przeznaczony jest do realizacji następujących zadań [3]:

- Obserwacja terenu z zamontowanych na maszcie sensorów wokół miejsca rozwinięcia, w warunkach dziennie-nocnych, w każdej porze roku, w różnych warunkach atmosferycznych;
- Obserwacja i przekaz obrazu z platformy powietrznej miniBSP wokół miejsca rozwinięcia systemu;
- Samoosłona (praca w trybie systemu alarmowego) ugrupowania pojazdów rozpoznawczych.

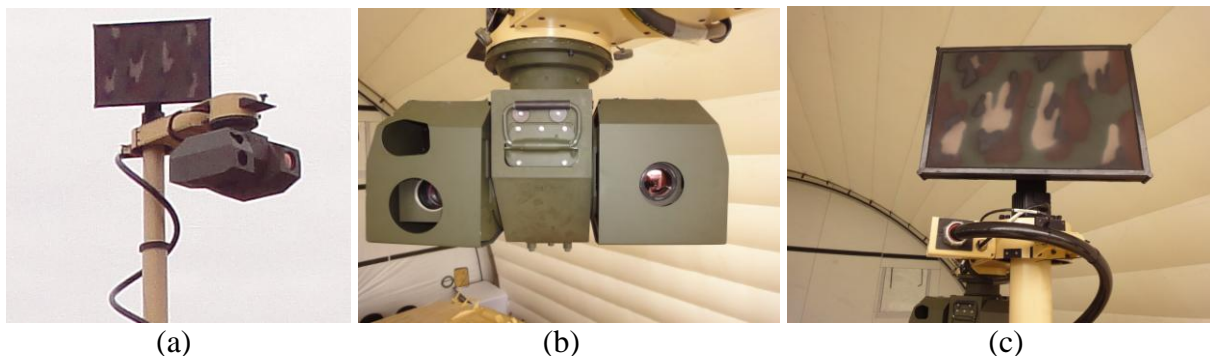
Dla realizacji tych zadań WSRiD wyposażony jest cztery podsystemy, których krótką charakterystykę zamieszczono poniżej.

2.1. Wyośna Głowica Obserwacyjna i radar rozpoznania pola walki

Obserwacja terenu z zamontowanych na maszcie sensorów (Rys. 1) wykonywana jest za pomocą radaru rozpoznania pola walki (RRPW) i wielosensorowej głowicy obserwacyjnej (WGO).

RRPW jest lekkim radarem średniego zasięgu wykorzystywanym we WSRiD w celu zapewnienia wykrywania i rozpoznawania celów poruszających się po ziemi oraz nisko lecących helikopterów. Klasyfikuje i rozróżnia cele w oparciu o ich wielkość i charakterystykę ruchu. Jest on zamontowany na maszcie, przez co jest zintegrowany mechanicznie z drugim sensorem- Wielosensorową Głowicą Obserwacyjną. Jako RRPW został wykorzystany produkt firmy Pro Patria Electronics– PGSR-3i „Beagle”. Podstawowe parametry techniczne radaru zamieszczone zostały w Tabeli 1.

Wielosensorowa Głowica Obserwacyjna umożliwia wykrycie, rozpoznanie oraz identyfikację celów (ludzi, zwierząt, pojazdów oraz nisko latających statków powietrznych). WGO składa się z kamery obserwacji dziennej, kamery nocnej i dalmierza laserowego umieszczonych na podeście ze stabilizacją dwuosiową.



Rys. 1. Widok sensorów: (a) sensory umieszczone na maszcie, (b) WGO, (c) RRPW

Podstawowe parametry techniczne sensorów WGO i RRPW zamieszczono w Tabeli 1.

