

S/4014



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

AON wewn. 5121/99

JAWNE
Do użytku służbowego

Egz. Nr4..0

Płk dr inż. Bogdan BEZOŃ
Płk dr inż. Józef JANCZAK

ANALIZA WSPÓŁCZESNYCH SYSTEMÓW ŁĄCZNOŚCI W ASPEKCIE INTEGRACJI SZ RP Z WOJSKAMI NATO



52180

WARSZAWA

1999

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ WOJSK LĄDOWYCH

PRZEKLASYFIKOWANO

Protokół Nr 54305

AON wewn. 5121/99

JAWNE

~~Dokument służbowy~~

Egz. nr 40

Płk dr inż. Bogdan BEZOŃ

Płk dr inż. Józef JANCZAK

**ANALIZA WSPÓŁCZESNYCH SYSTEMÓW
ŁĄCZNOŚCI W ASPEKCIE INTEGRACJI
SZ RP Z WOJSKAMI NATO**



płk dr inż. Bogdan Bezoń – wstęp, rozdział I,
płk dr inż. Józef Janczak – rozdział II, zakończenie

SPIS TREŚCI

WSTĘP	5
1. ANALIZA STRATEGICZNEGO SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI NATO.....	6
1.1. Ogólna charakterystyka zintegrowanego systemu łączności NATO (NICS).....	6
1.2. Podsystem łączności radioliniowej (ACE-HIGH).....	8
1.3. Podsystem łączności satelitarnej (SATCOM).....	10
1.4. Stacjonarna sieć łączności (CIP-67).....	11
1.5. Sieć telefoniczna (IVSN).....	11
1.6. Sieć telegraficzna (TARE)	12
1.7. Centrum eksploatacji technicznej systemu (TCF).....	13
2. ANALIZA OPERACYJNO-TAKTYCZNYCH SYSTEMÓW ŁĄCZNOŚCI WOJSK LĄDOWYCH NATO.....	14
2.1. System łączności wojsk lądowych Francji (RITA)	14
2.2. System łączności wojsk lądowych Niemiec (AUTOKO)	19
2.2.1. System łączności lat osiemdziesiątych.....	20
2.2.2. System łączności lat dziewięćdziesiątych	23
2.2.2.1. Zautomatyzowana sieć łączności korpusu AUTOKO-90	23
2.2.2.2. Szerokopasmowy zintegrowany podsystem łączności stanowisk dowodzenia BIGSTAF	25
2.2.2.3. Podsystem radiodostępu simpleksowego SCRA.....	30
2.2.2.4. Podsystem łączności radiowej KF i UKF.....	31
2.2.2.5. Podsystem zintegrowanego zarządzania transmisją informacji oraz kierowania siecią IRIS.....	35
2.2.2.6. Podsystem komercyjnej łączności satelitarnej SATCOM.....	35
2.3. System łączności wojsk lądowych Wielkiej Brytanii (PTARMIGAN)	35
2.4. Operacyjno-taktyczny system łączności wojsk lądowych Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej (TRI-TAC)	42
2.4.1. Struktura systemu.....	42
2.4.2. Sterowanie systemem.....	43
2.4.3. Sprzęt komutacyjny	45
2.4.4. Sprzęt transmisyjny	46
2.4.5. Urządzenia zwielokrotniające	47
2.4.6. Urządzenia abonenckie	48
2.5. System łączności abonentów mobilnych wojsk lądowych Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej (MSE)	50
ZAKOŃCZENIE	56
BIBLIOGRAFIA.....	60

WSTĘP

Burzliwy rozwój technologii końca XX wieku, spowodował istotne zmiany jakościowe także w siłach zbrojnych. Owe zmiany to nie tylko nowa, bardziej wyrafinowana technika bojowa, ale również nowe koncepcje prowadzenia walki. Były one i są nadal wdrażane z myślą osiągnięcia przez wojska coraz większej elastyczności i skuteczności działania. Wiąże się to z koniecznością przebudowy systemów zbierania, gromadzenia, analizowania i przetwarzania informacji oraz jej pewnej i skrytej wymiany. Stare środki i systemy, działające w oparciu o technikę analogową były mało skuteczne i niejako wymusiły poszukiwanie nowych, bardziej efektywnych i funkcjonalnych rozwiązań.

