

ZASTOSOWANIE TRANSMISJI RADIOWEJ IP W SIECIACH RADIOWYCH SZCZEBŁA TAKTYCZNEGO

Dynamiczny wzrost zapotrzebowania na świadczenie szerokiej klasy usług, w szczególności rzeczywistego czasu przesyłania informacji, oraz konieczność różnicowania wymagań związanych z ich jakością w warunkach ograniczeń przepustowości i dostępności zasobów wojskowych sieci łączności, fakt ten wymusił rozwój oraz sposób realizacji usług. W radiowych sieciach taktycznych zastosowano nowe rozwiązania, które jednak nie obejmowały wdrażania stosu protokołów TCP/IP ze względu na fakt nieprzystosowania urządzeń do transmisji tego rodzaju. Poziom technologiczny tych urządzeń uniemożliwił jego wbudowanie, a oferowana szybkość transmisji była niewystarczająca.

Z perspektywy czasu rozwój technologii umożliwił wykorzystanie w sieciach radiowych transmisji danych opartych o protokół TCP/IP. Standardowe systemy łączności radiowej nie posiadają już takiego potencjału rozwojowego i przechodzą do historii. Spowodowane jest to w szczególności rodzajem oferowanych usług co nie wystarczy współczesnemu użytkownikowi a nie ma możliwości zastosowania nowych technologii w tychże urządzeniach.

Rozwiązaniem tych sytuacji jest wprowadzenie nowej organizacji łączności radiowej, która zapewniłaby ich dalszy rozwój i umożliwiła sprostanie stawianym wymaganiom przez współczesnego użytkownika. Pierwszym przydatnym przykładem takiej sieci są sieci **AD-HOC** *jest to sieć organizowana doraźnie o zdecentralizowanej architekturze, w której przyłączone mobilne urządzenia mogą pełnić funkcje zarówno klienta (terminala końcowego), jak i punktu dostępu.* Przebudowa łączności radiowej jest możliwa z uwagi na fakt, iż aktualnie wielu producentów oferuje zaawansowane radiostacje z protokołami IP przystosowane do rozwiązań niezbędnych do budowy sieci samoorganizujących.

W artykule chciałbym pokrótce przedstawić urządzenia radiowe, wykorzystujące protokoły IP jakie są na użytkowaniu w SZ RP,

Wzrost zapotrzebowania na usługi oferowane przez systemy łączności bezprzewodowej spowodował przyspieszony rozwój prac nad technologiami zapewniającymi niezawodną transmisję danych przez kanały radiowe. Skuteczność prowadzenia operacji wojskowych zależy nie tylko od stopnia uzbrojenia i mobilności jednostek wojskowych, ale

również od dostępu do informacji gromadzonych przez różne podsystemy działające na obszarze prowadzonych działań. Do osiągnięcia założonego celu działań wskazane jest, aby dowódcy różnych szczebli dowodzenia mieli zapewniony wspólny i aktualny obraz sytuacji taktycznej.

Wymagania, jakim muszą sprostać współczesne systemy łączności wskazują, że rozwój wojskowych systemów telekomunikacyjnych ukierunkowany jest na technologie szerokopasmowe, najczęściej bazujące na protokole IP.

Dotychczasowe sieci radiowe szczebla taktycznego były budowane w oparciu o radiostacje wąskopasmowe pracujące w zakresie częstotliwości UKF i KF. Z uwagi na ograniczenia wynikające z szerokości pasma oraz dość duży poziom zakłóceń w kanałach radiowych, usługi czasu rzeczywistego i wymagające prędkości większych niż 64 kbit/s np. transmisja wideo, nie były zapewniane przez podsystem radiowy, natomiast oferowana usługa transmisji krótkich wiadomości (tzw. chat), transmisja grafiki i nieruchomych obrazów, poczty elektronicznej mogły być realizowane za pomocą taktycznych sieci radiowych.

