

# RAPORT MSPO III

WOJSKO TECHNIKA OBRONNOŚĆ **EXTRA**

06-09 września 2010

Wydawca: Agencja Lotnicza ALTAIR, Sp. z o.o., 00-446 Warszawa, ul. Fabryczna 16-22/23, tel./fax: (022) 628 30 73  
przy współpracy: Targi Kielce, Sp. z o.o., 25-672 Kielce, ul. Zakładowa 1, tel.: (041) 365 12 22, fax: (041) 365 13 15



**WB ELECTRONICS**

# WB ELECTRONICS

programy i produkty

[www.altair.com.pl](http://www.altair.com.pl)



# SKO-M



## System Kierowania Ogniem Moździerzy



- SZYBKOŚĆ
- DOKŁADNOŚĆ
- POWTARZALNOŚĆ
- BEZPIECZEŃSTWO



**WB ELECTRONICS**

[www.wb.com.pl](http://www.wb.com.pl)



## Ożarowskie oczy — droga rozwoju

**Kluczem do sukcesu współczesnych działań bezzałogowych statków latających (BSL) jest posiadanie na ich pokładzie niezawodnego, nowoczesnego oraz dającego duże możliwości sensora. Najbardziej rozpowszechnionym tego typu urządzeniem jest żyroskopowo stabilizowana głowica obserwacyjna, umożliwiająca prowadzenie obserwacji i rozpoznania zarówno w ciągu dnia, jak i w warunkach nocnych.**

Rozpoczynając prace nad własnym systemem BSL spółka WB Electronics, świadoma znaczenia zabieranego na pokład samolotu sensora, bardzo dużo wysiłku poświęciła na rzecz rozpoczęcia i wprowadzenia wewnętrznego projektu badawczo-rozwojowego, którego celem było zbudowanie nowoczesnej stabilizowanej żyroskopowo głowicy obserwacyjnej. Prace rozpoczął kilkusobowy zespół, utworzony specjalnie do realizacji projektów BSL w ożarowskiej spółce. Swoimi kompetencjami objął on całość dziedzin wiedzy niezbędnej do poprowadzenia projektu (zaawansowana elektronika, programowanie, mechanika precyzyjna i lotnicza).

Projekt wystartował praktycznie od zera. Na samym początku, do pierwszego podejścia wykorzystana była prowizorycznie wykonana kołyska napędzana serwomechanizmem

z przekładnią. Sterowanie oparte było na mikrokontrolerze ARM7. Wykonane próby pozwoliły na wypracowanie wytycznych niezbędnych do rozpoczęcia budowy prototypu nr 1.

Projekt i opracowanie pierwszego prototypu prowadzone było już w pełni profesjonalnie, z użyciem oprogramowania CAD oraz wykonaniem na obrabiarkach CNC. Postawiono na wysoką precyzję produkcji i pełne odwzorowanie od strony działania mechanizmu stabilizacji zgodne z przewidywanym produktem docelowym. Podjęto decyzję o zbudowaniu konstrukcji na bazie taniej technologii mechanicznej: frezowanie i cięcie płyt węglowych łączonych normalizowanymi dystansami.

Moduły sterujące PCB projektowane i wykonywane były już w pełni profesjonalnie. Po raz pierwszy również zastosowano złącza obrotowe. W ten sposób powstałe urządzenie umożliwiało prowadzenie obserwacji w płaszczyźnie horyzontalnej w zakresie  $n \times 360^\circ$ . Ze względu na uzyskany wygląd, pierwszy prototyp (PGS-106) ochrzczone został mianem *kratownicy* (zdjęcie obok). Prototyp głowicy stabilizowanej PGS-106 posłużył inżynierom WB Electronics do przeprowadzenia wielu prób i testów, a także stanowił niezbędne narzędzie do prac nad oprogramowaniem sterującym zarówno w trakcie jego powstawania, jak również w fazie *wieku dziecięcego*, czyli czyszczenia błędów.

Jednocześnie uzyskano wiele informacji dotyczących kierunku rozwoju konstrukcji me-

chanicznej, doboru napędów i zastosowania odpowiednich materiałów. W konstrukcji prototypu wykorzystano kamerę CCD światła dziennego posiadającą zoom optyczny 26x. Zwieńczeniem blisko 1,5-letniego okresu prac przy PGS-106, a następnie jej rozwojowej wersji PGS-107, były próby w locie prowadzone z wykorzystaniem prototypu bezzałogowego samolotu FlyEye, również rozwijanego przez Grupę WB Electronics.





Przeprowadzone badania wykazały bardzo wysokie i obiecujące parametry pracy urządzenia. Wówczas było jasne, że należy rozpocząć prace projektowe nad konstrukcją docelową.

### GS-2UAV – pierwsze podejście

Na początku 2009 Dział Systemów Automocjonalnych w WB Electronics, komórka prowadząca do tej pory projekt głowicy stabilizowanej przystąpiła do prac projektowych nad docelowym wariantem urządzenia, mającego stanowić w przyszłości produkt oferowany klientowi. Bazując na dotychczasowych doświadczeniach oraz po przeprowadzeniu analiz marketingowych opracowano założenia nowego projektu.

Poza czysto technicznymi wymogami pojawiła się pewna nowość w aspekcie funkcjonalnym. Postanowiono wyposażać głowicę zarówno w kamerę światła dziennego, jak i termalną. Podstawowym założeniem było tutaj uwolnienie przyszłego użytkownika systemu BSL od konieczności przerywania misji, lądowania i zmiany typu głowicy (np. w warunkach zmierzchu). Jak pokazała przyszłość, funkcjonalność natychmiastowego przełączania wyświetlanego obrazu (CCD i termalnej) okazała się również bardzo przydatna w prowadzeniu rozpoznania w ciągu dnia. Potwierdzone zostało to w trakcie licznych badań poligonowych i ćwiczeń interoperacyjności. Podczas testów urządzenie spotkało się z entuzjastyczną oceną potencjalnych przyszłych użytkowników.

Głowica GS-2UAV (takie oznaczenie uzyskało nowe urządzenie) wykonana została z wykorzystaniem nowoczesnych technologii. Ma korpus wykonany z kompozytu zbrojonego włóknami węglowymi, specjalne zabezpieczenia izolacji środowiskowej oraz moduły elektroniczne PCB opracowane z uwzględnieniem całego bagażu doświadczeń z prób prototypu PGS-106 i PGS-107. Mechanika napędowa obu osi projektowana była z zastosowaniem specjalnego typu podzespołów dedykowanych do użycia w napędach precyzyjnych. To wszystko razem z zaawansowanym oprogramowaniem sterują-

cym pozwoliło uzyskać bardzo nowoczesny produkt. Dowodem tego może być seria pomiarów związanych z dokładnością wcinania celów (określanie współrzędnych geograficznych obserwowanego obiektu). Głowica GS-2UAV uzyskała dokładność na poziomie 11 m. Wyroby

konkurencyjne mają dokładność o rząd wielkości gorszą, uniemożliwiającą w praktyce skuteczne określanie współrzędnych obserwowanego celu. Ma to szczególnie duże znaczenie dla systemów, które mają w przyszłości wspierać ogień artylerii kierowany przez system TOPAZ, również opracowany i produkowany w WB Electronics. Zarówno głowica GS-2UAV, jak i system FlyEye od samego początku projektowane były jako wsparcie i rozszerzenie możliwości dywizjonów artylerii użytkujących TOPAZ.

GS-2UAV jest głowicą obserwacyjną stabilizowaną żyroskopowo w dwóch osiach. Ma kamerę CCD z zoomem optycznym 26x i kamerę termalną Photon 320. Dzięki zabudowaniu złącz obrotowych (po jednym na każdą oś) możliwe jest prowadzenie obserwacji w płaszczyźnie panoramicznej  $n \times 360^\circ$ . W osi TILT głowica wykonuje obroty w zakresie  $\pm 90^\circ$  od płaszczyzny poziomej. Dzięki precyzyjnemu systemowi pozycjonowania i stabilizacji głowica jest w stanie przesyłać informacje o współrzędnych obiektu, na który patrzy, co w połączeniu z informacją z autopilota umożliwia określanie współrzędnych geograficznych obserwowanego celu.

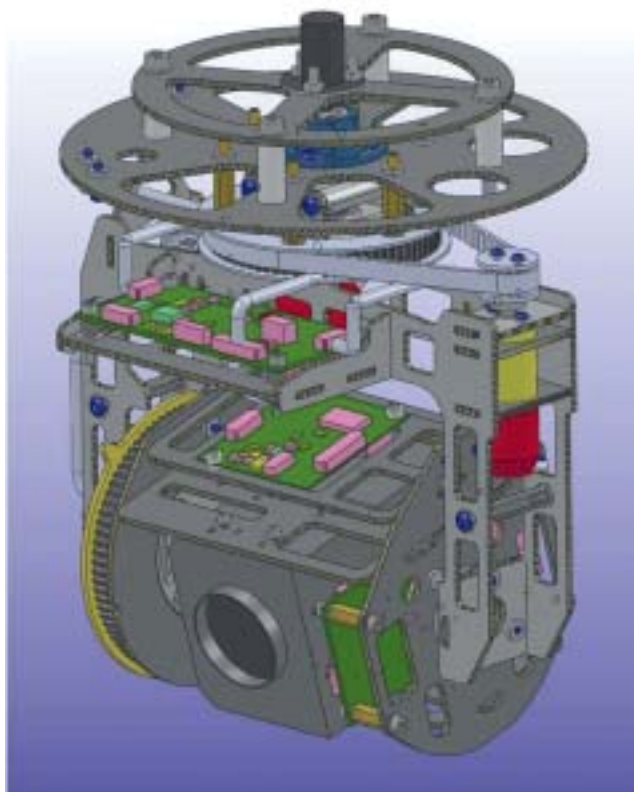
### GS-2UM – dojrzała siostra

Intensywna eksploatacja i próby poligonowe głowicy GS-2UAV wykazały wiele pozytywnych właściwości oraz parametrów. Równocześnie dostrzeżono potrzebę optymalizacji gabarytów



i masy konstrukcji. W ten sposób jesienią 2009 podjęto decyzję o rozpoczęciu projektu pomniejszonej wersji głowicy GS-2UAV.

Założono, że nowe urządzenie ma być konstrukcją, która mieć będzie wszystkie zalety GS-2UAV z jednoczesnym wyeliminowaniem wad i braków większej siostry. Na początku projektu konstruktorzy dokonali bilansu, w celu oszacowania, co należy przejąć bezpośrednio z poprzedniego urządzenia, a które elementy i podzespoły muszą



ulec zmianie. Jako podstawowe założenia projektowe przyjęto: minimalizację masy i gabarytów tak bardzo jak to możliwe, wzrost sztywności konstrukcji nośnej, zmniejszenie oporów tarcia wywołanych systemami uszczelnień, wzrost precyzji w mechanizmach napędowych, aerodynamiczny kształt i zwiększenie precyzji układu stabilizacji.

Prace projektowe trwały do wiosny bieżącego roku. W przypadku tej konstrukcji inżynierowie dostali tylko jedno zadanie od przełożonych: konstrukcja ma być dobra, czas nie gra roli. Takie podejście zaowocowało z nawiązką i wraz z nadejściem lata w pracowniach ożarowskiej spółki uruchomiony został pierwszy prototyp. Nie było żadnego problemu podczas pierwszego włączenia. Głowica uruchomiona *złapała* punkty krańcowe i rozpoczęła pracę. Taki efekt uzyskany został dzięki solidnej i rzetelnej pracy zespołowej prowadzonej nieprzerwanie przez ponad 2 lata. Jednocześnie w trakcie pierwszego montażu i uruchomienia sprawdzonych zostało bardzo wiele nowych rozwiązań konstrukcyjnych, które czynią głowicę GS-2UM diametralnie różną od swojej poprzedniczki i tym samym lepszą.