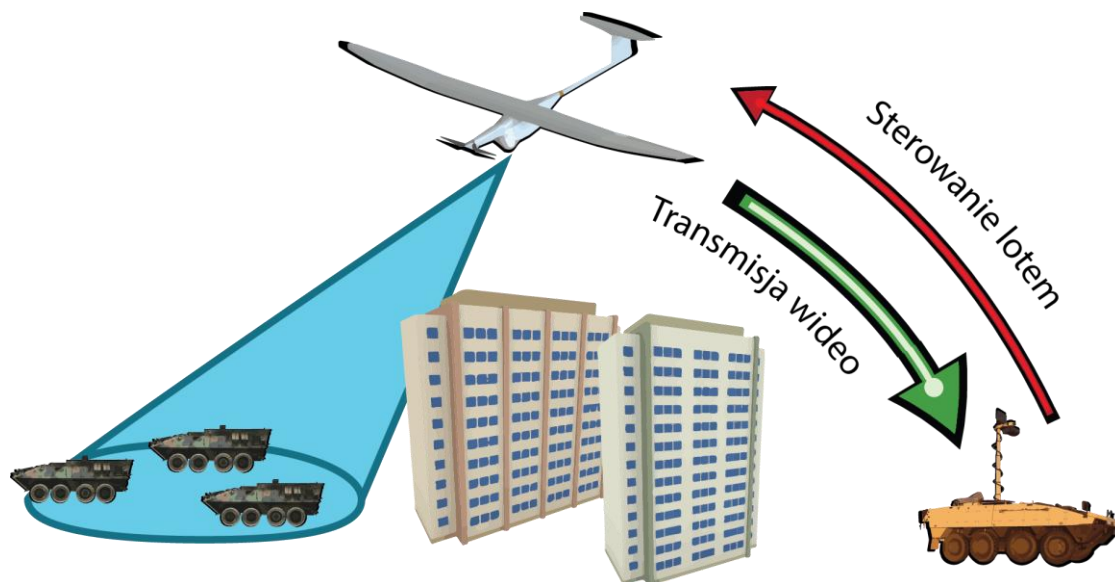
Tabela 1. Parametry techniczne RRPW i WGO

(a) RRPW		(b) WGO	
Parametr	Wartość	Parametr	Wartość
Częstotliwość skanowania	7° i 14°/sec	Kamera obserwacji dziennej	
Dokł. określenia azymutu	≤ 0.5°	Wąskie pole widzenia	0,75 °
Częstotliwość pracy	I/J (X) Pasma, 9,741 – 10,277 GHz	Szerokie pole widzenia	25 °
Moc promieniowana	0 mW, 20 mW, 200 mW lub 2 W	Matryca	1/3", Super HAD CCD
Pasma IF odbiornika	1,6 MHz	Czułość	≤1 Lx
Czułość odbiornika	-137 dBm (RBW = 3 kHz) -157 dBm (BW filtru cyfrowego = 16 Hz)	Kamera termowizyjna	
		Zakres widmowy	3,6- 4,8 μm
		Wąskie pole widzenia	1,25 °
		Szerokie pole widzenia	25 °
		Rozdzielczość termiczna	≤ 50 mK
		Dalmierz laserowy	
		Długość fali	1,54 μm
		Dokładność	± 5 m
		Rozdzielczość	2,5 m

2.2. Platforma powietrzna MiniBSP

Obserwacja i przekaz obrazu z platformy powietrznej miniBSP wokół miejsca rozwinięcia systemu wykonywany jest wykorzystaniem platformy FlyEye.

MiniBSP FlyEye do komunikacji wykorzystuje moduły radiowe pracujące w paśmie NATO umożliwiające transmisję obrazów wideo w czasie rzeczywistym. Zasięg łączności między platformą powietrzną i stanowiskiem naziemnym wynosi kilkadziesiąt kilometrów.



Rys. 2. Prowadzenie misji rozpoznawczej z wykorzystaniem miniBSP

2.3. Wyośny System Samoosłony

Samoosłona (praca w trybie systemu alarmowego) ugrupowania pojazdów rozpoznawczych realizowana jest z wykorzystaniem Wyośnego Systemu Samoosłony (WSS) zbudowanego w oparciu o miniaturowe radary detekcji ruchu (MRDR) zintegrowane z wyośnymi głowicami obserwacyjnymi oraz czujki akustosejsmiczne (Rys. 3).



Rys. 3. Elementy WSS: (a) wyośna głowica zintegrowana z MRDR, (b) czujka akustosejsmiczna

WSS jest przeznaczony do pracy stacjonarnej. Umożliwia on dookólną ochronę dozorowanej strefy wokół pojazdu oraz wstępne rozpoznanie celów.

Wyośny system samoosłony składa się z następujących elementów:

- Miniaturowy radar detekcji ruchu – 5 szt.;
- Wyośna głowica obserwacyjna – 5 szt.;
- Czujka akustosejsmiczna – 9 szt.

