

TRANSMISJA IP Z WYKORZYSTANIEM RADIOSTACJI WĄSKOPASMOWEJ

Postępująca od kilku lat ewolucja w zakresie rosnących potrzeb systemów dowodzenia przekłada się na konkretne wymagania, jakim muszą sprostać systemy łączności. Należy podkreślić, że obserwowany obecnie rozwój wojskowych systemów telekomunikacyjnych ukierunkowany jest na technologie szerokopasmowe, najczęściej bazujące na protokole IP (ang. *Internet Protocol*).

Obecnie trend ten obejmuje również sieci bezprzewodowe, mające zasadnicze znaczenie na dynamicznie zmieniającym się polu walki. Warto w tym miejscu dodać, że od kilku lat wiąże się duże nadzieje z wprowadzeniem radiostacji IP na szczeblu taktycznym (ang. *Tactical Internet*)

Urządzenia radiowe działające w oparciu o protokół IP pozwalają na realizację nowych usług, m.in. dostarczanie dowódcom aktualnych informacji o położeniu sił przeciwnika (ang. *RFT Red Force Tracking*) i własnych (ang. *BFT Blue Force Tracking*) oraz o ich stanie, wyposażeniu, stratach i bieżącym potencjale bojowym.

Pierwszym krokiem jaki wykonano w stronę zastosowania protokołu IP w sieciach wojskowych jest wykorzystanie obecnie eksploatowanych urządzeń, w których zaprojektowano „stos” protokołów TCP/IP i złącze Ethernet 100BaseTX. Przykładem takiego urządzenia jest radiostacja RRC 9210 firmy **Radmor**, która znajduje się na wyposażeniu Sił Zbrojnych RP. Radiostacja ta pracuje w kanale wąskopasmowym, który ogranicza możliwości transmisyjne, ale w porównaniu do systemów szerokopasmowych oferuje znacznie większy zasięg oraz większą odporność na zakłócenia. Zgodnie z deklaracją producenta radiostacja zapewnia prędko transmisji danych do 19,2 kbit/s w korzystnych warunkach propagacyjnych. Zastosowanie najnowszego „**SOFT-u**” umożliwi skonfigurowanie radiostacji do pracy w sieci IP.

W tym miejscu można postawić sobie pytanie, jaka jest efektywność transmisji pakietów IP w wąskopasmowych kanałach simpleksowych?, gdzie z reguły producenci sprzętu radiowego nie podają szczegółowych informacji w zakresie zainstalowanego oprogramowania oraz wydajności sieci, ograniczając się jedynie do stwierdzenia że urządzenia zapewniają realizację usług bazujących na protokole IP.

Z punktu widzenia osób wykorzystujących radiostację, istotna dla nich jest wiedza na temat praktycznych możliwości transmisyjnych i zasad konfiguracji urządzeń, uwzględniających wpływ kanału wąskopasmowego. W wąskopasmowych kanałach transmisyjnych można dostrzec dużo czynników z szerokopasmowych sieci bezprzewodowych, które warunkują efektywność prac. Należą do nich między innymi narzut informacyjny wynikający z przesyłania danych z warstwy aplikacji poprzez kompletny stos protokołów IP. W konsekwencji, podczas transportowania pakietu przez poszczególne warstwy są dodawane kolejne nagłówki i w rezultacie znacząco wzrasta rozmiar przesyłanych danych.

W warstwie fizycznej, oprócz danych użytkowych, przesyłane są dodatkowe dane - synchronizacyjne, sterujące i inne - co powoduje, że kanał transmisyjny musi być współdzielony.

Dodatkowo, w warstwie fizycznej stosowane są ramki zarządzające i sterujące, np. **ramka RTS** - (*polega na tym, że gdy stacja chce nadać wysyła ramkę RTS –Request to Send z żądaniem rezerwacji kanału, oczekując na odpowiedź w postaci ramki CTS – Clear to Send, po czym rozpoczyna nadawanie danych z wykorzystaniem ramki danych –DATA*). Przy czym należy wspomnieć że wymienione ramki w praktycznym wykorzystaniu środków radiowych ograniczają możliwości kanału transmisyjnego.

Kolejne zagadnienie, które będzie się przewijać to te, które dotyczy dostosowania rozmiaru pakietów do wielkości ramek transmitowanych w warstwie fizycznej. Jeżeli rozważana jest transmisja TCP (ang. *Transmission Control Protocol*), wówczas pakiety IP mają rozmiar kilkuset bajtów. W warstwie fizycznej dane o takim rozmiarze muszą być poddane procesowi defragmentacji i przesyłania w kilku ramkach warstwy fizycznej. Ma to zasadniczy wpływ na opóźnienia transmisji, szczególnie w sytuacji powstawania błędów i konieczności retransmisji poszczególnych ramek. Ponadto, jednym z krytycznych parametrów protokołu TCP jest okres *Timeout*, po którym powinny nastąpić potwierdzenia w warstwie transportowej.