Sam proces technologiczny wytwarzania elementów kompozytowych został ulepszony i obecnie stanowi bardzo unikatowe i nowatorskie na skalę światową rozwiązanie. Pod względem funkcjonalnym GS-2UM jest tożsama z GS-2UAV. Ma rdzeń kamery światła dziennego CCD z zoomem optycznym 10x o wysokiej rozdzielczości 440 tys. pikseli. Stosowany obecnie rdzeń termalny to FLIR Photon 320 z obiektywem 35 mm i zakresem widzenia 200x150. W zależności od zapotrzebowania klienta, może być zastosowana odmiana Slow Video (9 Hz) lub Full Rate Video (25 Hz) – to drugie rozwiązanie obciążone jest koniecznością pozyskania licencji eksportowej w USA. Pomimo zmniejszonych gabarytów i masy, GS-2UM ma duże możliwości adaptacyjne dostosowania do różnego rodzaju innych rdzeni (np. aparat fotograficzny, pojedyncza kamera CCD o zwiększonym obiektywie i możliwościach). Konstrukcja mechaniczna oparta jest o modułowe podzespoły, dzięki czemu uzyskano łatwą możliwość tworzenia różnych odmian i wersji konstrukcji. W obecnej konfiguracji głowica ma masę 1 kg i rozmiary 128 x 187 (165) mm (w zależności od zastosowanego złącza wyjściowego).

Głowica ma dwa złącza obrotowe, dzięki czemu w płaszczyźnie horyzontalnej może obracać się  $n \times 360^\circ$ , natomiast w płaszczyźnie pionowej w zakresie  $+90^\circ / -160^\circ$  od płaszczyzny poziomej. Głowica zasilana jest z 12V-24V i jej maksymalny chwilowy pobór mocy wynosi 10 W. Operacyjny zakres temperatur użytkowania od  $-20^\circ\text{C}$  do  $+60^\circ\text{C}$ .



Oprócz sygnału wideo, głowica ma dwukierunkowe łącze komunikacyjne w standardzie RS485.

Dzięki swoim parametrom GS-2UM stanowi unikatowe rozwiązanie konstrukcyjne w stosunku do wyrobów konkurencyjnych. Głowica ma szeroki zakres zastosowań od przewidywanych aplikacji na samolotach i śmigłowcach bezzałogowych, jak również przewidziana jest do instalacji na pojazdach naziemnych oraz punktach stacjonarnych. W trakcie ostatniego salonu zbrojeniowego EUROSATORY 2010 w Paryżu GS-2UM jeszcze nie była promowana. Swój debiut miał system UAV FlyEye z głowicą GS-2UAV i wiropląt TARKUS – praca badawcza realizowana

na zlecenie MON. Prowadzone na miejscu rozmowy wskazywały jednoznacznie, iż zainteresowanie tego typu produktami jest spore.

### Początek drogi

W najbliższej przyszłości Grupa WB Electronics zamierza rozwijać produkty typu stabilizowane głowice obserwacyjne. Bazą dla rodziny nowych urządzeń ma być najnowsze dziecko czyli GS-2UM. Obecnie prowadzone są prace koncepcyjne i analizy marketingowe pod kątem rozwoju dużej głowicy (powiększona GS-2UAV) bazująca konstrukcyjnie na rozwiązaniach młodszej i mniejszej siostry. Można zatem oczekiwać, że w przeciągu roku ożarowski tygrys znów czymś zaskoczy.



## Bezzałogowe platformy latające

W ciągu ostatnich 3 lat Grupa WB Electronics stworzyła nowy polski mini-bsl, znany jako FlyEye. Jego publiczna premiera miała miejsce na największej europejskiej wystawie techniki obronnej – Eurosatory 2010 w Paryżu. Wcześniej FlyEye pokazywany był –



czy to w naturze czy w postaci informacji multimedialnych – podczas co najmniej kilku zamkniętych prezentacji, skierowanych do potencjalnych klientów zagranicznych. Krajowi potencjalni użytkownicy mieli okazję widzieć m.in. jak aparat i jego głowica optoelektroniczna dają sobie radę podczas misji realizowanej przy wietrze o prędkości ok. 70 km/h! Ostatnio zarówno FlyEye, jak i mały wiropląt Tarkus zostały wykorzystane podczas demonstracji możliwości działania związku taktycznego Wojsk Lądowych w środowisku sieciocentrycznym, czyli w ramach ćwiczeń *Borsuk 2010*.

Trzeba zaznaczyć, iż Tarkus został stworzony na zlecenie Departamentu Nauki i Szkolnictwa Wyższego MON w ramach uruchomionej w maju 2008 pracy Stworzenie Demonstratora Małego Bezpilotowego Wiropląta (DBWA). MON jest więc właści-

*Ulokowanie ładunku pod kadłubem, w rejonie środka ciężkości pozwala nie tylko na zapewnienie lepszych parametrów lotu i pracy urządzenia optycznego (czy dowolnego innego ładunku roboczego), ale także eliminuje problem ewentualnego przesłaniania pola widzenia przez śmigło. Start odbywa się bardzo stromotorowo, co sprzyja wypuszczaniu FlyEye z małych jak podwórka wiejskie, teren zabudowany, polany leśne. Dotychczas podczas prób zrealizowano kilkaset startów FlyEye i nie doszło do żadnej katastrofy przy lądowaniu / Zdjęcie: Grzegorz Hołdanowicz*

ciem praw intelektualnych do tego projektu, realizowanego od sierpnia 2008 do listopada 2009.

### Uzupełnianie TOPAZ-a

Profil działalności spółki WB Electronics wywodzi się z systemów wspierających artylerię. Naturalną konsekwencją wdrożenia systemu kierowania ogniem artylerii TOPAZ było poszukiwanie zbioru sensorów zasilających ten system w informacje. W efekcie spółka wzięła udział w pracy rozwojowej MikroBSP realizo-

wanej wspólnie z CNPEP Radwar na rzecz DPZ MON. Wyniki tej pracy jednoznacznie wykazały, iż podstawowe zadanie do wykonania przez miniaturowy bezpilotowiec na rzecz artylerii, to jest wskazanie współrzędnych celu, nie może być wykonane przez samolot o bardzo małych gabarytach i masie. Jest to związane z podatnością takiej kilkukilogramowej jednostki na ruchy mas powietrza. W efekcie platforma latająca jest trudna, jeżeli nie niemożliwa do ustabilizowania. Przekłada się to bezpośrednio na możliwość precyzyj-

*Aparat FlyEye o rozpiętości skrzydeł 3,9 m ma masę startową 11 kg, z czego 2 kg to masa głowicy elektrooptycznej (obecnie stosowanej; w opracowaniu jest odmiana o połowę lżejsza), a 3 kg waży z kolei zespół akumulatorów.*

*FlyEye obecnie ma możliwość pozostawiania w powietrzu 2-4 godzin. Może wykonywać loty na wysokości do 4000 m n.p.m. (3000 m nad poziomem stacji naziemnej). Łącze przesyłania danych ma zasięg 25 km, jednak przy przemieszczaniu się stacji naziemnej zasięg lotu może wynosić nawet 300 km przy prędkościach lotu od 50 do 170 km/h*

*Zdjęcie: Grzegorz Hołdanowicz*





*FlyEye w postaci rozłożonej. Transportowany jest w specjalnie zaprojektowanym plecaku. Zaznaczyć trzeba, iż aerodynamika skrzydła FlyEye bazuje na rozwiązaniach stosowanych w wysokowydajnych szybowcach, dzięki czemu aparat ma doskonałe właściwości pilotażowe, w tym stabilność i doskonałość oraz możliwość osiągania wysokich prędkości przelotowych  
Zdjęcie: Grzegorz Hołdanowicz*

nego wskazania współrzędnych celu. Postawiono zatem zbudować nieco większy i cięższy samolot, który już na etapie projektu był przewidziany jako precyzyjne urządzenie wspierające określanie współrzędnych (wcinań) celu. Tak powstał FlyEye, bezzałogowy samolot klasy mini o masie 11 kg.

Drugą, równie silną motywacją do podjęcia własnych prac nad platformami bezzałogowymi były dotychczasowe utrudnienia formalne związane ze współpracą z partnerem zagranicznym. Otóż problemy z każdorazowym pozyskiwaniem licencji eksportowych na etapie zakupu komponentów, jak i podczas realizacji napraw, powodowały wielomiesięczne opóźnienia w dostępie do sprzętu. Posiadanie samodzielnie opracowanych

technologii pozwala na uniknięcie tego typu problemów.

### **Własne opracowania**

Z punktu widzenia WB Electronics i przyszłych użytkowników kluczowym elementem w przypadku systemu FlyEye jest oparcie się praktycznie wyłącznie o własne opracowania. Aparat latający, stabilizowana dzienna-nocna głowica elektrooptyczna, autopilot, cyfrowe łącze danych, oprogramowanie i konsole operatora, trener z trójwymiarową symulacją obrazu jest produkcją oferenta, i nie ma tu żadnego zagrożenia w postaci problemów z partnerem zewnętrznym. Całość oprogramowania i wyposażenie naziemne jest zgodne z innymi produktami WB Electronics, w szczegól-

ności z systemami kierowania ogniem TOPAZ (artylerii) czy SKOM (moździerz).

Dotychczas podczas prób zrealizowano kilkaset startów FlyEye i nie doszło do żadnej katastrofy przy lądowaniu. Ulokowanie ładunku pod kadłubem, w rejonie środka ciężkości pozwala nie tylko na zapewnienie lepszych parametrów lotu i pracy urządzenia optycznego (czy dowolnego innego ładunku roboczego), ale także eliminuje problem ewentualnego przesłaniania pola widzenia przez śmigło. Dzięki temu – przy zachowaniu statycznego ciągu zespołu napędowego zbliżonego do masy startowej statku powietrznego – może być ono względnie duże, co pozwoliło na stworzenie produktu rzeczywiście startującego z ręki, bez konieczności



*Kontrolę nad FlyEye sprawuje operator dysponując stacją kierowania i kontroli (w dwóch odmianach, lekkiej LCGS z tabletem Panasonic Toughbook oraz cięższej, pojazdowej z tabletami DD-9620-10, stosowanej wcześniej w projekcie węgierskim czy pracy MikroBSP – widoczny zabudowany na HMMWV projektu MikroBSP). Co ciekawe – stacje bazowe, interfejs użytkownika oraz głowica obserwacyjna mogą być zastosowane nie tylko w omawianych bsl, ale także w pokazanym po raz pierwszy na MSPO 2009 bezzałogowym pojeździe Lewiatan-ZS  
Zdjęcie: Grzegorz Hołdanowicz*



FlyEye były wykorzystane podczas demonstracji na ćwiczeniu I I. Lubuskiej Dywizji Kawalerii Pancerniej Borsuk 10 / Zdjęcie: WB Electronics

wspomagania w postaci wyrzutni gumowych czy nadawania wstępnej prędkości (np. w postaci startu z jadącego quada jak to ma miejsce w przypadku niektórych małych nawet mini-bsl używanych w Afganistanie). Start odbywa się bardzo stromotorowo, co sprzyja wypuszczaniu FlyEye z małych przestrzeni rzędu 50x50 m (podwórka wiejskie, teren zabudowany, polany leśne).

W systemie wykorzystano nowoczesne, polskie cyfrowe łącze danych, pozwalające na przekazywanie niezbędnych danych (obraz, telemetria, zdalne kierowanie) w ramach zharmonizowanego pasma dowodzenia NATO (4,4 - 4,9 GHz) lub innego, zgodnego z wymaganiami odbiorcy. W rozwiązaniu zastosowano anteny kierunkowe i dookólne, zabudowane na specjalnej głowicy automatycznie śledzącej położenie statku powietrznego. Możliwe jest zapewnienie wysokiej jakości kompresji i transmisji obrazu, co praktycznie eliminuje zniekształcenia charakterystyczne dla dotychczas stosowanych rozwiązań analogowych.

Lot FlyEye zrealizowany może być wedle wcześniej zadanej trasy (z możliwością jej korygowania w trakcie trwania misji), w trybie dotarcia do zadanego rejonu, gdzie aparat może w zadanym czasie pozostawać na określonej wysokości, wykonując kręgi o wcześniej zdefiniowanym promieniu w stosunku do obserwowanego celu. Może być także kontrolowany w pełni ręcznie z konsoli operatora.