W celu realizacji wybranych usług opartych na protokole TCP/IP, opracowano różnego rodzaju punkty dostępowe, czy bramy **GATEWAY'E**, których głównym zadaniem była integracja systemów radiowego i radioliniowo – przewodowego. Jako przykład tego typu rozwiązania można wskazać Radiowy Punkt Dostępowy (**RPD**) **UKF/KF**.

RPD umożliwia użytkownikom sieci, wyposażonych w odpowiednie terminale oraz radiostacje, wymianę danych i połączeń głosowych z abonentami sieci LAN/WLAN, gdzie realizowane mogą być następujące usługi:

1. simpleksową transmisję głosu,
2. transmisję danych:
 - a) raportów GPS;
 - b) transmisję plików;
 - c) pocztę elektroniczną;
 - d) komunikator „chat”.

W systemie STORCZYK wykorzystywany jest Blok Sprzężenia Radiowego (BSR), który jest elementem podsystemu dostępu radiowego zakresu KF/UKF. Integruje on usługi systemu radioliniowo-przewodowego i systemu radiowego, zapewniając usługi foniczne i transmisję danych opartych o protokół TCP/IP.

Od kilku lat do Sił Zbrojnych RP wdrożono Sieć Wymiany Danych Związku Taktycznego (SWD ZT w oparciu o radiostacje rodziny PR4G, wykorzystujące pasmo UKF), która ma za zadanie zapewnienie wymiany danych operacyjnych pomiędzy zarówno abonentami przewodowymi jak i radiowymi.

Urządzeniem peryferyjnym oferowane przez firmę HARRIS do rozwiązywania integracji sieci radioliniowo-przewodowe z sieciami radiowymi jest koncentrator taktyczny Tactical Network Access HUB RF – 6010, który realizuje radiowy dostęp wielokanałowy w oparciu o cztery współpracujące z nim radiostacje (pasma KF lub UKF).

Rozwój technologii spowodowany zapotrzebowaniem na usługi, umożliwił wykorzystanie w sieciach radiowych transmisji danych opartych o protokół TCP/IP, co pozwala na rezygnację ze stosowania urządzeń integrujących typu punkty dostępowe. Powszechne stosowanie protokołu IP związane jest zarówno z potrzebami użytkowników jak i z postępiami zmniejszenia rozmiarów urządzeń przy zachowaniu ich pełnej użyteczności, oraz cyfryzacji urządzeń radiowych włącznie z zaawansowaną techniką mikroprocesorową oraz rozwojem koncepcji bezprzewodowych sieci *ad-hoc*.

Aktualnie w Wojsku Polskim użytkuje się kilka typów urządzeń radiowych różnych producentów posiadających możliwość pracy w radiowej sieci IP, Podstawowymi urządzeniami zakresu częstotliwości UKF stosowanymi w SZ RP są radiostacje z rodziny PR4G, natomiast zakresu KF radiostacje firmy Harris.

Radiostacje rodziny PR4G (F@stnet)



Rys. 1. Radiostacja RRC 9210

Od kilku lat dostępna jest nowa generacja radiostacji UKF rodziny PR4G, nazywana F@stnet, która umożliwia transmisję danych zgodnie z protokołem TCP/IP – powyżej rys. 1. Radiostacja RRC 9210. Na wyposażeniu Sił Zbrojnych RP są radiostacje plecakowe RRC-9210 oraz radiostacje pokładowe RRC-9310AP, które w zakresie pracy z protokołem IP posiadają analogiczne możliwości.

F@stnet to hoppingowe radiostacje nowej generacji oferujące szybką transmisję danych (do 43 kbit/s w trybie CNR – Combat Net Radio), wyposażone w karty IP umożliwiające transmisje pakietowe w kanale wąskopasmowym 25kHz z szybkością do 19,2 kbit/s. Sterowanie i monitorowanie pracy radiostacji odbywa się z wykorzystaniem protokołu SNMP. Wdrożenie najnowszej wersji oprogramowania radiostacji wprowadza szereg nowych rozwiązań związanych z wykorzystaniem urządzeń do pracy z protokołem IP. Radiostacja umożliwia pracę w dwóch trybach pracy IP:

- **IP-MUX** – przewidziany do jednoczesnej transmisji mowy i danych IP w tym samym kanale radiowym. Oferuje transmisję danych z szybkością do 4,8 kbit/s, która odbywa się w sposób simpleksowy lub w trybie wyzwalanego TDMA. Synchronizacja pracy hoppingowej odbywa się z wykorzystaniem radiostacji pełniącej w sieci funkcję NCS-a. Podstawowa metoda synchronizacji zakłada jednak wykorzystanie odbiornika GPS. Przejście radiostacji do pracy w trybie IP-MUX zapoczątkowane jest przez radiostację główną. W dowolnym momencie możliwe jest dodanie i usuwanie radiostacji z sieci, co odbywa się poprzez odpowiedni rozkaz z radiostacji NCS. W najnowszej wersji oprogramowania firmowego radiostacji zapewniona jest automatyczna zmiana (rozesłanie) tras routingu po rekonfiguracji sieci radiowej;
- **IP PAS** – przewidziany wyłącznie do transmisji danych z szybkościami do 19,2 kbit/s. Synchronizacja pracy hoppingowej odbywa się w sposób rozproszony, nie wymaga sygnału z radiostacji NCS (w sieci nie istnieje stacja nadrzędna). Możliwa jest retransmisja danych z użyciem maksymalnie 5 przęseł. Pojedyncza radiostacja pracuje wówczas jako retransmitter. Dzięki takim możliwościom uzyskuje się znaczne powiększenie zasięgu sieci, aczkolwiek należy liczyć się ze znacznym wzrostem opóźnień przesyłanych danych – tryb dedykowany do transmisji danych czasu nierzeczywistego. Maksymalna liczba radiostacji w sieci radiowej pracującej w trybie IP PAS jest ograniczona. Każda radiostacja w sieci w sposób automatyczny aktualizuje dane dotyczące topologii sieci, do której należy („zna” swoje otoczenie). W przypadku braku łączności bezpośredniej, automatycznie nawiązywana jest łączność z inną radiostacją w sieci.

Z nowych funkcji jakie wdrożono w radiostacjach F@stnet to:

- **Klient DHCP** (*Dynamic Client Configuration Protocol*) – zapewnia możliwość automatycznego pobrania adresu IP z serwera DHCP,
- **IP Firewall** – zaporę sieciową realizującą filtrowanie pakietów według ustalonych kryteriów. Jest to funkcja szczególnie istotna ze względu na pracę radiostacji w kanałach wąskopasmowych,
- **IP NAT** (*Network Address Translation*) – funkcja polegająca na logicznym udostępnieniu adresu IP dla wielu komputerów,
- **ICMP Source Quench** – obsługa pakietów ICMP w celu zmniejszenia obciążenia kanału radiowego,
- **Zestawy konfiguracji IP** – możliwość wykorzystania jednego z czterech zdefiniowanych kompletnych zestawów parametrów umożliwiających pracę w sieci IP,
- Kompresja pakietów IP – kompresja nagłówek IP i UDP/TCP w celu zmniejszenia liczby transmitowanych danych,
- Możliwość przydzielania pasma dla poszczególnych kolejek danych IP.

Radiostacja R-3507



Rys. 2. Radiostacja R-3507

Radiostacja R-3507 (Rys. 2.) to pierwsza polska radiostacja skonstruowana w oparciu o technologię **SDR** (*Software Defined Radio*). To nowoczesna technologia konstruowania radiostacji. Jest to połączenie nowoczesnej technologii sprzętowej z odpowiednim oprogramowaniem. Podstawowym celem jest maksymalne ograniczenie ilości rozwiązań sprzętowych na rzecz sterującego nimi oprogramowania. Takie rozwiązanie umożliwia stworzenie uniwersalnej płyty głównej mogącej stanowić kilkunastomodelową radiostację w której charakterystyka i możliwości będą zależne od oprogramowania.

Radiostacja pracuje w zakresie częstotliwości 20 – 520 MHz z mocą 5W. Posiada wbudowany interfejs Ethernet oraz zapewnia transmisję danych z szybkością do 1 Mbit/s.