MRDR-y są zintegrowane w pary z wyośnymi głowicami obserwacyjnymi i umieszczane na przystosowanych do tego celu trójnogach. MRDR pozwalają na wykrywanie i śledzenie ludzi z odległości ponad 1km a pojazdów z odległości ponad 2 km.

Wyośne głowice obserwacyjne konstrukcyjnie umieszczone nad MRDR, przy dobrej widzialności optycznej, zapewniają wykrycie pojedynczego człowieka z odległości nie mniejszej niż 100 m a pojazdu z odległości nie mniejszej niż 500 m.

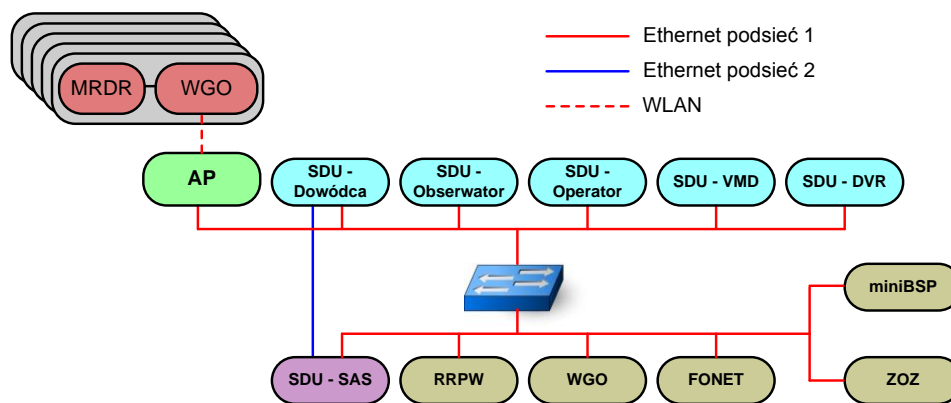
Czujki akustosejsmiczne są w pełni zintegrowanymi sensorami umożliwiającymi wykrycie oraz klasyfikowanie celu. Ich zadaniem jest wykrywanie poruszających się pojedynczych osób, grup ludzi bądź też pojazdów i przekazywanie raportów do stanowiska operatora znajdującego się w pojeździe WSRiD. Czujka, niezależnie od rodzaju terenu (kamienisty, pustylny, podmokły) umożliwia wykrycie poruszającego się człowieka z odległości kilkudziesięciu metrów a lekkiego pojazdu z odległości kilkuset metrów.

System samoosłony przeznaczony jest do ochrony peryferyjnej zgrupowania pojazdów i żołnierzy, w trakcie przebywania poza bazami PKW na doraźnie organizowanych postojach. System zapewnia:

- Dookólną ochronę dozorowanej strefy o wymiarach co najmniej 300 m x 300 m;
- Zapobieganie skrytemu podejściu osób lub pojazdów do strefy dozorowanej na odległość mniejszą niż ta, która zapewniana jest odpowiednio dla MRDR i czujek akustosejsmicznych;
- Wstępne rozpoznanie celu/celów z odległości zapewnianej przez MRDR.

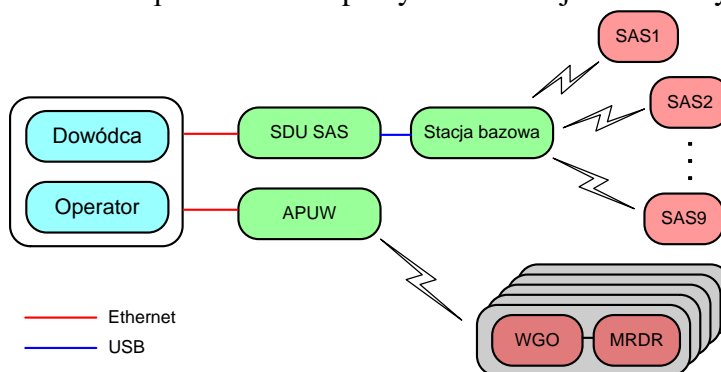
3. INTEGRACJA SIECI SENSORÓW

Integracja w systemie WSRiD zrealizowana jest w oparciu o lokalną sieć Ethernet. Architektura systemu została przedstawiona na rysunku 4. Podstawowymi elementami wchodzącymi w skład tej architektury są terminale SDU, które w zależności od konfiguracji pełnią różne funkcje. Komunikacja w WSRiD odbywa się na zasadzie Klient-Serwer. Elementem pełniącym obydwie te funkcje jest terminal dowódcy. Pozostałe terminale, obserwatora WGO i RRPW, a także operatora WSS i ZOZ są klientami.