Łączność wąskopasmowa VHF

Kanał radiowy, w przeciwieństwie do kanałów przewodowych, podlega gwałtownym zmianom, które zachodzą w sposób losowy. Sygnał z nadajnika może dotrzeć do odbiornika po wielu ścieżkach na skutek odbić od przeszkód terenowych czy ugięcia sygnału. Efektem tego są fluktuacje amplitudy i fazy odbieranego sygnału nazywane krótko zanikami

wielodrogowymi (ang. *Multipath Fading*). Występujące w kanałach radiowych zaniki są przyczyną grupowania się błędów w tzw. paczki (ang. *Burst Errors*), których rozmiar i częste pojawiania się ma istotny wpływ na pracę systemu łączności bezprzewodowej. Zjawisko to występuje z różną siłą w różnych punktach, zatem zmiana położenia urządzeń nadawczo-odbiorczych może równie wpływać negatywnie na odbiór sygnału. Kanał transmisji w systemie telekomunikacyjnym opartym na radiostacjach pracujących w zakresie UKF jest wąskopasmowy i występują w nim zaniki nieselektywne częstotliwościowo (tzw. **zaniki płaskie**, które można zdefiniować jako zaniki istniejące w kanale, w którym **pasmo koherencji** - /miara odległości pomiędzy częstotliwościami dwóch sygnałów transmitowanych w kanale, przy której oba sygnały transmitowane są w kanale/ jest większe niż szerokość pasma sygnału. W związku z tym wszystkie częstotliwości składowe sygnału doznają zaniku o tej samej głębokości).

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 budowane były w oparciu o radiostacje wąskopasmowe pracujące w zakresie częstotliwości UKF i KF. Klasyczna łączność radiowa opiera się na sieciach i kierunkach radiowych. Sieci radiowe z natury zapewniają łączność pomiędzy wieloma korespondentami radiowymi w trybie okólnikowym „**wszyscy słyszą wszystkich**”. W celu realizacji wybranych usług opartych na protokole TCP/IP, opracowano różnego rodzaju punkty dostępowe, czy bramy **gateway**'e, których głównym zadaniem jest integracja systemów radiowego i przewodowego.

Zastosowanie w urządzeniach radiowych protokołu IP spowodowała jakościowe zmiany w zakresie funkcjonowania sieci radiowych i pozwoliła na rezygnację ze stosowania urządzeń integrujących. Aktualnie radiostacje wojskowe z protokołem TCP/IP można wykorzystywać do budowy sieci radiowych tworzonych doraźnie, które zapewniają większą niezawodność transmisji połączeń.

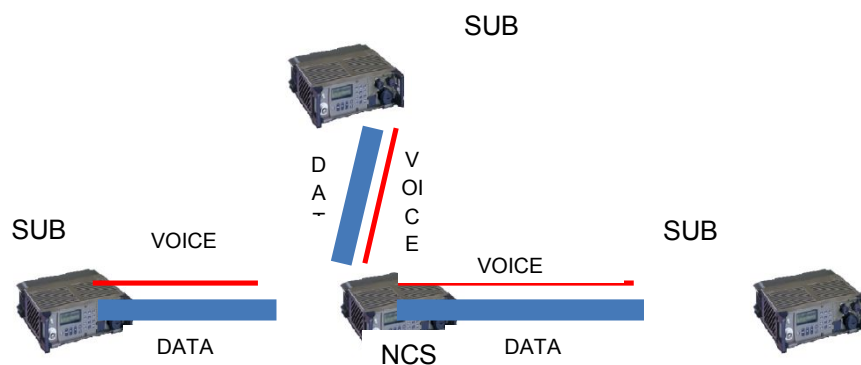
Tryby pracy IP radiostacji RRC 9210

Siły Zbrojne RP wyposażone są od kilku lat w radiostacje z rodziny PR4G nazwane F@stnet, umożliwiające transmisją danych zgodnie z protokołem TCP/IP. Są to radiostacje plecakowe RRC 9210 o mocy do 10 W oraz radiostacje pokładowe RRC 9310AP ze wzmacniaczem zapewniające moc wyjściową 50 W.

Radiostacje te wyposażone są w karty IP umożliwiające transmisje pakietowe w kanale wąskopasmowym 25 kHz z prędkością do 19,2 kbit/s, oferują w trybie CNR (ang. *Combat Net Radio*) transmisję danych do 43 kbit/s. Sterowanie i monitorowanie pracy radiostacji odbywa się z wykorzystaniem protokołu SNMP (ang. *Simple Network Management Protocol*). Wdrożenie najnowszej wersji oprogramowania radiostacji wprowadza szereg nowych rozwiązań związanych z wykorzystaniem urządzeń do pracy z protokołem IP.