Stworzono możliwość autonomicznego wykonania zadania bez kontaktu ze stacją naziemną

– aparat może być wysłany w zadany rejon, dokonać rozpoznania rejonu o wskazanych współrzędnych w określonym czasie i powrócić w zasięg łącza przesyłania danych. Wówczas operator może ściągnąć zebrane dane (obraz video) bez potrzeby lądowania aparatu. O ile baterie polimerowe, napędzające cichy silnik elektryczny, który może pracować w sumie tylko przez kilka procent czasu lotu aparatu, dzięki czemu większość misji realizowana jest praktycznie bezgłośnie) pozwalają na kontynuowanie lotu, aparat może być w dalszym ciągu wykorzystany zgodnie z potrzebami.

Konstruktorzy zastosowali opracowaną także w ramach WB Electro-



Mini-bsl Sofar (czyli izraelski Casper) oraz wóz kierowania na podwoziu HMMWV, użyty w projekcie MikroBSP, realizowanym ostatecznie przez WB Electronics i CNPEP Radwar (pierwotnie przez CNPEP Radwar i Elbit Systems) / Zdjęcie: Grzegorz Holdanowicz





*Unikalnym elementem FlyEye jest rozwiązanie odzyskiwania ładunku użytecznego: sekcja z głowicą (kamera, akumulatory – łącznie ok. 70% masy startowej) odrzuca na kilkanaście metrów nad ziemią (wysokość jest ściśle wyliczona z użyciem radiowysokościomierza oraz wysokościomierza barometrycznego i kontrolowana dodatkowo z konsoli operatora) i opada na spadochronie we wskazane z bardzo dużą dokładnością miejsce. Wrażliwe elementy ładunku (kamera z optyką) obracają się ku górze, dzięki czemu do minimum zredukowano możliwość ich uszkodzenia podczas uderzenia o powierzchnię*

*Zdjęcia: WB Electronics*

nics stabilizowaną żyroskopowo głowicę elektrooptyczną, którą prezentowano już podczas MSPO 2009 na demonstratorze zdalnie sterowanego pojazdu Lewiatan-ZS. Głowica została stworzona w oparciu o obserwacje z wykorzystania innych głowic podczas wykonywania zadań na rzecz polskich użytkowników. Uznano, iż dla zapewnienia optymalnych zdolności obserwacji w różnych warunkach konieczne jest zapewnienie możliwości szybkiego przełączania pomiędzy cyfrową (CCD) kamerą światła dziennego z 26-krotnym powiększeniem optycznym oraz kamerą termalną, pracującą w paśmie 8-14 um. W rozwiązaniu ożarowskim osie optyczne obu kamer są ustawione równolegle, co ma ułatwić użycie kamery termalnej także za dnia, także w celu wykrycia zamaskowanych obiektów. Dodatkowo takie rozwiązanie ulokowania głowicy optoelektronicznej zapewnia rzeczywistą możliwość cią-

głego obserwowania danego punktu, co jest istotnym problemem w przypadku głowic ulokowanych w przedniej części aparatu latającego.

Zastosowane rozwiązania pozwalają na jednoznaczne wskazywanie współrzędnych celu i położenia aparatu latającego. Dla korekty i weryfikacji prowadzonego ognia możliwe jest wykonanie kalkulacji z dokładnością kołową nie gorszą niż 25 m (w praktyce ok. 11 m).

### Unikatowe rozwiązania

Unikalnym elementem aparatu latającego FlyEye jest rozwiązanie odzyskiwania ładunku użytecznego (obecnie kamery, ale teoretycznie może to być inny rodzaj urządzeń, czy nawet towarów: sekcja z głowicą (kamera, akumulatory – łącznie ok. 55% masy startowej) odrzuca na kilkanaście metrów nad ziemią (wysokość jest ściśle wyliczona z użyciem zespołu wysoko-



ściomierzy barometrycznych, a także pokładowego algorytmu danych pogodowych, odpowiedzialnego m.in. za bieżące śledzenie siły i kierunku wiatru) i opada na spadochronie we wskazane z bardzo dużą dokładnością miejsce.

Wrażliwe elementy ładunku (kamera z optyką) obracają się ku górze, dzięki czemu do minimum zredukowano możliwość ich uszkodzenia podczas uderzenia o powierzchnię. Sam moment przyziemienia ładunku jest amortyzowany tylko spadochronem i przyjęciem kontaktu przez grzbietową część sekcji ładunku.

W międzyczasie statek powietrzny (co istotne, w pełni kontrolowany dzięki zastosowaniu podtrzymującego źródła zasilania – baterii – dla systemu sterowania) ląduje śli-

*W międzyczasie statek powietrzny (w pełni kontrolowany dzięki zastosowaniu podtrzymującego źródła zasilania – baterii – dla systemu sterowania) ląduje ślizgowo kilkanaście metrów dalej (użytkownik*



*może określić tę odległość – standardowo jest to 20 m przy błędzie kołowym określenia punktu przyziemienia ok. 40 m, co wynika z dokładności komercyjnego odbiornika GPS). Sam proces lądowania jest w pełni autonomiczny, autopilot wylicza ścieżkę schodzenia przy uwzględnieniu siły i kierunku wiatru / Zdjęcia: WB Electronics*



zgowo w promieniu ok. 10 m obok (użytkownik może określić tę odległość). Sam proces lądowania jest w pełni autonomiczny, autopilot wylicza ścieżkę schodzenia przy uwzględnieniu siły i kierunku wiatru. W przyszłości możliwe jest także zaproponowanie innych sposobów przejmowania aparatu latającego i ładunku przez obsługę na ziemi bądź wodzie.

Warto zaznaczyć, iż przyjęte rozwiązanie może pozwalać na wykorzystanie FlyEye jako środka dostarczającego specyficzne ładunki (źródła zasilania, pakiety amunicji) o masie ok. 5 kg w konkretne miejsce. Po zrzucie aparat może – dzięki wspomnianemu autonomicznemu źródłu zasilania – kontynuować lot i powrócić do miejsca spotkania z operatorem.

## Gotowy do akcji

FlyEye jest gotowy do produkcji seryjnej i był już prezentowany potencjalnym klientom zagranicznym. A ma spore szanse wykorzystania swoich pięciu minut: jest obecnie jednym z niewielu produktów rzeczywiście zdolnych do operowania z bardzo małych przestrzeni, startu z ręki i wykonywania zadań w odległości ponad 15 km przy jednoczesnym zachowaniu zdolności precyzyjnego określenia położenia celu i rzeczywiście ciągłego śledzenia zadanego obiektu (lot za punktem obserwacji kamery - camera guided). Co więcej – nic nie stoi na przeszkodzie, aby zasięg jego działania był zwiększony kilkukrotnie (głównie poprzez modyfikację infrastruktury łącza danych). Wydłużeniu może także ulec czas pozostawania w powietrzu.

*W odróżnieniu od FlyEye niewielki, ważący ok. 2,2 kg Tarkus jest obecnie w fazie w pełni funkcjonalnego demonstratora i jego dalsze losy zależą od decyzji DNiSzW MON. Zapewne istnieje zapotrzebowanie*

*ma co najmniej kilkanaście takich zestawów, przeznaczonych w pierwszym rzędzie do wsparcia pododdziałów walczących w terenie zabudowanym. Podobne urządzenia Mikado (AirRobot 100, określane mianem mikro-bsl) są używane przez wojska niemieckie w Afganistanie w ramach zestawów Infanterist der Zukunft (żołnierza przyszłości). Parametry pracy obu produktów są podobne – o połowę lżejszy AirRobot 100 może wykonywać lot w odległości ok. 500-1500 m przez ok. 20 minut.*

*Tarkus może wykonywać zadanie w promieniu ok. 2 km przez ok. 20 minut (przy pracy stacjonarnej zasilania starcza na ok. 4-5 h), przy czym możliwe jest wydłużenie czasu lotu poprzez dalsze szlifowanie konfiguracji aerodynamicznej*

Zdjęcie: Grzegorz Holdanowicz

*Równocześnie po raz pierwszy publicznie pokazano wcześniej już sygnalizowany, ale objęty embargo Departamentu Nauki i Szkolnictwa Wyższego MON wiroplątowy mini-bsl Tarkus. Powstał w zespole dr. inż. Wojciecha Komorniczaka. Warto zaznaczyć, iż oba projekty rozpoczęły się praktycznie w tym samym czasie, a u ich źródeł była chęć stworzenia wewnętrznej konkurencji – powołano w ramach WB Electronics dwa zespoły projektowe, które miały stworzyć dwa projekty statków powietrznych, autopiloty itp. W efekcie ostatecznie otrzymano dwa zupełnie odmienne, choć równie ciekawe i potrzebne na współczesnym polu walki produkty*

Zdjęcie: Grzegorz Holdanowicz



*Widok z kamery Tarkusa. Aparat może być wyposażony w kamerę światła widzialnego (CCD) z kilkukrotnym zoomem bądź w kamerę termalną (8-12 um). Do przenoszenia Tarkusa zaprojektowano specjalny plecak umożliwiający jego bezpieczny transport*

Zdjęcie: Grzegorz Holdanowicz





WB Electronics realizowała integrację Systemu Kierowania Ogniem w samobieżnej haubicy Krab w dwóch krokach. Pierwszy z nich zakończony został jeszcze w trakcie prac nad prototypami i dotyczył instalacji terminala dowódcy działa, który współpracował z komputerem sterowania wieży TCC (Turret Control Computer) z licencyjnej AS90 oraz kompletnego systemu łączności wykorzystującego zestaw urządzeń FONET oraz radiostację RRC 9311. W drugim kroku WB Electronics podjęła się polonizacji całego zestawu urządzeń elektronicznych produkcji brytyjskiej, odpowiedzialnego za automatyzację sterowania mechanizmami wieży oraz samą armatą. Dzięki temu, iż BAE Systems w ramach umowy licencyjnej przekazała HSW SA kody źródłowe oprogramowania sterującego komputera TCC, otworzyła drogę do pełnego panowania nad elektroniką haubicy.

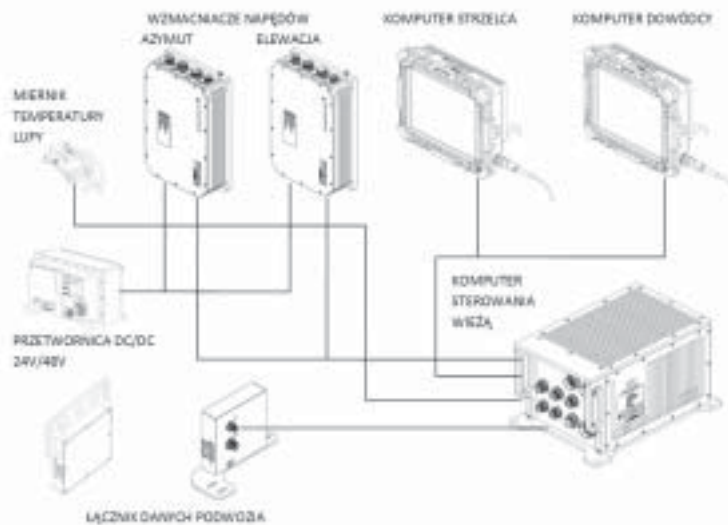
Inżynierowie WB Electronics po analizie wszelkiej dostępnej dokumentacji oraz urządzeń w wersji licencyjnej, zaprojektowali zmodernizowane urządzenia o funkcjonalności zapewniającej pełną wymienną z architekturą AS90.

### Polonizacja komputera

Prace nad TCC trwały blisko 2 lata i rozpoczęły się od transpozycji oprogramowania powstałego w języku PL/M na język C++, tak by dalsze prace mogły być prowadzone we współczesnym środowisku programistycznym i z zastosowaniem nowych technologii. Kolejnym przedsięwzięciem było stworzenie wirtualnego symulatora systemu elektronicznego haubicy i uruchomienie oprogramowania w środowisku PC. Powstało zatem narzędzie umożliwiające symulację zachowań wszystkich mechanizmów, przekładników, sygnalizatorów i czujników występujących w działaniu oraz analizę

wykonywanego programu. Wirtualnej haubicy brakowało tylko podłączenia do realnego sprzętu i ta warstwa interfejsu stanowiła ostatni krok w pracach nad oprogramowaniem.