W państwach należących do sojuszu NATO, na początku lat 70. w ramach programu C³I rozpoczęto intensywne prace zmierzające do unowocześnienia systemów dowodzenia i łączności, zastąpienia w nich urządzeń analogowych techniką cyfrową. Postęp w rozwoju mikroelektroniki, informatyki i techniki nadawania umożliwiał proces wymiany. Był on realizowany zarówno przez modernizację systemów już eksploatowanych, jak i wdrażanie całkiem nowych rozwiązań. Modernizacja systemów obejmowała między innymi:

- wprowadzenie do wojsk sprzętu łączności nowej generacji, który umożliwia szybkie i łatwe nawiązywanie łączności, charakteryzuje się wysokim stopniem odporności na zakłócenia celowe ze strony przeciwnika oraz zakłócenia interferencyjne (współkanałowe), zapewnia tajność przekazywania informacji, umożliwia efektywne wykorzystanie przydzielonych zakresów częstotliwości oraz ułatwia logistykę poprzez standaryzację urządzeń;

- łączenie eksploatowanych i nowo budowanych sieci łączności w jeden system, który ma zapewniać dowodzenie siłami zbrojnymi wszystkich szczebli bez względu na istniejące warunki fizyczne i operacyjne;

- integrację systemów narodowych z systemami NATO-wskimi.

Proces modernizacji rozpoczęto od urządzeń przewodowo-radioliniowych, następnie objęto nim urządzenia łączności radiowej. W rezultacie cyfryzacji środków łączności i standaryzacji procedur wymiany, pojawiła się możliwość integracji podsystemów przewodowo-radioliniowych z podsystemami radiowymi. Dzięki temu, abonenci radiowi stali się równoprawnymi użytkownikami zintegrowanych systemów łączności, mogącymi w pełni korzystać z wszystkich możliwości tych systemów.

Przebudowa analogowych systemów łączności w cyfrowe, zintegrowane systemy dowodzenia, łączności i rozpoznania, w założeniu ma obejmować wszystkie szczeble dowodzenia. Jednak w pierwszej kolejności urządzenia łączności cyfrowej wprowadzono na szczeblach: strategicznym i operacyjno-taktycznym. Były to: NATO-wski zintegrowany system łączności NICS oraz narodowe systemy łączności szczebla operacyjno-taktycznego takie jak francuska RITA, niemiecki AUTOKO, brytyjski PTARMIGAN i amerykański TRI-TAC. Wymienione systemy charakteryzują się wysoką niezawodnością, trwałością i mobilnością, dużą elastycznością i przepustowością łączy.

1. ANALIZA STRATEGICZNEGO SYSTEMU ŁĄCZNOŚCI NATO

1.1. Ogólna charakterystyka zintegrowanego systemu łączności NATO (NICS)

W 1970 roku Ministrowie Obrony państw NATO zaakceptowali program rozwoju łączności strategicznej i budowy Zintegrowanego Systemu Łączności NATO (*ang. NICS - NATO Integrated Communications System*). System NICS ma zapewniać łączność naczelnym organom polityczno-wojskowym oraz dowództwom i sztabom NATO, w czasie sytuacji kryzysowych oraz podczas wprowadzenia wyższych stanów gotowości bojowej w siłach zbrojnych, tzn. w czasie ich przechodzenia ze stanu okresu pokojowego w stan okresu wojennego. Obok zadań związanych z zapewnieniem niezawodnej łączności dla potrzeb naczelnego dowództwa w sytuacjach kryzysowych, system NICS ma również zaspokajać rosnące potrzeby w zakresie łączności pomiędzy państwami członkowskimi a organami dowodzenia NATO oraz narodowymi organami dowodzenia sił zbrojnych tych krajów. System NICS musi sprostać wysokim wymaganiom w zakresie dowodzenia i kierowania Połączonymi Siłami Zbrojnymi, które będą realizowane między innymi z podziemnych, stacjonarnych stanowisk dowodzenia. Kierownictwo NATO dążyło bowiem do tego, by wszystkie dowództwa od szczebla korpusu wzwyż, posiadały stanowiska dowodzenia w podziemnych schronach zapewniających im przetrwanie w warunkach wojny jądrowej. Niektóre dowództwa mają w schronach zarówno główne jak i zapasowe stanowiska dowodzenia. W warunkach pokojowych owe schrony są wykorzystywane podczas treningów i ćwiczeń.