Rys. 4 Sposób integracji elementów WSRiD

Elementem integrującym i pozwalającym na dostęp do informacji uzyskiwanych przez sieć sensorów jest zainstalowana na terminalach SDU Centralna Aplikacja Operatora (COA). Umożliwia ona zarządzanie elementami systemu, do których dostęp jest różny w zależności od przeznaczenia danego stanowiska. COA posiada możliwość sterowania elementami systemu, odtwarzania obrazu pozyskiwanego z poszczególnych sensorów, jak również wyświetlania na podkładzie mapowym informacji o nowo wykrytych celach.

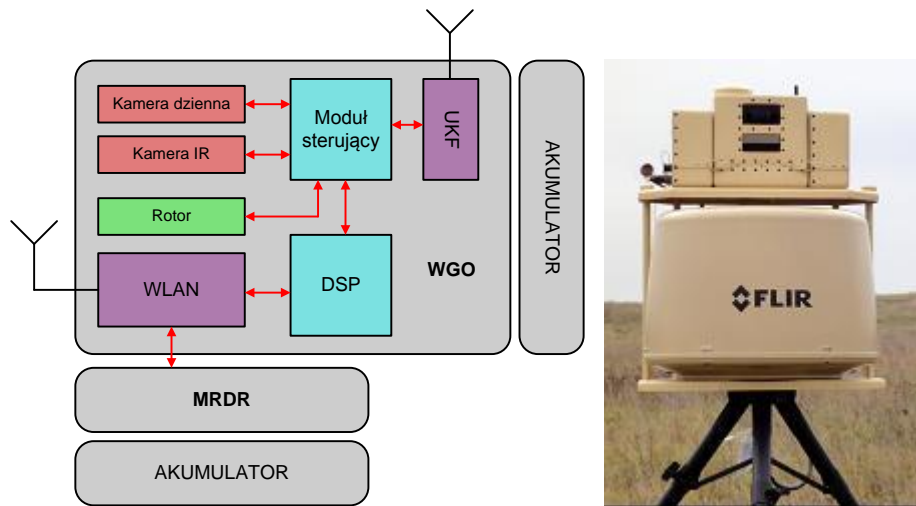


Rys. 5 Sposób integracji elementów Wyośnego Systemu Samoosłony

Ponadto COA posiada szereg innych funkcji takich jak:

- Wskaźnik własnej pozycji i kierunku;
- Wyświetlanie informacji taktycznej na mapie, w tym;
 - Wspólny obraz operacyjny;
 - Wykrycie celu przez sensory;
- Wymiana wiadomości tekstowych;
- Możliwości analizy terenu;

- Analiza radialna LOS (linii widzenia);
- Analiza kontrolna i kontrolowanego obszaru;
- Analiza LOS (linii widzenia) punkt - punkt;
- Analiza najwyższego/najniższego punktu;
- Pomiar azymutu - odległość.



Rys. 6 Sposób integracji MRDR z Wyośną Głowicą Obserwacyjną

Obsługa sensorów wchodzących w skład Wyośnego Systemu Samoosłony odbywa się z poziomu stanowiska operatorskiego lub dowódcy przy wykorzystaniu COA. W szczególności możliwe jest:

- Odbieranie alarmów z dziewięciu czujek akustosejsmicznych;
- Odbieranie danych pozyskiwanych z pięciu MRDR;
- Kontrolowanie pięciu Wyośnych Głowic Obserwacyjnych i odbiór obrazu wideo.