Oddzielnym zadaniem było zbudowanie samego komputera. W założeniu miało to być urządzenie w pełni wymienne z dotychczas stosowanym. Do jego budowy zastosowano przemysłową kartę procesorową, wykorzystującą procesor Intel Core Duo pracującą pod



## Polonizacja Kraba

kontrolą specjalizowanego OS LINUX oraz uniwersalnych kart I/O. Niestandardowe moduły oryginalnego TCC zrealizowano w układzie FPGA. Powstał także układ zasilacza, płyta bazowa rozpraszająca sygnały do złączy zewnętrznych oraz projekt obudowy.

### Pozostałe komponenty

Poważnym przedsięwzięciem projektowym były także inne urządzenia wymagające polonizacji, a więc:

- wyświetlacz celowniczy (LDU),
- wzmacniacze napędów armaty (sterowniki silników sterowania elewacji i azymutu armaty),
- zestaw łączników danych pełniących głównie rolę czujnika pozycji marszowej wieży względem podwozia,
- czujnik temperatury lufy,
- konwerter DC/DC doładowujący akumulatory zasilające napędy armaty (24/48 VDC).

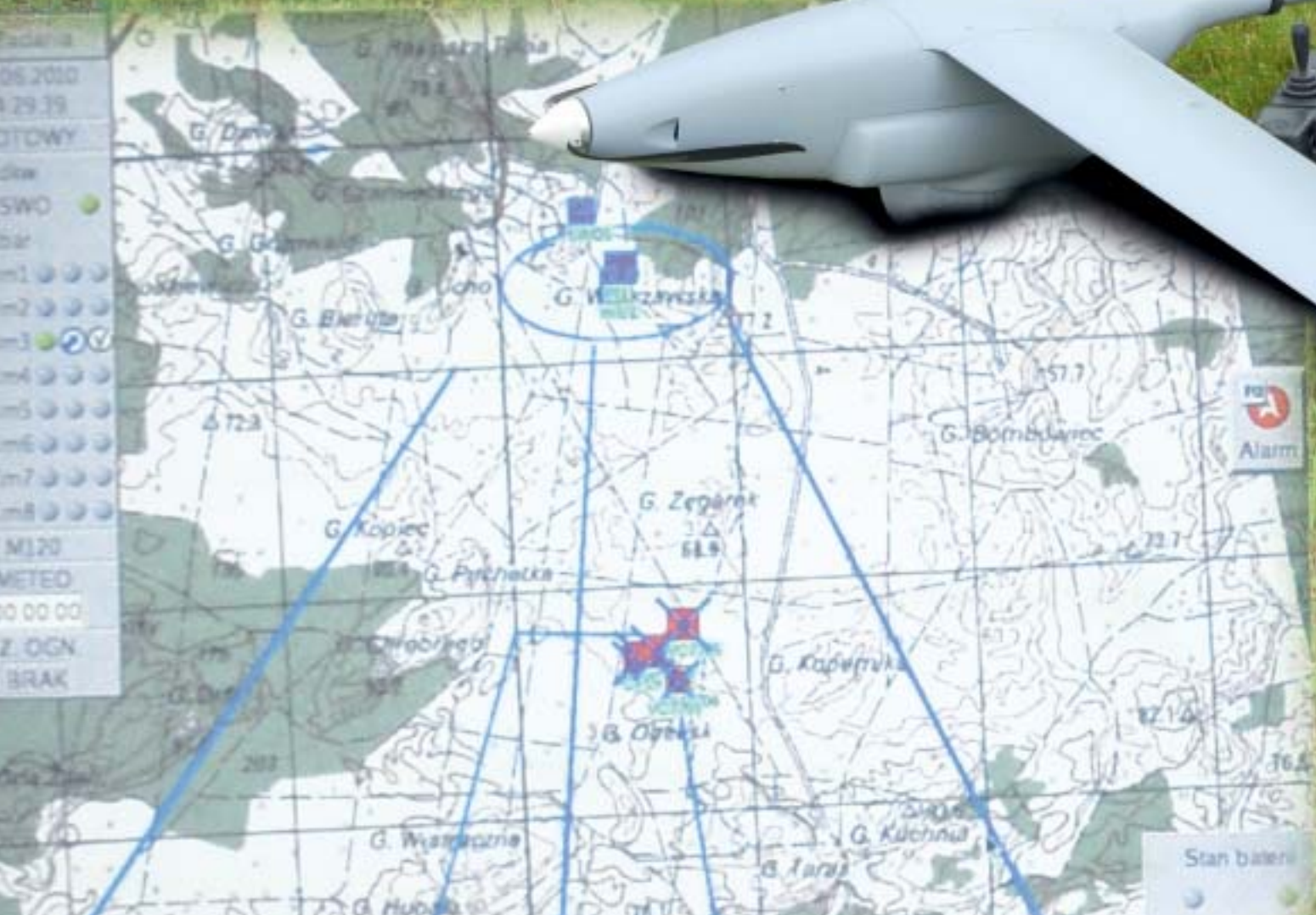
W miejscu wyświetlacza celowniczego zastosowano standardowy terminal DD9620 z niewielką tylko adaptacją, wymaganą z uwagi na eliminację przełączników występujących w oryginalnym urządzeniu. Dzięki temu rozwiązanie, celowniczy operuje armatą z wykorzystaniem ekranu dotykowego i joysticka. Z powodzeniem zastąpiono także angielski interfejs użytkownika w pełni polskim.

### Opanowanie haubicy

Cały projekt zwieńczony został zaledwie 3-tygodniowymi testami integracyjnymi w rzeczywistym obiekcie, potwierdzającymi pełną sprawność wszystkich zaprojektowanych urządzeń.

Dzięki temu projektowi HSW oraz WB Electronics panują nad całą konfiguracją armaty, a co za tym idzie otwarta jest droga do różnorodnych modyfikacji, wymiany elementów, wprowadzenia w dalszym etapie architektury *drive-by-wire*, czy zastosowania nowoczesnych silników BLDC itp. Wartością trudną do przecenienia jest również fakt, że polski przemysł dysponuje dzięki niemu kompletnym pakietem modernizacyjnym, zapewniającym automatyzację artylerii nie tylko na poziomie dowodzenia i kierowania ogniem, ale także w zakresie mechanizacji armat.

06.2010  
09.29.19  
LOTOWY  
SWO  
METEO  
00 00 00  
Z. OGN  
BRAK



Stan baterii



**WB ELECTRONICS**



# Funkcje sieciowe FONET

Pokładowy Zestaw Urządzeń Łączności Wewnętrznej FONET został skonstruowany w przedsiębiorstwie WB Electronics podczas prac nad Zautomatyzowanym Zestawem Kierowania Ogniem Artylerii TOPAZ. TOPAZ był pierwszym działającym na szczeblu dywizjonu artylerii sieciocentrycznym systemem wdrożonym w wojsku polskim.

Celem prac nad FONET było skonstruowanie systemu, który zapewni efektywną wymianę danych cyfrowych na polu walki za pomocą radiostacji UKF lub KF. To rozwiązanie było niezbędne dla powodzenia projektu TOPAZ. FONET jest również tradycyjnym interkodem – systemem umożliwiającym łączność głosową załodze pojazdu w którym jest zainstalowany, a także – za pomocą radiostacji – łączność głosową pomiędzy załogami pojazdów. Specyficzną cechą jest również możliwość uzyskiwania w pełni funkcjonalnego połączenia (dane i głos) na dużą odległość (1,5 - 3 km) przy połączeniu za pomocą polowego kabla telefonicznego (PKL).

Koncepcja konstrukcji systemu, oparta na jednostce centralnej wyposażonej w podstawowe interfejsy (szeregowe RS, Ethernet) i realizującej przetwarzanie i kierowanie przepływem informacji, umożliwia ciągły rozwój możliwości funkcjonalnych poprzez rozbudowę oprogramowania i dodawanie nowych funkcji. W ciągu blisko 10 lat (FONET został wprowadzony do Sił Zbrojnych RP w październiku 2001) możliwości systemu zostały znacznie rozbudowane. FONET-IP może współpracować w zakresie komunikacji głosowej z systemami VoIP, a wśród funkcji łączności cyfrowej znalazły się te, które dedykowane są łączności na wozach dowodzenia, w szczególności przez taktyczne sieci radiowe, z realizacją protokołów rutowania i serwera radiowego włącznie.

FONET zdobywa kolejnych klientów wśród czołowych armii świata. Prócz Polski jest eksploatowany m.in. w USA, Szwecji, Słowacji, Tajlandii, Iraku i na Węgrzech.

Dokument zawiera opis funkcji sieciowych systemu FONET ze szczególnym uwzględnieniem interfejsów opartych o stos protokołu TCP/IP.

## Konfiguracja sprzętowa urządzenia KOMUT-10TA

Jednostka centralna KOMUT-10TA oparta na nowej płycie głównej (procesor SH-4) znacząco podnosi możliwości w zakresie mocy obliczeniowej i pamięci (operacyjnej i przechowywania danych) w stosunku do poprzednio stosowanych urządzeń systemu FONET. Pozwala to na równo-

czesną obsługę interkomu, zarządzanie siecią radiową bazującą na mechanizmach TDMA oraz umożliwia implementację funkcji sieciowych. Jednostka centralna wyposażona jest w dwuportowy switch ethernetowy oraz grupę konfigurowalnych portów szeregowych do obsługi radiostacji i innych urządzeń instalowanych w pojazdach.

### Porty komunikacyjne KOMUT-10TA

4 x RS232 – pełny port do transmisji danych do radiostacji (asynchronicznie/synchronicznie)

4 x RS232 – port Tx/Rx do zdalnego sterowania radiostacjami  
 4 x RS232/422 – pełny port do uniwersalnego zastosowania  
 2 x USB – port typu Host

### Porty sieciowe KOMUT-10TA

Dwa porty ethernetowe w standardzie 100 Base-TX

### Przełącznik ethernetowy

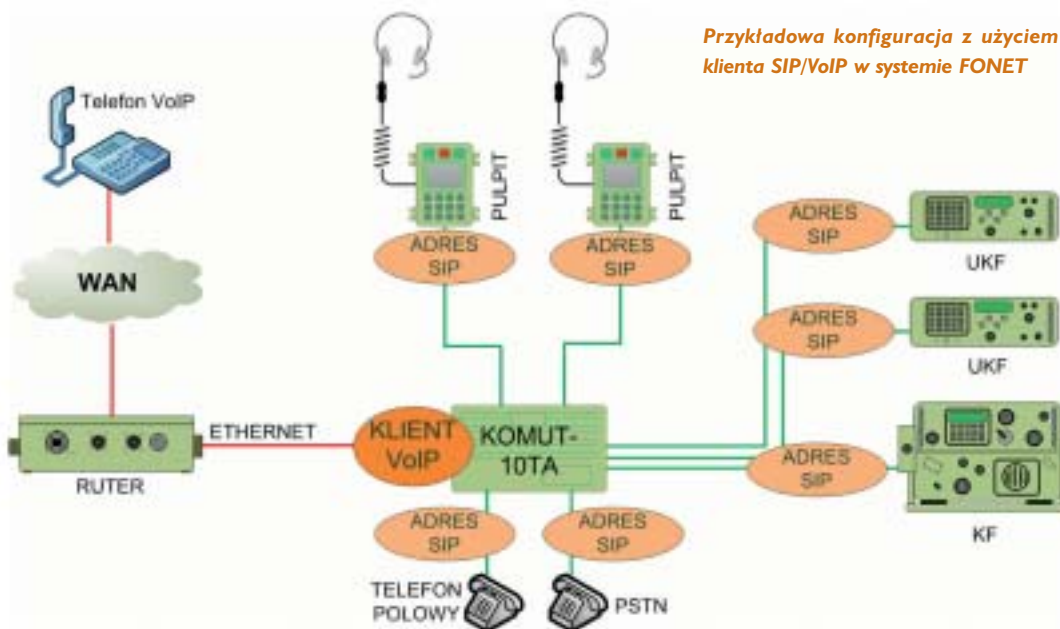
KOMUT-10TA jest wyposażony w wysoko wydajny przełącznik ethernetowy pozwalający przełączać pakiety na poziomie adresów MAC.

Pracując w trybach store i forward umożliwia przełączanie z minimalnym czasem opóźnienia.

Przełącznik w pełni spełnia wymogi standardu IEEE 802.3. Dodatkowo pozwala na wykonywanie filtrowania pakietów unicastowych na poziomie MAC. Dostępna jest także możliwość forwardowania pakietów wraz funkcją uczenia.