System stacjonarnych stanowisk dowodzenia sił operacyjnych NATO, został zbudowany w latach 1955-1976. W późniejszym okresie był modernizowany i uzupełniany nowymi obiektami. Jednym z nowocześniejszych jest schron w rejonie Viborg na Jutlandii oddany do eksploatacji w latach 80. W schronie zainstalowano zautomatyzowany system łączności zapewniający wymianę informacji zarówno wewnętrznej jak i zewnętrznej.

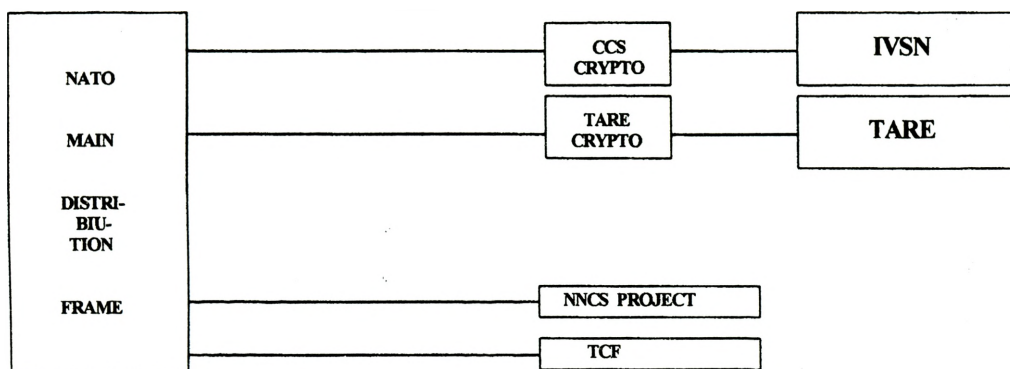
Poza stacjonarnymi stanowiskami dowodzenia w schronach, dowództwa operacyjne NATO dysponują połowymi ruchomymi stanowiskami dowodzenia. Połowe stanowiska dowodzenia rozwijane są w oparciu o 5-cio i 10-cio tonowe kontenery. Do wymiany informacji pomiędzy elementami takiego stanowiska dowodzenia wykorzystuje się m.in. taktyczny system wymiany informacji TIS (*ang. Tactical Information System*), bezprzewodowy system łączności wewnętrznej, system telefoniczny i telefaksowy obsługiwany przez typową centralę PABX. Do łączności zewnętrznej takiego stanowiska wykorzystywane są elementy systemu NICS oraz terminale jednego ze zautomatyzowanych systemów łączności.

Do prac wdrożeniowych oraz centralnego kierowania i zarządzania systemem NICS, w 1971 r. utworzono specjalną agencję NICSMA (*ang. NICS Management Agency*) z siedzibą w Brukseli, którą podporządkowano komitetowi do spraw łączności i elektroniki (*ang.*

NJCEC - NATO Joint Communications and Electronics Committee). Zadaniem agencji jest nadzorowanie procesu wprowadzania i uruchamiania poszczególnych komponentów systemu NICS oraz zabezpieczenie łączności rządów państw członkowskich z dowódcami NATO.

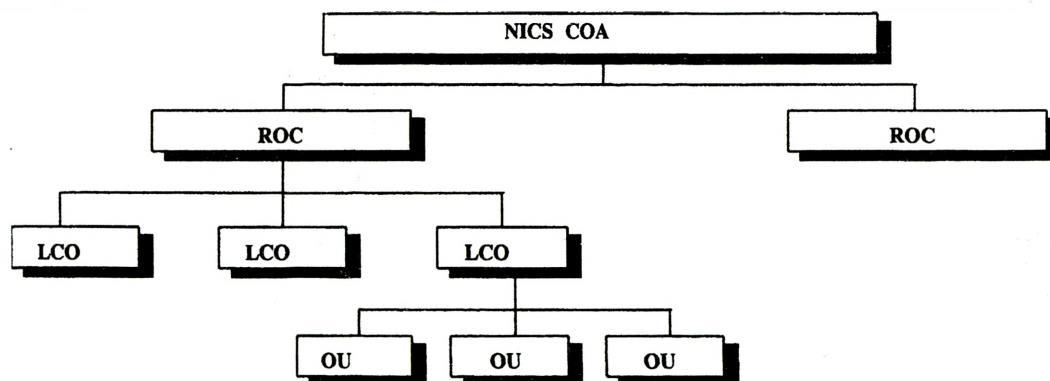
W pierwszej fazie budowy systemu NICS (rys. 1.1), zaplanowano i wdrożono:

- sieć telefoniczną IVSN (ang. *Initial Voice Switched Network*);
- sieć telegraficzną TARE (ang. *Telegraph Automatic Relay Equipment*);
- centralę kontroli technicznej TCF (ang. *Technical Control Facilities*);
- system zarządzania siecią NNCS (ang. *NICS Network Control System*).



Rys. 1.1. Pierwsza faza budowy systemu NICS

Równocześnie z tymi komponentami wprowadzono scentralizowaną i zhierarchizowaną organizację systemu, zapewniając mu tym samym ciągłe i niezawodne funkcjonowanie. Elementy składowe podsystemu kierowania w układzie hierarchicznym przedstawiono na rysunku 1.2.



Legenda:

NICS COA - Główne Centrum Operacyjne (ang. Central Operating Authority)

ROC - Regionalne Centrum Operacyjne (ang. Regional Operating Centre)

LCO - Lokalne Centrum Operacyjne (ang. Local Control Organization)

OU - jednostka operacyjna (ang. Operating Unit)

Rys. 1.2. Struktura podsystemu kierowania systemem NICS

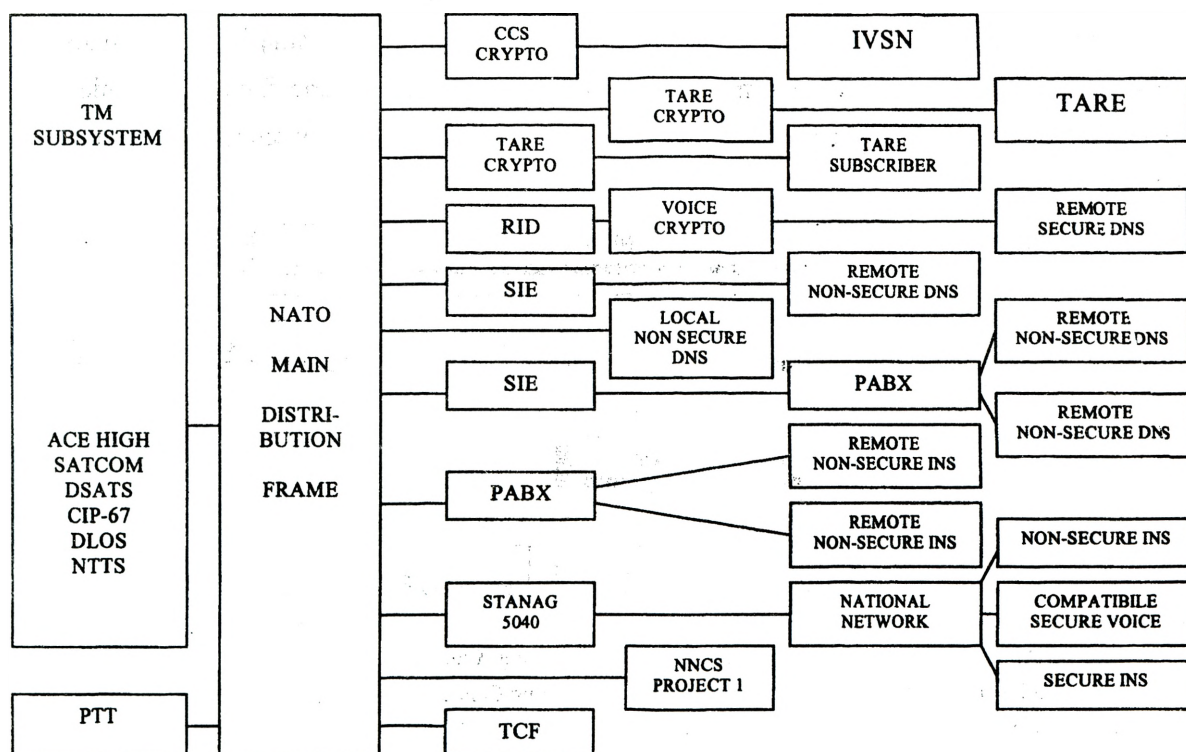
Jako bazę teletransmisyjną dla sieci IVSN i TARE wykorzystywano system ACE HIGH oraz łącza cywilne, które oczywiście zostały podporządkowane systemowi NICS. Później do systemu NICS włączono inne systemy teletransmisyjne: SATCOM, DSATS, CIP-7, DLOS, NTTS. Model funkcjonalny systemu NICS został przedstawiony na rysunku 1.3. Ważniejsze podsystemy pokazane na rysunku zostaną bliżej scharakteryzowane.