Radiostacja RRC 9210 zapewnia dwa tryby pracy IP:

- **IP-MUX** (jednoczesna transmisja mowy i danych) - (Rys nr 1)
- **IP PAS** (wyłącznie transmisja danych) - (Rys nr 2)

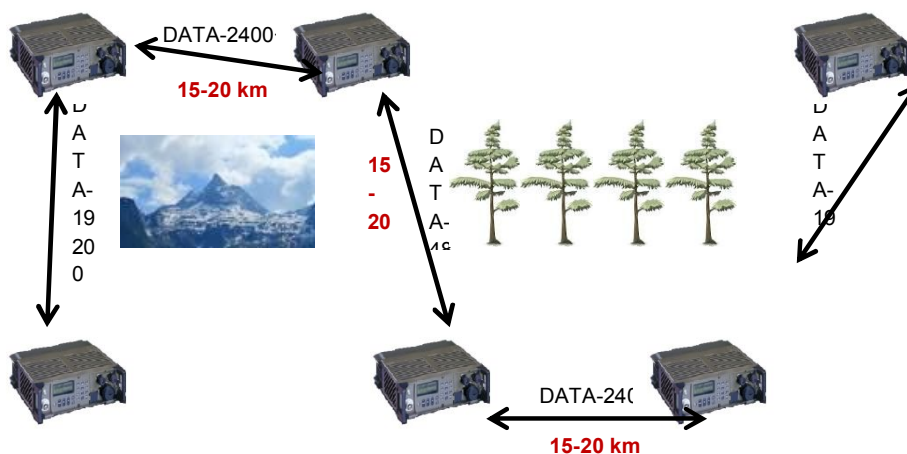


Rys. nr 1. Radiostacje RRC 9210 w trybie IP MUX

Tryb **IP-MUX** jest przewidziany do jednoczesnej transmisji mowy i danych IP w tym samym kanale radiowym. W tym trybie oferowana jest transmisja danych z prędkością do 4,8 kbit/s, która odbywa się w sposób simpleksowy lub w trybie wyzwalanego TDMA (ang. *Time Division Multiple Access*).

Synchronizacja pracy „hoppingowej” odbywa się z wykorzystaniem radiostacji pełniącej w sieci funkcję NCS (stacja nadrzędna). Podstawowa metoda synchronizacji zakłada jednak wykorzystanie odbiornika GPS. Przejście radiostacji do pracy w trybie IP-MUX inicjowane jest przez radiostację główną. W dowolnym momencie możliwe jest dodanie i usuwanie radiostacji z sieci, co odbywa się poprzez odpowiednie komendy z radiostacji NCS. Liczba radiostacji w sieci może pozostać niezmienną w porównaniu z trybem CNR, ale tylko maksymalnie do 32 może pracować w trybie **mowa/dane**, pozostałe tylko w trybie mowy. W najnowszej wersji oprogramowania firmowego radiostacji zapewniona jest automatyczna zmiana (rozesłanie) tras routingu po rekonfiguracji sieci radiowej.

Tryb **IP PAS** jest przewidziany wyłącznie do transmisji danych z prędkościami 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, przy czym należy liczyć się z istotnym wzrostem opóźnień w przesyłanych danych. Jest to tryb przeznaczony 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 (tzw. „zna” swoje otoczenie). W przypadku braku łączności bezpośredniej, automatycznie nawiązywana jest łączność z inną radiostacją w sieci.



Rys. nr 2. Radiostacje RRC 9210 w trybie IP PAS

Za pomocą znanych możliwości transmisji pakietów IP w wąskopasmowych sieciach radiowych opartych o radiostacje RRC 9210, dla użytkownika realizującego połączenie możliwe jest określenie zestawu usług jakie mogą być realizowane w sieci. Na podstawie wyników podanych przez producenta można przypuszczać, że nie będzie można w stanie efektywnie przenosić usług czasu rzeczywistego, a jedynie usługi transmisji danych, np. czat, poczta elektroniczna, przesyłanie dokumentów, map i plików o ograniczonych rozmiarach. Moim zdaniem nie pozostanie dla użytkownika jedynie dostępność usług w relacji punkt-punkt dla ruchu UDP ale w będą (lub są) prowadzone intensywne prace w kierunku efektywności przenoszenia ruchu w stanie rzeczywistym TCP, co umożliwi dobór wartości parametrów np. rozmiaru pola danych i okresu *Timeout*.