Internet Group Management Protocol (IGMP) dostępny w warstwie 2. obsługuje funkcję Multicast Address Insertion poprzez dodawanie adresów do statycznej tablicy adresów MAC. Zaimplementowana jest

Przykładowa konfiguracja z użyciem klienta SIP/VoIP w systemie FONET



także obsługa protokołu IPv6.

Przełącznik ma zaimplementowaną obsługę Quality of Service (QoS) dla aplikacji, takich jak np. konferencja VoIP. Dostarcza czterech priorytetowych kolejek na każdym z portów.

### Funkcjonalności i protokoły zaimplementowane w urządzeniu KOMUT-10TA

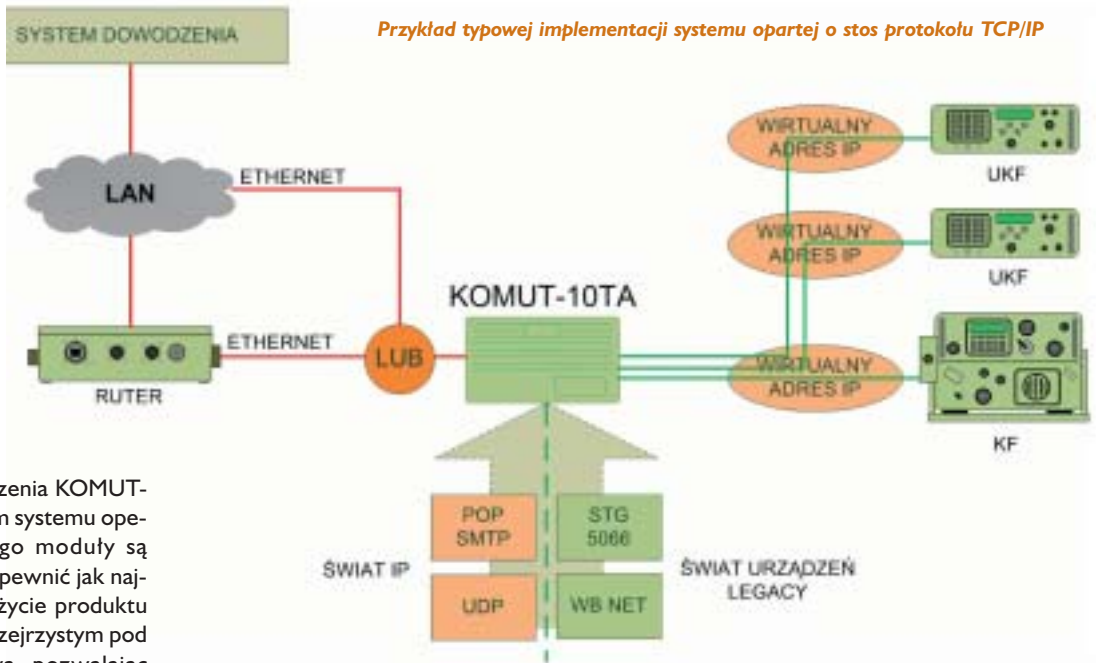
Oprogramowanie urządzenia KOMUT-10TA pracuje pod nadzorem systemu operacyjnego LINUX, którego moduły są skonfigurowane tak, aby zapewnić jak najlepszą wydajność pracy. Użycie produktu *open source* czyni system przejrzystym pod względem bezpieczeństwa, pozwalając jednocześnie na implementację standardowych protokołów i usług sieciowych poprzez wykorzystanie sprawdzonych produktów np. QUAGGA czy ZEBRA. System LINUX pozwoli także w przyszłości na proste dodawanie nowych funkcji.

### Usługi VoIP

Urządzenie KOMUT-10TA ma zaimplementowaną obsługę protokołu VoIP z sygnalizacją SIP. Wbudowane w jednostkę centralną systemu FONET oprogramowanie bramy VoIP ma możliwość rejestracji do serwera VoIP umieszczonego np. w routerze. Dostarcza możliwości adresowania zgodnie z wymaganiami SIP dowolnego urządzenia w systemie FONET (pulpity operatorskie, radiostacje itp.). Oprogramowanie VoIP urządzenia KOMUT-10TA pozwala na nadawanie adresów SIP także tym urządzeniom, które nie mają takiej funkcjonalności, np. radiostacjom lub analogowym telefonom polowym typu MB. Pozwala to na jednolitą adresację urządzeń w całym systemie, niezależnie od dostarczanej przez poszczególne urządzenia funkcjonalności. Poprzez dołączenie do rutera adresacja SIP jest zachowywana zarówno wewnątrz systemu FONET w pojeździe, jak i poza nim. Lista abonentów – adresów SIP jest przechowywana w książce telefonicznej (w przyszłości będzie można ją importować z bazy LDAP).

System FONET oprócz funkcji interkomu i usług związanych z przesyłaniem fonii zapewnia transmisję danych poprzez dostępne środki łączności, szczególnie taktyczne sieci radiowe. Ze względu na specyfikę takich sieci (np. możliwość utraty pakietów danych, potwierdzenia na poziomie aplikacyjnym) do transmisji danych wybrano mechanizm UDP.

Przykład typowej implementacji systemu opartej o stos protokołu TCP/IP



Jednostka centralna ma zaimplementowane oprogramowanie pozwalające na przesyłanie pakietów UDP odebranych na określonych portach interfejsu ethernetowego poprzez urządzenia transmisji danych integrowanych przez system FONET. Adresacja stosowana w systemie FONET jest w pełni zgodna z wymaganiami stosu IP. Droga przesyłu pakietu UDP do adresata wybierana jest na podstawie tablicy routingu tworzonego przez jednostkę centralną FONET – urządzenie KOMUT-10TA.

System FONET przydziela wirtualny adres IP urządzeniom, które z natury nie mają implementacji stosu TCP/IP. Dlatego też transmisja danych odbywa się zawsze w jednolity sposób, niezależny od typu urządzenia.

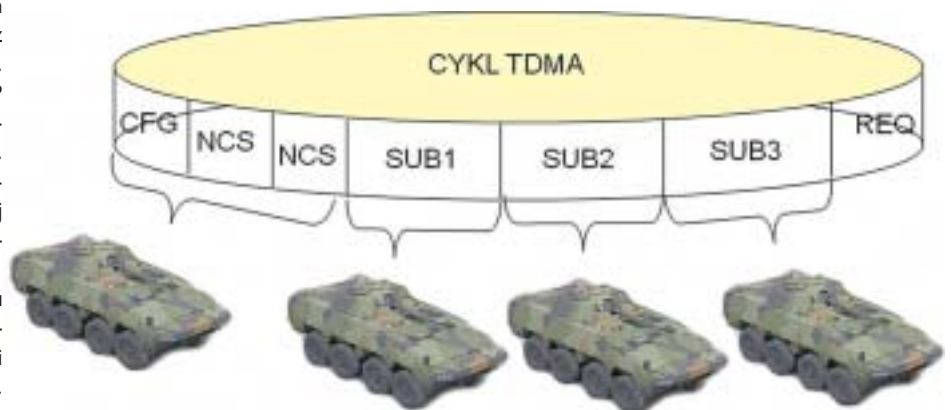
### Protokół OSPF

Celem stosowania protokołów routingu jest określenie jaką ścieżką należy przesłać informację do wymaganego adre-

sata. Podstawowym protokołem określającym rzeczywiste metryki sieci jest OSPF. Urządzenie KOMUT-10TA ma zaimplementowany protokół OSPF w wersji 2. Budowana w systemie FONET tablica routingu przekazywana jest zgodnie z zasadami protokołu OSPF do zewnętrznego rutera, który jednocześnie uzupełnia wpisy w tablicy routingu jednostki centralnej systemu FONET. Tablica routingu budowana jest i przekazywana przy wykorzystaniu dedykowanego protokołu dla sieci radiowych, minimalizującego ruch zarządzania na rzecz transmisji danych. Z punktu widzenia protokołu OSPF KOMUT-10TA traktowany jest jak ruter ASBR.

### Rola urządzenia KOMUT-10TA w systemie bazującym na protokole OSPF

Jednostka centralna pracuje jako ruter brzegowy, pozwalając na wymianę danych



Transmisja danych z wykorzystaniem protokołu UDP

pomiędzy sieciami bazującymi na protokole IP oraz sieciami, które nie mają takiej implementacji.

Bazując na danych wymienianych w sieciach radiowych jednostka centralna buduje tablicę routingu i wymienia ją z innymi ruterami, dostarczając informacji o dostępnych abonentach i sieciach radiowych.

Z powodu ograniczonego pasma sieci radiowych, każda jednostka centralna wymienia informację o maksimum dwóch *hopach* w sieci radiowej.

## Protokół SNMP

System FONET ma możliwość zarządzania i monitorowania poprzez protokół SNMP (obecnie w wersji 2). Dla tych celów w urządzeniu KOMUT-10TA została zaimplementowana baza MIB. Baza opisuje dostępne zasoby systemu i urządzenia do niego dołączone (np. radiostacje). W celu uzyskania pełnej interoperacyjności z systemami bazującymi na SNMP KOMUT-10TA pełni rolę proxy serwera dla urządzeń, które nie mają możliwości bezpośredniego zarządzania przez SNMP, takich jak np. telefony polowe, radiostacje analogowe.

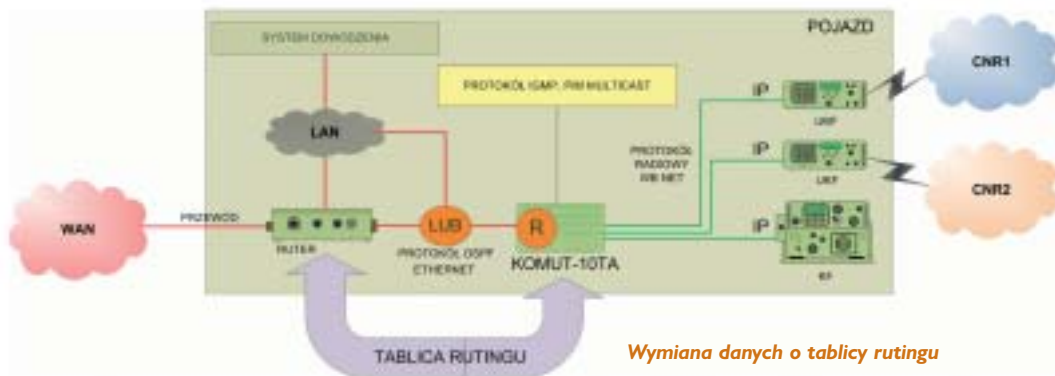
System FONET oprócz transmisji głosu i danych integruje w pojeździe wszystkie urządzenia i sensory, tworząc jeden spójny system (np. czujniki skażeń, system nawigacji). Dla tych urządzeń jednostka centralna ma odpowiednie pozycje w drzewie bazy MIB.

Stacja zarządzająca wymienia dane poprzez protokół SNMP z urządzeniem KOMUT-10TA, używając standardowych procedur tego protokołu, takich jak:

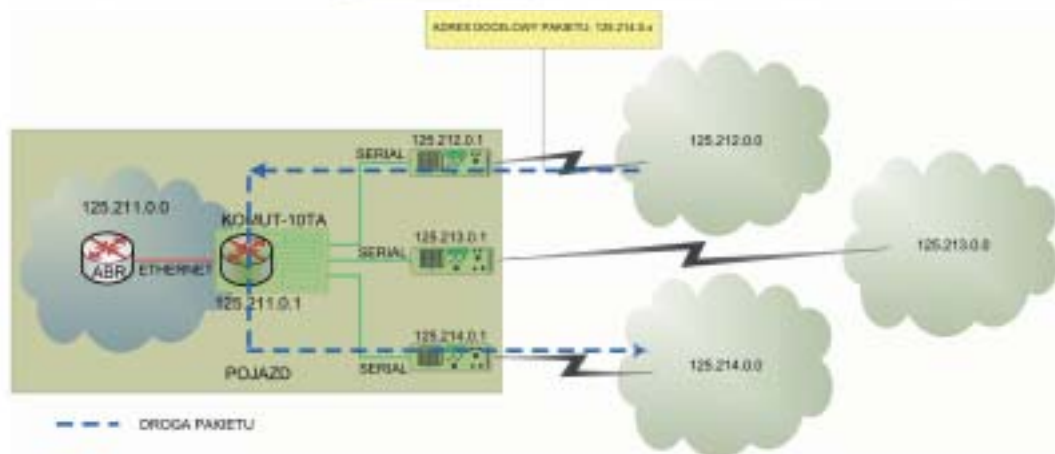
- READ – czytanie fragmentów lub całej bazy MIB;
- WRITE – zapis nowych wartości do bazy MIB w celu zmiany konfiguracji lub zarządzania;
- TRAP – informacja o wystąpieniu asynchronicznego zdarzenia (np. alarm, włączenie nadawania radiostacji, wyłączenie urządzenia).