1.2. Podsystem łączności radioliniowej (ACE-HIGH)

Podsystem ACE HIGH łączy wszystkie stanowiska dowodzenia i sztaby PSZ NATO w Europie, zautomatyzowany system obrony powietrznej NADGE oraz organa dowodzenia siłami jądrowymi NATO.

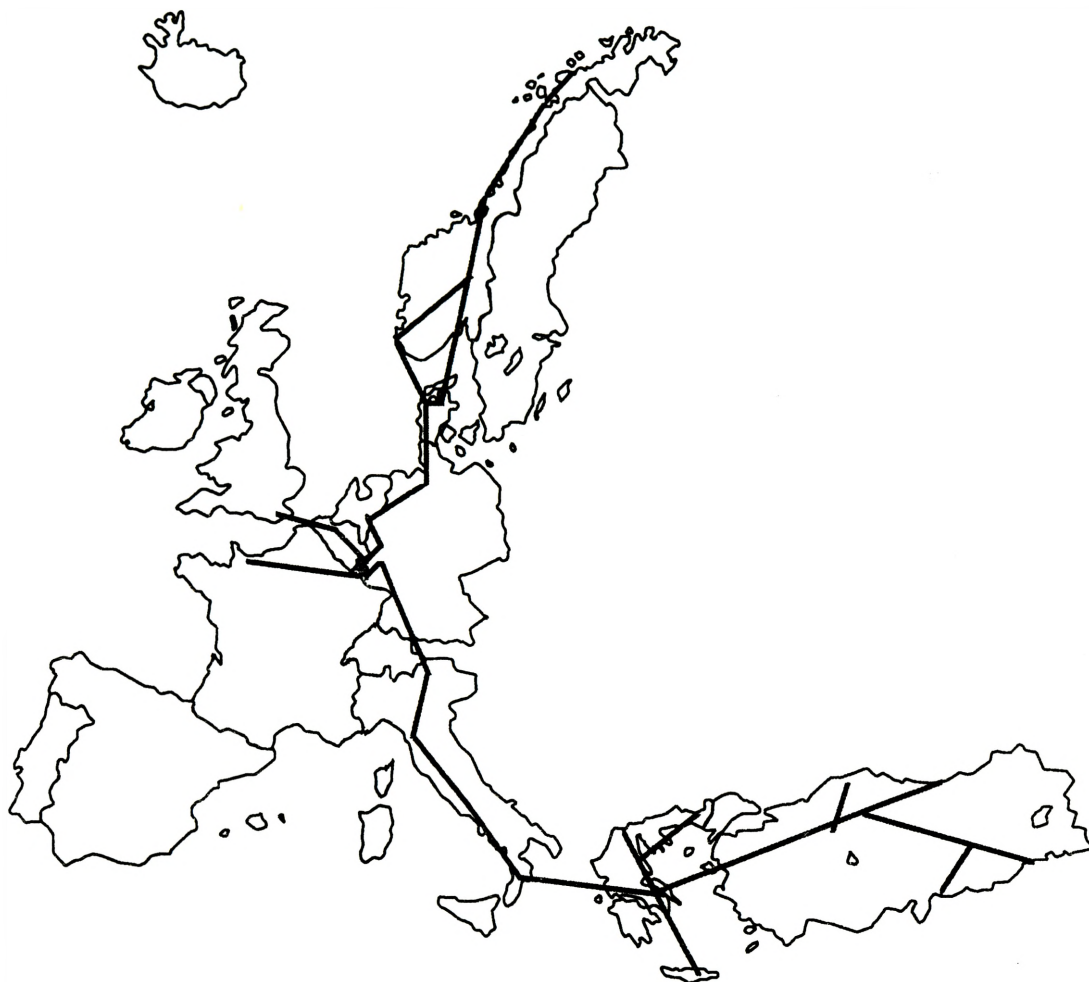
W systemie ACE HIGH pracuje 86 stacji radioliniowych, z tego 46 stacji łączności poza-horyzontowej (troposferycznej) oraz 40 stacji łączności horyzontowej. Tworzą one sieć o długości linii radiowych około 13000 km. Tą siecią objęty jest obszar Europy od północnej Norwegii do południowo-wschodniej Turcji. Główna oś łączności systemu ma trzy odgałęzienia:

- I - z terytorium Danii do Norwegii;
- II - z Belgii do Wielkiej Brytanii;
- III - z RFN do Włoch i dalej do Turcji i Grecji.



Rys. 1.3. Model funkcjonalny systemu NICS

Stanowiska dowodzenia użytkowników są dowiązane do węzłów łączności systemu przy pomocy radiolinii horyzontowych i linii kablowych. Ogólną strukturę systemu przedstawiono na rysunku 1.4.



Rys. 1.4. System ACE HIGH

Łączność dalekosiężną systemu ACE HIGH pierwotnie zapewniały 12- lub 60-kanalowe pozahoryzontowe stacje radioliniowe ze zwielokrotnieniem częstotliwościowym. Ważniejsze parametry tych stacji:

- zakresy częstotliwości - 680 - 970 MHz i 4400 - 5000 MHz;
- moc wyjściowa - 1 - 10 kW;
- średnica anten - 3 - 27 m;
- odległość między stacjami - 200 - 600 km.

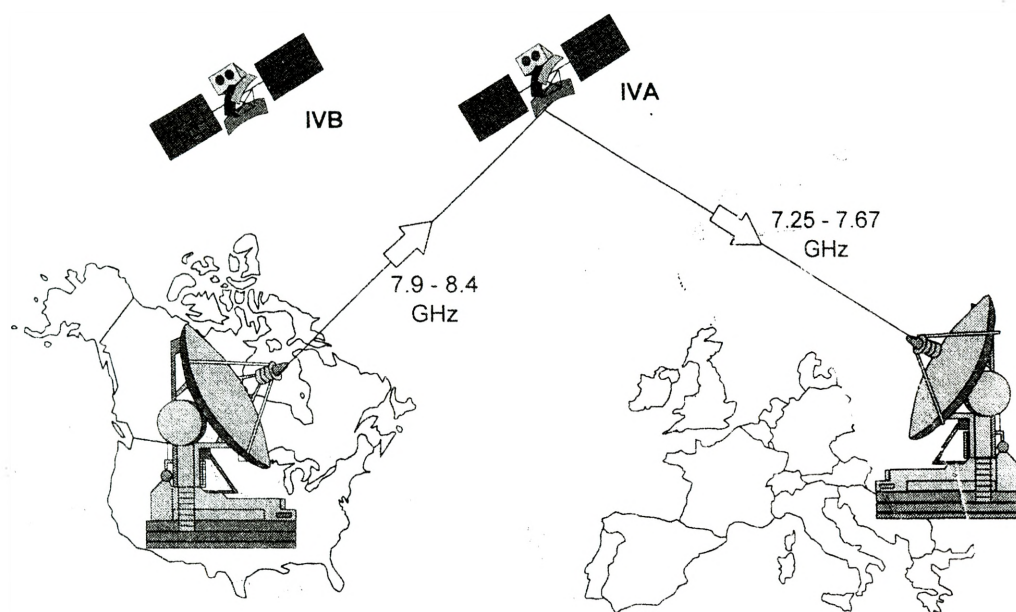
Były to stacje analogowe, wyprodukowane w oparciu o technologie z lat 60., dlatego też późniejszą modernizację systemu rozpoczęto od cyfryzacji torów przesyłowych.

Z powodu ograniczeń finansowych nie udało się dokonać modernizacji systemu w pierwszym terminie tzn. w latach 1984–87, jej zakończenie przesunięto więc na 1997 r. W trakcie

prac modernizacyjnych szczególną uwagę zwrócono na sprzężenie systemu NICS z narodowymi systemami łączności operacyjno-taktycznej, mając na względzie zwiększenie niezawodności, żywotności oraz ograniczenie kosztów eksploatacji.