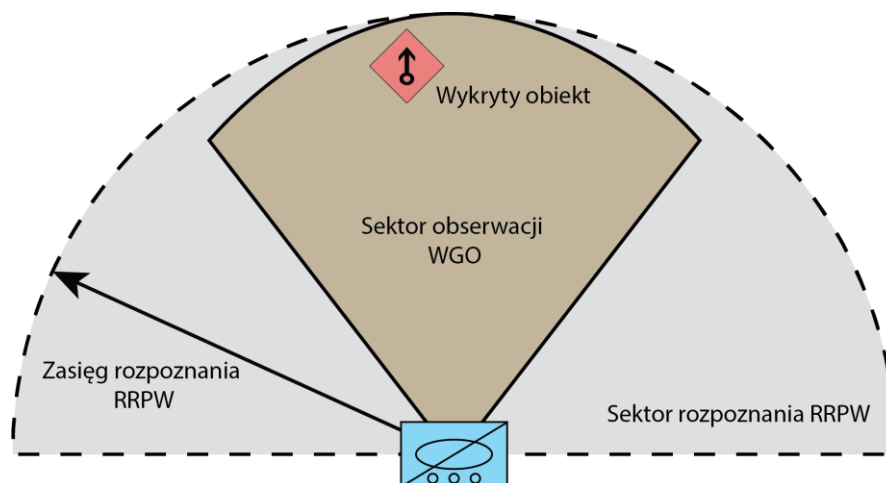
Wyośna Głowica Obserwacyjna transmituje dane otrzymane z MRDR do pojazdu WSRiD. W związku z tym głowica może być używana bez MRDR, natomiast MRDR nie może być używany bez głowicy, która zapewnia mu łączność. Ze względu na fakt, że wyośna głowica obserwacyjna nie jest wyposażona w moduł GPS, to dane o położeniu przekazywane są z MRDR, który taki moduł posiada.

4. DZIAŁANIA ROZPOZNAWCZE

WSRiD jest wyposażony w sensory umożliwiające prowadzenie rozpoznania lub dozoru (ochrona) strefy wokół pojazdu bazowego. Podczas typowej misji rozpoznawczej mogą być stosowane:

- Sensory umieszczone są na maszcie pojazdu (WGO i RRPW),
- Kamery umieszczone na platformie mini BSP
- Łącznie WGO, RRPW i kamery mini BSP.

Rozpoznanie za pomocą sensorów umieszczonych na maszcie jest możliwe tylko w czasie postoju. W zależności od warunków atmosferycznych zamiennie stosowane są kamery dzienna i nocna. Kamery obserwacyjne, wchodzące w skład WGO, przy widzialności optycznej od 5 km do 10 km i przy opadach 0 mm/h, zapewniają wykrycie pojedynczego człowieka (żołnierza) z odległości ponad 5 km [4].



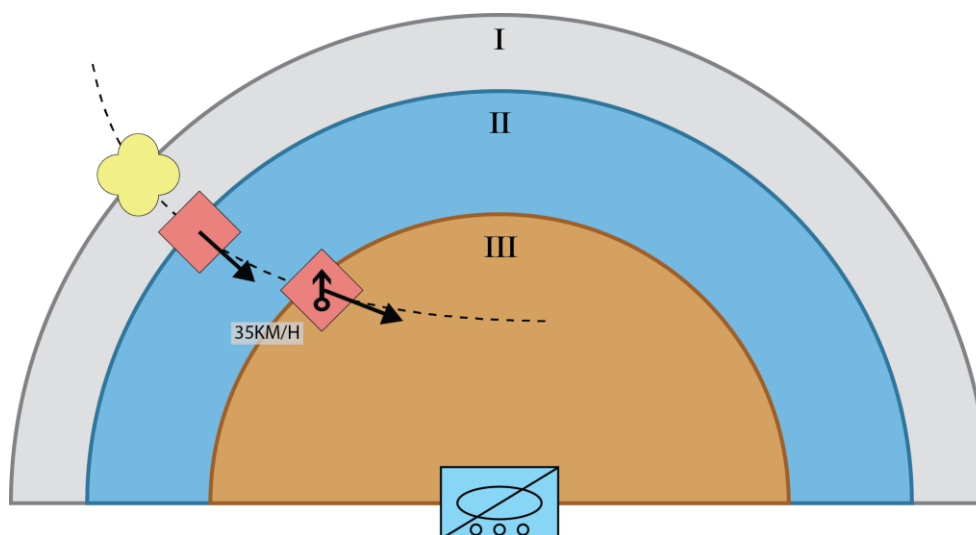
Rys. 7. Prowadzenie misji rozpoznawczej z wykorzystaniem WGO i RRPW

Z dotychczasowych doświadczeń wynika, że system umożliwia wykrycie standardowego celu NATO 2,3 m x 2,3 m z odległości ponad 7 km.