## Radiowy serwer pocztowy

Systemy klasy C2 wymagają wymiany sformalizowanych dokumentów (często w postaci ADatP-3) poprzez usługi klasycznej poczty elektronicznej. Aby umożliwić w jednolity sposób transmisję takiej informacji przez środki radiowe, system FONET ma wbudowany w urządzenie KOMUT-10TA radiowy serwer pocztowy. Do wymiany danych z dołączonymi przez port ethernetowy urządzeniami wykorzystywany jest standardowy protokół POP3/SMTP. Do radiowego serwera pocztowego może być dołączony bezpośred-



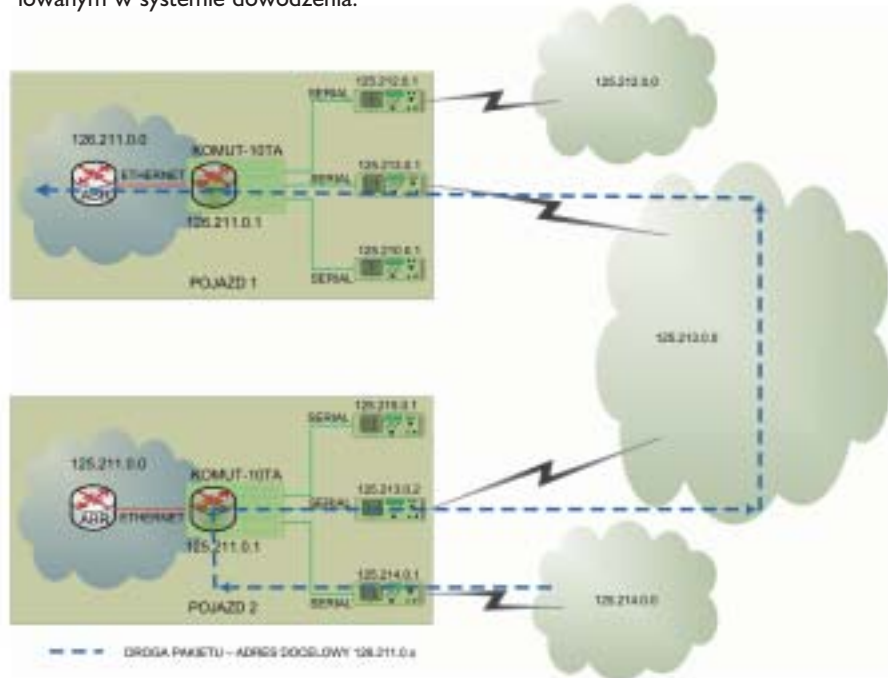
Wymiana danych o tablicy routingu



*Droga pakietu pomiędzy sieciami radiowymi. Droga ta jest znana na podstawie wcześniej zbudowanej tablicy routingu. W tym przypadku pakiet nie jest transmitowany poza jednostkę centralną systemu FONET, jednak dane uzyskane podczas transmisji pakietu wykorzystywane są do uzupełniania tablic routingu poszczególnych urządzeń KOMUT-10TA.*

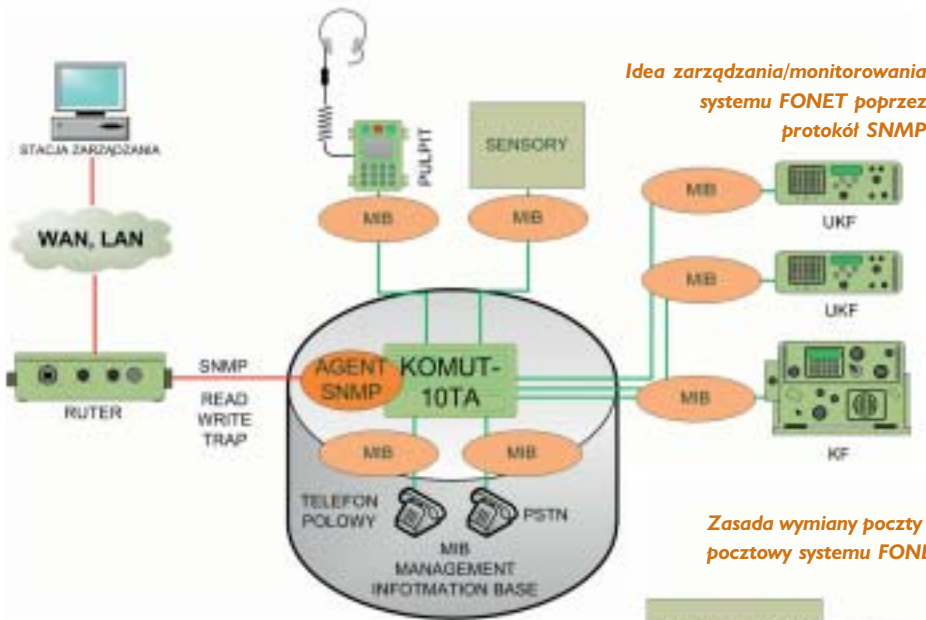
nio klient pocztowy, może także występować wymiana poczty pomiędzy radiowym serwerem pocztowym i innym serwerem zainstalowanym w systemie dowodzenia.

KOMUT-10TA dostarcza pocztę adresata określając drogę dostępu na podstawie:  
- tablicy routingu;



*Sytuacja, w której pakiet jest transportowany poprzez dwie sieci radiowe do adresata będącego na zewnątrz pojazdu 1. Adres sieci docelowej znajduje się w tablicy routingu jednostki centralnej systemu FONET pojazdu 1. Ponieważ tablica ta jest dystrybuowana poprzez dwie sieci radiowe, KOMUT-10TA w pojeździe 2 wie, jaką drogą transmitować pakiet do żądanego adresata*





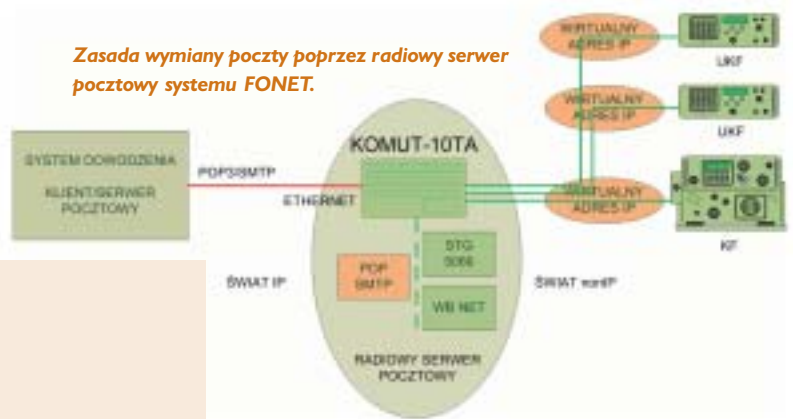
Idea zarządzania/monitorowania systemu FONET poprzez protokoły SNMP

- i/lub statycznej konfiguracji jednostki centralnej.

W przypadku transmisji poczty przez radiostację KF radiowy serwer pocztowy wykorzystuje standard opisany w STANAG 5066. W przypadku sieci radiowych UKF stosowany jest opracowany przez WB Electronics zoptymalizowany protokół pocztowy.

Oprogramowanie radiowego serwera pocztowego po odebraniu z sieci radiowej informacji pocztowej przesyła ją do klienta/serwera pocztowego w systemie dowodzenia używając standardowego protokołu POP3/SMTP.

Zasada wymiany poczty poprzez radiowy serwer pocztowy systemu FONET.



## SŁOWNIK I SKRÓTY

SKRÓT/TERMIN	OBJAŚNIENIE
ABR	Area Border Router
ASBR	Autonomous System Boundary Router
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
IP	Internet Protocol
IGMP	Internet Group Management Protocol
Jednostka centralna	Urządzenie KOMUT-10TA systemu FONET
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol
MIB	Management Information Base
NTP	Network Time Protocol
OSPF	Open Shortest Path First
PIM	Protocol Independent Multicast
POP3	Post Office Protocol version 3
QoS	Quality of Service
QUAGGA	Pakiet open-source dostarczający implementację protokołów OSPFv2, OSPFv3, RIP v1 i v2, RIPng BGP-4 dla LINUX-a
RIP	Routing Information Protocol
SH-4	32-bitowy procesor RISC używany w płytach głównych urządzeń KOMUT-10TA systemu FONET
SIP	Session Initiation Protocol
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SNMP	Simple Network Management Protocol
TDMA	Time Division Multiple Access
UDP	User Datagram Protocol
VoIP	Voice over Internet Protocol
WB NET	Protokół opracowany w WB Electronics optymalizowany do transmisji w sieciach radiowych o małych przepustowościach
ZEBRA	Oprogramowanie zarządzania protokołami stosu TCP/IP

## TDMA w sieciach radiowych

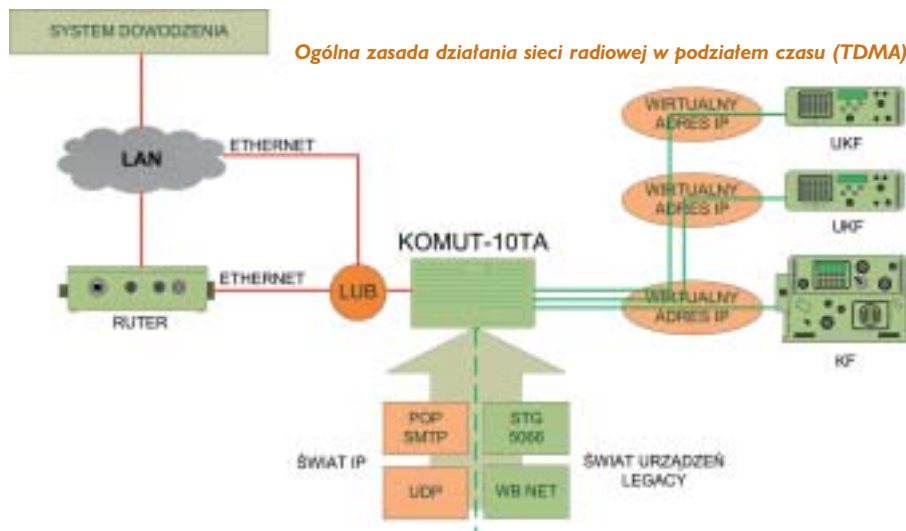
System FONET dla transmisji w sieciach radiowych UKF ma zaimplementowany protokół transmisji z podziałem czasu TDMA. Pozwala on, co jest szczególnie ważne na niższych szczeblach taktycznych, na bezkolizyjną wymianę danych w szczelinach przydzielonych dla poszczególnych abonentów (pojazd, pododdział). Mechanizm TDMA wykorzystywany przez system FONET jest niezależny od typu radiostacji podłączonej do jednostki centralnej, ponieważ do transmisji danych wykorzystywany jest kanał transparentny radiostacji. TDMA jest konfigurowalne dynamicznie, tzn. pasmo radiowe jest dzielone na aktualną, rzeczywistą ilość abonentów sieci radiowej.

Na poniższym rysunku przedstawiona jest ogólna zasada działania radiowej sieci TDMA. Po szczególne szczeliny mają następującą interpretację:

- CFG – szczelina konfiguracyjna;
- NCS – szczeliny stacji nadzrodnej;
- SUB – szczeliny stacji podrzędnych;
- REQ – szczelina zgłoszeniowa.

## Inne cechy

Jednostka centralna systemu FONET dostarcza także usług DHCP oraz synchronizacji czasu poprzez protokół NTP.