Radiostacje firmy Harris

Radiostacja RF-5800H



Rys.3 . Radiostacja RF-5800H-MP

Radiostacja RF-5800H-MP (Rys. 3.) przeznaczona jest do pracy cyfrowej i analogowej w sieciach i kierunkach radiowych na szczeblu taktycznym w zakresie KF i UKF. W Wojsku Polskim jest wykorzystywana jako radiostacja zakresu krótkofalowego.

RF-5800H nie posiada, w przeciwieństwie do radiostacji F@stnet, wbudowanej karty IP. Istnieje jednak możliwość dołączenia radiostacji do sieci Ethernet za pomocą komputera PC wyposażonego w kartę sieciową. Połączenie między RF-5800H i komputerem realizowane jest z wykorzystaniem złącza J3 w radiostacji i portu RS-232C w komputerze. Pomędzy urządzeniami zestawiane jest połączenie typu PPP. Uzyskany w ten sposób zestaw (komputer + radiostacja) jest bramą dostępową (GATEWAYEM) wyposażoną w dwa

interfejsy sieciowe – Ethernet do sieci LAN i radiowy do pracy w sieci wykorzystującej radiostacje Harris.

Uzyskana w ten sposób funkcjonalność umożliwia abonentom sieci radiowej komunikowanie z abonentami sieci lokalnej i odwrotnie – abonent sieci lokalnej posiada możliwość wymiany informacji z dowolnym abonentem sieci radiowej. Dodatkowo, jeżeli zestawy złożone z radiostacji RF-5800H i komputera z odpowiednim oprogramowaniem zapewniają dostęp do więcej niż jednej sieci lokalnej, gdzie abonenci sieci lokalnych mogą komunikować się ze sobą wykorzystując łącza bezprzewodowe utworzone przez radiostacje firmy Harris.

Radiostacja RF-5800H pełniąc funkcję *gatewaya* zachowuje w dziedzinie transmisji głosu funkcjonalność pozostałych radiostacji w sieci, podniesienie mikrofonu i uruchomienie tangenty pozwala wymienić informacje foniczne z innymi abonentami sieci radiowej.

Standardowa łączność radiowa opiera się na sieciach i kierunkach radiowych. Sieci radiowe z natury zapewniają łączność pomiędzy wieloma korespondentami radiowymi w trybie okólnikowym, przez co doskonale nadają się do przekazywania informacji od jednego nadawcy do wielu odbiorców. Przesyłanie informacji pomiędzy dwoma korespondentami sieci odbywa się w warunkach „słyszalności” przez innych korespondentów, co nie zawsze jest dopuszczalne. Niedomaganie to usuwa łączność na kierunku radiowym, który jest siecią złożoną z dwóch korespondentów. W przypadku istnienia dużej liczby korespondentów organizuje się wiele sieci radiowych, do których korespondenci dobierani są według odpowiednich kryteriów. Sieci te w razie potrzeby integruje się metodami technicznymi i organizacyjnymi tworząc w ten sposób wielosieciowy system łączności radiowej. W najprostszym przypadku dla integracji sieci stosuje się kablowe połączenie dwóch radiostacji,

z których każda pracuje w innej sieci. Sieci lub systemy łączności radiowej integruje się również z systemami łączności przewodowej przy pomocy urządzeń radiodostępowych.

Możliwość budowy sieci radiowych w oparciu o radiostacje IP stała się rzeczywistością. Wojsko Polskie dysponuje radiostacjami z wbudowanym interfejsem umożliwiającym podłączenie ich do sieci Ethernet zapewniając w ten sposób integrację sieci radiowych z sieciami lokalnymi rozwijanymi na stanowiskach dowodzenia.

Powszechne wykorzystanie technologii IP pozwala integrować poszczególne podsystemy łączności na bazie tej technologii i udostępnia ujednolicony interfejs dla ich użytkowników, co obniża koszty budowy systemu i upraszcza jego funkcjonowanie. Należy

jednocześnie zauważyć fakt, że nowoczesne radiostacje IP zachowują kompatybilność z radiostacjami dotychczas wykorzystywanymi.