Wchodzący w skład WGO dalmierz laserowy służy do pomiaru odległości między WSRiD i wykrytym i celami. W czasie badań systemu potwierdzono zasięg działania dalmierza laserowego przekraczający 10 km.

Możliwości RRPW w zakresie wykrywania poruszających się obiektów naziemnych takich jak człowiek są zbliżone do przedstawionych powyżej zasięgów kamer. Przeprowadzone badania systemu potwierdziły możliwość wykrycia poruszającego się żołnierza z odległości ponad 5 km. W trakcie badań systemu wykonano kilka prób wykrycia i każda z nich zakończyła się z sukcesem. W czasie testu trwającego około 2 godzin nie stwierdzono fałszywych wykryć w promieniu około 1 km wokół realnego celu, tzn. pojedynczego żołnierza [4].

Na poniższym rysunku przedstawiono schematycznie strefy (granice zasięgu), w których następuje wykrycie celu (I), jego rozpoznanie (II) oraz identyfikacja (III).



Rys. 8. Granice zasięgów wykrywania, rozpoznania i identyfikacji sensorów WGO z zastosowaniem kamery dziennej

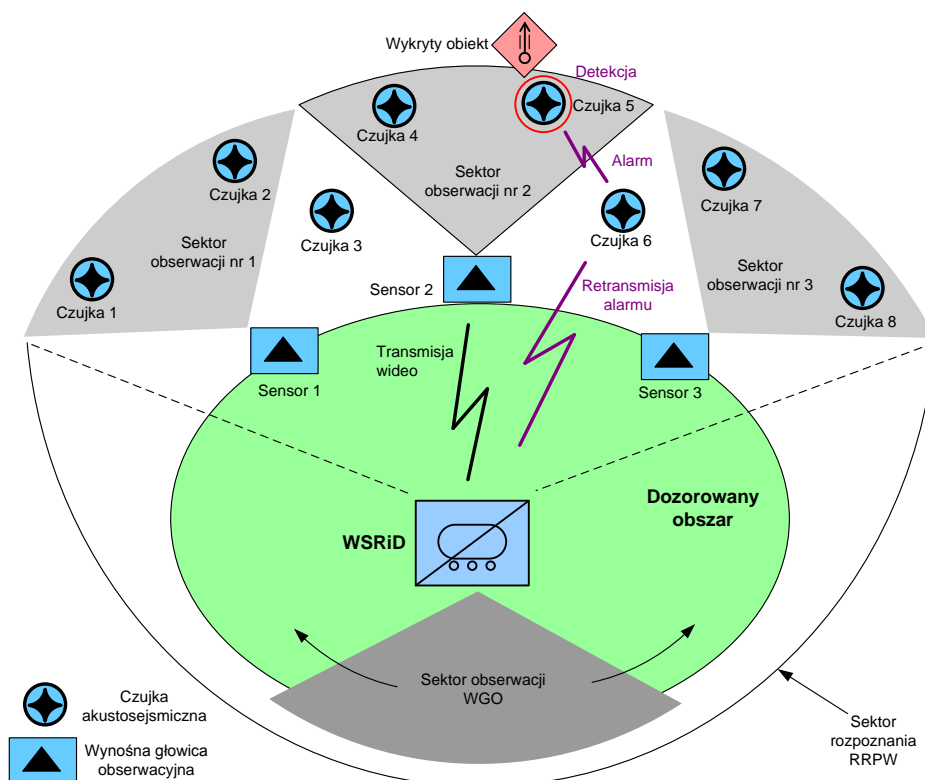
W sytuacji gdy nie jest możliwe prowadzenie rozpoznania przez sensory umieszczone na pojeździe, np. ze względu na odległość lub przeszkody terenowe, wówczas wykorzystywana jest platforma powietrzna miniBSP. Kamery w jakie jest wyposażona głowica obserwacyjna umożliwiają wykrycie, rozpoznanie, identyfikację, lokalizację celów (obiektów) oraz ich śledzenie.

5. DOZOROWANIE STREF

Drugą funkcją WSRiD jest dozоровanie (monitorowanie) stref, np. wokół bazy lub wokół grupy pojazdów w czasie postoju. W takiej sytuacji system może być obsługiwany przez operatora znajdującego się wewnątrz pojazdu lub ze stanowiska zdalnego, znajdującego się np. w schronie.