Ogólna zasada działania sieci radiowej w podziale czasu (TDMA)

## System Kierowania Ogniem Moździerz

System Kierowania Ogniem Moździerz w wersji dla moździerzy kal. 98 mm (SKO-M98) przeznaczony jest do kierowania ogniem przy użyciu moździerzy ciągnionych, zapewniając przede wszystkim:

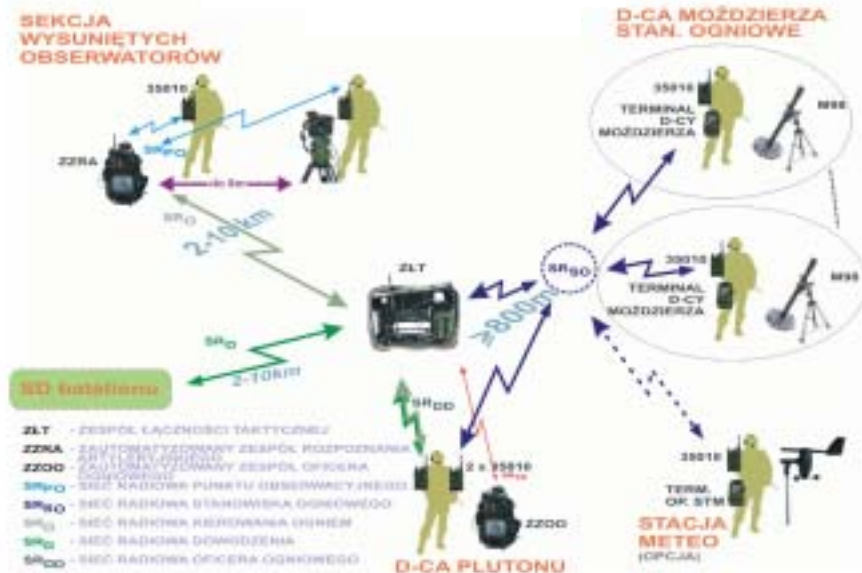
- precyzyjne i bezpieczne prowadzenie ognia do samodzielnie rozpoznanych celów, lub tych wskazanych przez inne środki rozpoznania w trybie automatycznym (Topaz, Azalia), lub ręcznym;
- koordynację ogniową kompanii moździerzy w składzie od 1 do 3 plutonów ogniowych z ZZKO Topaz.

Ponadto SKO-M zapewnia:

- zwiększenie szybkości i precyzji wykonania zadania ogniowego oraz ograniczenie błędów ludzkich w czasie prowadzenia ognia;
- pracę w warunkach nocnych i dziennych, lokalizację celu z większą precyzją z wykorzystaniem dalmierza laserowego;
- obserwację w czasie rzeczywistym, rejestrację stopklatki (zdjęcia) celu z podanymi parametrami z możliwością jej przesłania do szczebla wyższego;
- łatwość i bezpieczeństwo obsługi.

System Kierowania Ogniem Moździerz tworzą 3 lub 4 stanowiska pracy bojowej w zależności od tego, czy pluton działa w składzie kompanii, czy jako samodzielna grupa wsparcia. Stanowiska nie wymagają specjalnych pojazdów, mogą być przewożone dowolnymi środkami transportu.

Wymiana informacji między stanowiskami (dane, fonia, obraz) odbywa się z wykorzystaniem połączeń kablowych (kable polowego typu PKL1x2) lub w trybie łączności bezprzewodowej, z użyciem radiostacji osobistej typu R35010 (do 800 m) oraz radiostacji taktycznej RRC9210/RRC9321 (do 10 km). SKO-M zapewnia też możliwość współpracy z systemem Topaz tak w zakresie rozpoznania, jak i wskazywania celów.



Schemat organizacyjny systemu SKO-M 98

Przyrząd obserwacyjny na trójnogu



ZDALNIE STEROWANA CYFROWA KAMERA NOCNA Z WBUDOWANYM KOMPASEM CYFROWYM I LASEROWYM DALMIERZEM		
Zakres widmowy	MWIR 3im - 5 im	
Pole widzenia - tor podczerwieni	plynny zoom optyczny 1:5 w zakresie min. 2,5° x 2,0° ± 5% (CCIR) do maks. 12,5° x 10,0° ± 5% (CCIR) zoom elektroniczny: do x4 w zakresie od 2,5° do 10°	
Pole widzenia - kanał dzienny		
Dalmierz laserowy LRF	Typ	Erbium Glass Passive Q-Switch
	Długość fali	1,534im ± 8nm
	Ochrona wzroku	bezpieczny dla wzroku (klasa I)
	Zasięg pomiaru odległości	> 5 km
	Rozbieżność	0,7 mRad
	Energia promienia	> 2 mJ
	Współczynnik wygaśnięcia	32 dB
	Dokładność	5 m
	Częstość powtarzania	6 ppm
	Dokładność określania pozycji	10 m
	Interfejs do zewnętrznego GPS (PLGR i DAGR)	
GPS		
Pozostałe cechy	Masa	3,4 kg z baterią
	Warunki środowiskowe	IAW MIL-STD-810F
	Zakres temperatur pracy	-32 °C do +55 °C
	Wysokość pracy	do ok. 4500 m n.p.m.
	MTBF	> 2000 godzin
Lokalizacja celu w czasie rzeczywistym i wyliczanie współrzędnych położenia celu		
Wbudowany cyfrowy kompas magnetyczny		
Pamięć obrazów i parametrów celu		
Wysokiej jakości wyświetlacz typu OLED		
Zasięg działania		

### Stanowisko Obserwacyjne Sekcji Wysuniętych Obserwatorów

Zestaw urządzeń przeznaczony dla wyposażenia Sekcji Wysuniętych Obserwatorów zaprojektowany został tak, aby mógł być przewożony dowolnym środkiem transportu i z łatwością przeniesiony na stanowisko przez żołnierzy obsługi. W skład wyposażenia stanowiska obserwacyjnego wchodzi osadzony na trójnogu przyrząd obserwacyjny z cyfrową kamerą optoelektroniczną oraz zintegrowany na specjalnym stelażu

Zautomatyzowany Zespół Rozpoznania Artyleryjskiego (ZZRA), w skład którego wchodzi terminal komputerowy oraz radiostacja taktyczna. Dodatkowo wysunięci obserwatorzy wyposażeni są w radiostacje osobiste do komunikacji głosowej w ramach stanowiska obserwacyjnego. Podczas obserwacji wymiana danych pomiędzy kamerą a ZZRA odbywa się przez łącze kablowe.

Cyfrowa kamera optoelektroniczna z torem obserwacji dziennej i termalnej z wbudowanym dalmierzem laserowym dostarcza operatorowi szczegółowy obraz sytuacji połączony z wyświetlaniem danych telemetrycznych. Kamera daje szerokie możliwości wykorzystania przy obserwacji i identyfikacji celów zarówno w dzień, jak i w nocy, umożliwia pomiar odległości do obiektu (celu) do co najmniej 5 km oraz bezpośrednie określenie jego rodzaju i współrzędnych.

Istotną cechą jest możliwość zdalnego sterowania pozycją i parametrami pracy kamery ze stanowiska komputerowego (cyfrowy układ naprowadzania kamery) oraz wyjście wideo umożliwiające ciągłą obserwację obrazu na ekranie komputera. Cecha ta ma niezwykle istotne znaczenie przy wielogodzinnych obserwacjach terenu, gdzie zmęczenie obserwatora może być poważnym źródłem błędów i fałszywych alarmów. Pozwala również na operowanie kamerą z ukrycia, co zmniejsza ryzyko wykrycia wysuniętych obserwatorów przez przeciwnika. Naprowadzanie kamery na wykryty cel odbywa się poprzez wskazanie celu na ekranie dotykowym terminala.

## Zautomatyzowany Zespół Rozpoznania Artyleryjskiego (ZZRA)

to zainstalowany na specjalnie zaprojektowanym stelażu plecakowym terminal komputerowy DD9620T wraz z radiostacją taktyczną. Ergonomiczny kształt stelaża oraz stosowne uchwyty pozwalają na wygodne przenoszenie urządzenia przez jedną osobę. Zestaw może być przewożony dowolnym pojazdem – samochodem terenowym, transporterem opancerzonym itp.

W skład tego przenośnego stanowiska wchodzi następujące urządzenia:

- radiostacja taktyczna RRC9210/RRC9321 (5W). Zapewnia ona łączność punktu obserwacyjnego ze stanowiskiem dowodzenia plutonu moździerzowego i retransmisję łączności z radiostacją osobistej obserwatora;

- terminal komputerowy obserwatora DD9620T z ekranem dotykowym o przekątnej 10,4". Umożliwia on zdalne sterowa-



Zautomatyzowany Zespół Rozpoznania Artyleryjskiego (ZZRA) z terminalem komputerowym obserwatora DD9620T



Stanowisko obserwatora gotowe do pracy



nie przyrządem obserwacyjnym oraz przetwarzanie obrazu wideo z kamery dziennej i dalmierza. Na ekranie komputera wyświetlane jest okno podglądu toru wideo przyrządu obserwacyjnego. Terminal umożliwia przeliczanie pomiarów na współrzędne i parametry celu oraz wymianę danych ze stanowiskiem dowodzenia plutonu. Terminal komputerowy umożliwia naprowadzenie kamery na cel poprzez wskazanie celu na przekazanym obrazie wideo (punktu pomiarowego), umożliwia opis celu poprzez nadanie mu numeru i określenie jego rodzaju i parametrów. Zapewnia automatyczne wyliczenie współrzędnych celu. Terminal ma osłonę przeciwsłoneczną i przeciw opadom.

Obserwatorzy wyposażeni są w radiostację osobistą R35010, które zapewniają im swobodę poruszania się w obrębie stanowiska ob-

serwacyjnego z utrzymaniem łączności fonicznej pomiędzy nimi oraz ze stanowiskiem ogniowym lub dowódcą kompanii poprzez retransmisję do radiostacji taktycznej.

## Stanowisko dowódcy moździerza

Dla dowódcy moździerza, nadzorującego zadanie ogniowe, kluczowa jest możliwość swobodnego poruszania się w obrębie stanowiska ogniowego pomiędzy przyrządami do dowiązania i ukierunkowania moździerzy bez utraty łączności fonicznej z dowódcą plutonu.

Dowódca moździerza wyposażony jest w przenośny zestaw łączności i informatyki (PZLI) montowany na kamizelce taktycznej i przedramieniu, terminal z wyświetlaczem, radiostacją osobistą i zestaw słuchawkowo-mikrofonowy.

Terminal dowódcy moździerza zapewnia wyświetlenie oraz wprowadzenie wszelkich

danych związanych z prowadzeniem ognia oraz zgłaszanie gotowości do strzelania. Umożliwia wyświetlanie wyliczonych przez system nastaw artyleryjskich (celownik, odchylenie, punkt ustalenia), oraz parametrów takich jak rodzaj pocisków, ładunek.

Radiostacja osobista pozwala na transmisję danych i łączność foniczną pomiędzy dowódcą moździerza a dowódcą plutonu.

PZŁI zapewnia:

- łączność foniczną z dowódcą plutonu przez radiostację osobistą;

- łączność foniczną z dowódcą kompanii na stanowisku dowódcy batalionu przez retranslację z radiostacji osobistej na taktyczną w zespole łączności taktycznej.

### Przenośne stanowisko dowódcy plutonu (oficera ogniowego)

Dowódca plutonu koordynuje zadanie ogniowe, otrzymując informacje ze stanowiska obserwacyjnego (np. informacje o celu) i przekazując rozkazy do poszczególnych dowódców moździerzy. Dowódca plutonu otrzymuje również bezpośrednio rozkazy z wyższe-



### Przenośny zestaw łączności i informatyki (PZŁI)

go szczebla oraz bezpośrednio do niego raportuje.

Stanowisko dowódcy plutonu jest wyposażone w Zautomatyzowany Zespół Oficera Ogniowego (ZZOO) z terminalem komputerowym (terminal DD9620T z akumulatorem zapewniającym bezpieczną pracę przez około 6 godzin z możliwością wymiany akumulatora zasilającego bez przerwania pracy) oraz radiostacji osobiste.

Przenośne stanowisko dowódcy plutonu zapewnia:

- łączność foniczną z dowódcami moździerzy oraz transmisję danych pomiędzy terminalem dowódcy plutonu z PZŁI dowódcy moździerzy;
- łączność foniczną z dowódcą stanowiska obserwacyjnego oraz transmisję danych pomiędzy terminalem komputerowym dowódcy plutonu a terminalem komputerowym sekcji wysuniętych obserwatorów;
- łączność foniczną i transmisję danych z dowódcą szczebla wyższego.

Dodatkowo stanowisko dowódcy plutonu jest wyposażone w multiplexer radiostacji osobistych, który spełnia następujące funkcje:

- możliwość podłączenia dwóch radiostacji osobistych kanałem audio do jednego zestawu nagłownego (odpowiedniego dla wybranego typu radiostacji (np. R35010)). W tym celu ma kable do radiostacji, przełącznik PTT do sterowania nadawaniem i przełącznik wyboru radiostacji;
- możliwość stałego nasłuchu dwóch radiostacji;
- możliwość wyboru (za pomocą przełącznika) trybu nasłuchu.



Zautomatyzowany Zespół Oficera Ogniowego (ZZOO) z terminalem komputerowym DD9620T



Zestaw Łączności Taktycznej



## Zespół łączności Taktycznej (ZŁT)

Elementy zespołu łączności taktycznej montowane są na specjalnie zaprojektowanym stelażu. Może on być przewieziony dowolnym środkiem transportu na stanowisko polowe i przeniesiony na wyznaczone miejsce siłami obsługi.

W skład ZŁT wchodzi następujące urządzenia:

- 2 radiostacje RRC9210 dla potrzeb transmisji fonii i danych;
- 2 radiostacje R35010 dla potrzeb transmisji fonii i danych z retranslacją na radiostację taktyczną;
- urządzenie KOMUT-10TA, integrujące system łączności fonicznej i transmisji danych;
- tablica podłączeń kablowych zapewniająca tworzenie stacjonarnych stanowisk kierowania ogniem poprzez podłączenie stanowisk ogniowych polowym kablem lekkim;
- odbiornik GPS wbudowany w radiostację RRC9210;
- 2 akumulatory do zasilania i akumulatory radiostacji.

ZŁT zapewnia:

- łączność foniczną dowódcy plutonu ze stanowiskiem wysuniętych obserwatorów przez retranslację między radiostacją osobistą R35010 dowódcy plutonu a radiostacją taktyczną;
- łączność foniczną dowódcy plutonu z dowódcą kompanii (kierownikiem grupy wsparcia ogniowego) przez retranslację między radiostacją taktyczną – RRC9210 a radiostacją osobistą R35010 dowódcy plutonu;
- możliwość rozwinięcia pełnej struktury sieci przewodowej na czas działań w warunkach stacjonarnych.

## Stacja meteorologiczna

System umożliwia podłączenie stacji meteorologicznej, która w sposób automatyczny przekazuje do systemu aktualne dane o temperaturze, ciśnieniu atmosferycznym oraz kierunku i prędkości wiatru. Pozwala to na skrócenie czasu przygotowania do wykonywania zadania ogniowego oraz na zwiększenie precyzji rażenia.

Opcjonalnie, dla wsparcia czynności związanych z przygotowaniem do działania, proponowany jest przyrząd COMET FNS



oparty na technologii GPS, umożliwiający precyzyjne dowiązanie moździerzy na stanowiskach ogniowych oraz ich ukierunkowanie w 3 osiach (<2 mil). Przyrząd ten może również służyć do wstępnego ukierunkowania i kontroli sprawdzających systemu obserwacyjnego.

## Przebieg zadania ogniowego wykonywanego przy użyciu SKO-M

1. Urządzenia przewidziane dla Stanowiska Obserwacyjnego to dziennie-nocna kamera wyposażona w zdalnie sterowany system pozycjonowania oraz połączone z nią za pomocą kabla stanowisko komputerowe (ZZRA), które umożliwia zdalne sterowanie kamerą oraz systemem pozycjonowania kamery, służy do obróbki danych otrzymywanych z rozpoznania oraz zapewnia komunikację ze stanowiskiem ogniowym.

2. Wykrycie celu przez Sekcję Wysuniętych Obserwatorów.

3. Pomiar odległości do celu za pomocą wbudowanego w kamerę dalmierza laserowego. System ma określone współrzędne kamery (GPS), a system pozycjonowania kamery przesyła do komputera wysuniętego obserwatora azymut na cel. Na podstawie tych danych komputer określa precyzyjnie współrzędne celu.

4. Stanowisko Obserwacyjne jest wyposażone w dedykowane oprogramowanie, pozwalające na opisanie wciętego celu. Opis ten obejmuje takie parametry, jak rodzaj celu, szerokość, głębokość, nadany mu numer.

5. Po zakończeniu opisywania celu, informacje o celu zostają

przesłane przez radiostację do Stanowiska Dowódcy Plutonu. Łączność ta odbywa się drogą radiową przez ZŁT. Istnieje możliwość połączenia ZŁT z dowódcą plutonu z pomocą kabla lekkiego.

6. Dowódca Plutonu może cel zaakceptować lub od-





6.



7.



8.



9.



10.

rzucić. Po akceptacji celu, system automatycznie umieszcza go w bazie danych. Po podjęciu decyzji o zniszczeniu celu, jego parametry są pobierane z bazy danych i komputer dokonuje niezbędnych obliczeń balistycznych. Na podstawie danych celu oraz podjętych przez dowódcę decyzji o rodzaju ognia (zuzyciu amunicji i rodzaju amunicji), system automatycznie wyliczy nastawy dla poszczególnych moździerzów. System uwzględni automatycznie poprawki wynikające z komunikatu meteo.

7. Do wybranych moździerzów system drogą radiową przesyła wyliczone nastawy (odchylenie i celownik), informacje o pocisku i ładunku, nastawy zapalnika, czas do otwarcia ognia oraz komendy bieżące. Informacje te są wyświetlane na nareęcznych terminalach dowódcy moździerzów.

8. Dowódca Plutonu wydaje rozkaz *ognia*. Komenda ta jest, tak jak pozostałe informacje, przekazywana drogą radiową na terminal nareęczny Dowódców Stanowisk Ogniwych lub fonicznie.

9. Po wystrzale obserwator obserwuje cel i przedpole walki w celu wykrycia miejsca upadku pocisków, co pozwala na dokonanie korekty ognia. Procedura korekty ognia w dużej mierze pokrywa się z procedurą wstępnego zadania ogniowego.

10. Po zaobserwowaniu upadku pocisków miejsce upadku zostaje wcięte, a współrzędne punktu upadku zostają przesłane do komputera na Stanowisku Obserwatora.

11. Ze Stanowiska Obserwatora dane o współrzędnych upadku pocisków zostają wysłane drogą radiową na komputer Dowódcy Plutonu Moździerzów.

12. Komputer Dowódcy Plutonu Moździerzów dokonuje obli-

czeń nowych nastaw w celu korekty ognia.

13. Nowe nastawy zostają wraz z pozostałymi komendami przesłane do Dowódcy Stanowiska Ogniwego i następuje wystrzał skorygowanego ognia. Aby uwolnić dowódcę moździerzów od konieczności ciągłego obserwowania wyświetlacza terminala nareęcznego, nadejście wszelkich komunikatów jest sygnalizowane akustycznie w słuchawce radiostacji.

Przez cały czas realizacji zadania ogniowego, równoległe do transmisji danych, może odbywać się komunikacja głosowa pomiędzy poszczególnymi stanowiskami wewnątrz plutonu moździerzowego oraz pomiędzy plutonem moździerzów i wyższym szczeblem dowodzenia.



11.



12.



13.



# BSL FlyEye

## mini BSL o imponujących możliwościach



- start z ręki
- do 4 godzin lotu
- cyfrowa łączność o zasięgu 15 km
- wiele opcji realizacji zadań, programowanych przed i w trakcie lotu
- dwutorowa głowica obserwacyjna (tor dzienny i termalny)
- precyzyjne określanie współrzędnych obserwowanych obiektów
- unikalna metoda bezpiecznego lądowania

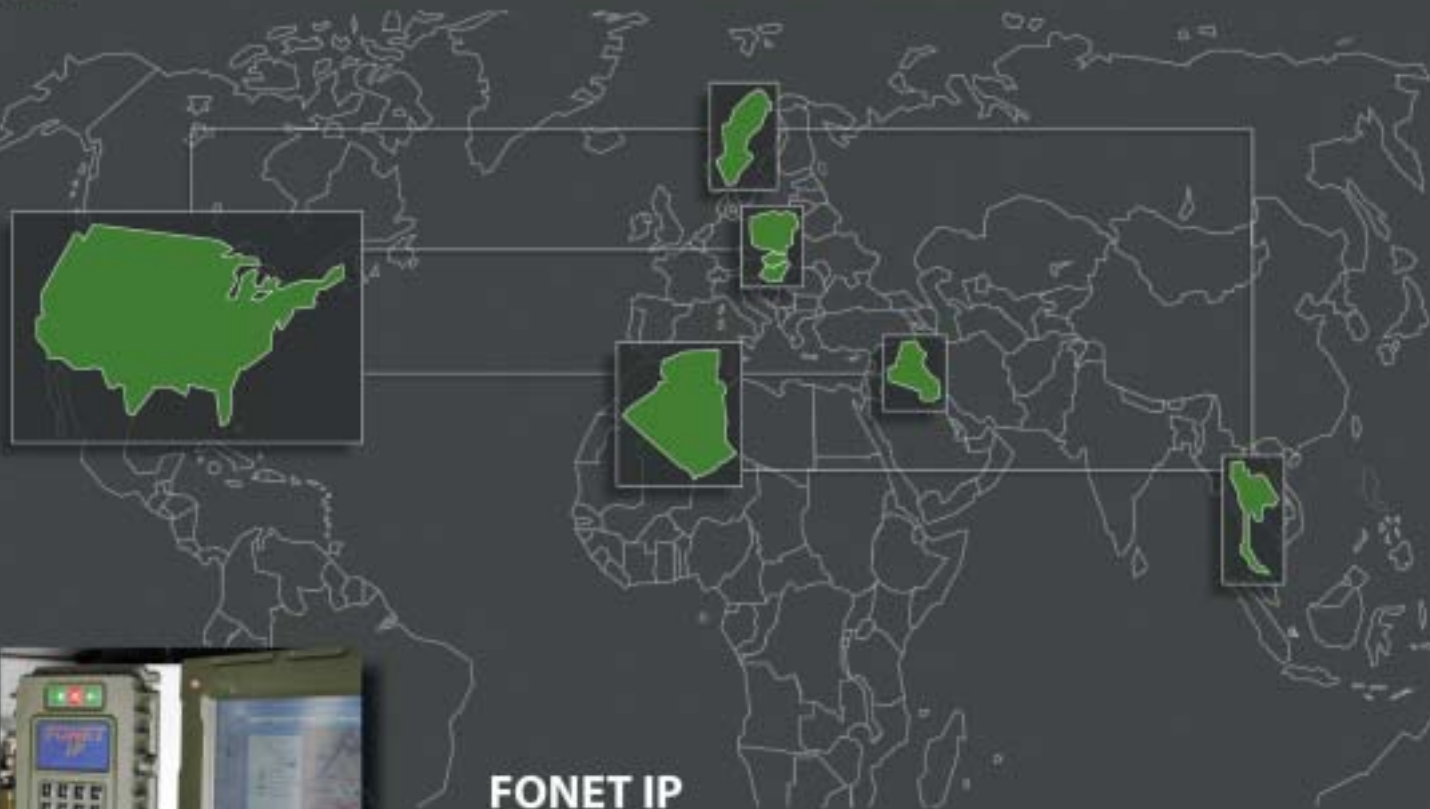


**WB ELECTRONICS**

[www.wb.com.pl](http://www.wb.com.pl)



# FONET IP



**FONET IP**  
jest wybierany przez wiodące armie świata

- transmisja danych z wykorzystaniem protokołu UDP/IP
- zaimplementowany protokół routingu OSPF
- usługi VoIP
- zarządzanie i monitorowanie poprzez protokół SNMP
- wbudowany radiowy serwer pocztowy
- własny mechanizm TDMA w sieciach radiowych



**WB ELECTRONICS**

[www.wb.com.pl](http://www.wb.com.pl)