Do zapewnienia ochrony strefy wokół WSRiD możliwe jest wykorzystanie:

- Tylko elementów wnośnego systemu samoosłony,
- Tylko sensorów WGO i RRPW,
- Sensorów WGO i RRPW łącznie z elementami wnośnego systemu samoosłony (do pokrycia stref niedostępnych dla RRPW i WGO).



Rys. 9. Przykładowe rozmieszczenie sensorów w celu ochrony strefy wokół WSRiD

W systemie WSRiD jest stosowanych kilka zestawów wnośnych kamer obserwacyjnych (dzienna zintegrowana z nocną), dzięki czemu zapewniona jest elastyczność w pokryciu dozоровanego obszaru. Dla każdego zestawu kamer definiuje się odrębny sektor obserwacji. Kamery są zintegrowane z miniaturowym radarem detekcji ruchu, który monitoruje ten sam sektor, ale ma większy zasięg wykrywania. Ze względu na ukształtowanie terenu lub występujące na nim przeszkody (drzewa, krzewy) zastosowanie

samych kamer i radaru może być niewystarczające do skutecznego dozoru strefy. W takiej sytuacji systemie WSRiD stosuje się dodatkowe sensory, którymi są czujki akustosejsmiczne.

Jeśli w danym sektorze zostanie wykryty obiekt, wówczas automatycznie jest wysyłany sygnał alarmowy do operatora. Na stanowisku pracy znajdującym się w pojeździe operator może wyświetlić obraz wideo w czasie rzeczywistym. Aby dokonać analizy obrazu i identyfikacji obiektu, operator może wybierać źródło sygnału wideo, tj. wyświetlać obraz z kamery obserwacji dziennej lub nocnej.

W oparciu wyłącznie o elementy wynośnego systemu samoosłony możliwe jest zapewnienie ochrony na obszarze o wymiarach 300m x 300m, co zostało potwierdzone w czasie badań systemu [4]. Wykorzystanie dodatkowo sensorów WGO i RRPW znacznie zwiększa obszar dozoru strefy.

6. PODSUMOWANIE

Referat powstał na bazie doświadczeń zdobytych podczas budowy i integracji systemu, badań wykonanych w warunkach poligonowych oraz przeprowadzonego cyklu szkoleń dla załóg, które miały na celu wdrożenie systemu do Sił Zbrojnych RP. Odczucia szkolonych żołnierzy oraz ich doświadczenia z dotychczas prowadzonych misji zagranicznych wskazują na pilną potrzebę wykorzystania tego typu sprzętu.

O wysokiej jakości systemu i poziomie zaawansowania technicznego świadczą wyniki badań [5] potwierdzające spełnienie wymaganych parametrów technicznych i funkcjonalnych [2]. Warto zwrócić uwagę, że system zbudowany jest w oparciu o najbardziej nowoczesne i zaawansowane sensory dostępne obecnie na rynku. Z uwagi na fakt, że zastosowane sensory pochodzą od różnych producentów, głównym wyzwaniem dla wykonawców było zapewnienie ich integracji oraz umożliwienie ich efektywnego wykorzystania na polu walki.

W czasie opracowywania niniejszego referatu WSRiD został zgłoszony do odbioru, rozpoczęto szkolenie uzupełniające dla załóg i procedurę przekazywania dwóch egzemplarzy do Sił Zbrojnych RP.

7. BIBLIOGRAFIA

1. „Zintegrowana sieć sensorów jako element wspomagający działania PKW w operacjach stabilizacyjnych”, referat zgłoszony na konferencję Automatyzacja Dowodzenia 2012.
2. „Wstępne Założenia Taktyczno-Techniczne na Wielosensorowy System Rozpoznania i Dozorowania”, Warszawa, 2010.
3. Andrzej Kiński „Afgański nadzorca”, Nowa Technika Wojskowa 1/2012.
4. „Sprawozdanie z badań Wielosensorowego Systemu Rozpoznania i Dozorowania (WSRiD)”, Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, 2011.
5. „Protokół końcowy zespołu badawczego z badań wstępnych Wielosensorowego Systemu Rozpoznania i Dozorowania”, Wojskowy Instytut Łączności, 2011.