1.3. Podsystem łączności satelitarnej (SATCOM)

Dowództwo NATO, uwzględniając małą odporność systemu łączności radioliniowej ACE HIGH na zniszczenie oraz jego podatność na zakłócenia, sukcesywnie wdrażało do użytku system łączności satelitarnej, znany pod nazwą SATCOM. Jego ogólną strukturę przedstawiono na rysunku 1.5.



Rys. 1.5. System łączności satelitarnej SATCOM

Prace wdrożeniowe systemu SATCOM przebiegały w czterech fazach:

Faza I miała charakter eksperymentu i rozpoczęła się w 1966r. Wykorzystano w niej amerykańskiego satelitę telekomunikacyjnego oraz przewoźne terminale. Eksperyment pozwolił określić przydatność tego rodzaju systemu łączności oraz przygotować personel do obsługi urządzeń łączności satelitarnej.

W **fazie II** wykorzystano trzy natowskie satelity telekomunikacyjne, z których jeden był wykorzystywany do utrzymywania łączności, a dwa stanowiły rezerwę. Wykorzystywano zwielokrotnienie z podziałem częstotliwościowym FDM oraz z wielodostępem FDMA. Ponadto, w tej fazie dowiązano stacje łączności satelitarnej do węzłów łączności.

Faza III była etapem cyfryzacji systemu SATCOM. Dokonano w niej wymiany 12 analogowych stacji łączności satelitarnej na stacje cyfrowe. Zmieniono zwielokrotnienie częstotliwościowe na zwielokrotnienie z podziałem czasowym TDM oraz wprowadzono modulację

delta oraz system utajniania grupowego. Dodatkowo rozwinięto 9 nowych stacjonarnych stacji łączności oraz zakupiono jedną stację mobilną. W fazie III wykorzystywano cztery satelity telekomunikacyjne: NATO IIIA, IIIB, IIIC i IIID. Dwa z nich: NATO IIIA i IIIB zakończyły swoją aktywność ze względu na wyczerpanie rezerwu.

Faza IV trwa od października 1991r, kiedy to satelita NATO IIIC przejął rolę głównego satelity systemu SATCOM i został nazwany NATO IVA. Natomiast satelita NATO IIID przemianowany na NATO IVB jest urządzeniem rezerwowym.

System łączności satelitarnej SATCOM nadzorowany jest przez Główne Centrum Kontroli MCC (ang. - *Main Control Center*) w Kester oraz Zapasowe Centrum Kontroli ACC (ang. *Alternate Control Center*) w Oakhanger.

1.4. Stacjonarna sieć łączności (CIP-67)

Budowę sieci łączności w oparciu o program CIP-67 (ang. *Communications Improvement Programme - 1967*) rozpoczęto w 1967 roku po wycofaniu się Francji ze struktur wojskowych NATO. Wiązało się to m.in. z przeniesieniem Kwatery Głównej NATO z Paryża do Brukseli oraz budową obiektów innego, równie ważnego stanowiska dowodzenia PSZ NATO w rejonie Brunssum koło Maastricht w Holandii. Miała to być udoskonalona, stacjonarna sieć łączności, obejmująca swym zasięgiem Holandię, Belgię i zachodnią część Republiki Federalnej Niemiec. Budowę sieci rozpoczęto bazując na wielokanałowych (314 kanałów) analogowych radioliniach horyzontowych o mocy wyjściowej około 1W.

Sieć CIP-67 (nazwę przyjęto od programu), składa się z około 80 różnego rodzaju strefowych, sektorowych, zapasowych, pomocniczych i retransmisyjnych węzłów łączności zorganizowanych w system siatkowy, z czego tylko 7 jest obsługiwanych. Pozostałe węzły mają system zdalnego nadzoru sieci, a jego utrzymanie i serwis zapewnia 10 grup technicznych. Sieć CIP-67 łączy wszystkie polityczne i wojskowe stanowiska kierowania i dowodzenia PSZ NATO Europy Centralnej.

1.5. Sieć telefoniczna (IVSN)

Sieć telefoniczna IVSN (ang. *Initial Voice Switched Network*) jest najważniejszą częścią systemu NICS. Trzon sieci stanowią 24 automatyczne centrale telefoniczne rozmieszczone w 12 państwach członkowskich NATO. Sieć obsługuje dwa typy abonentów:

- INS (ang. *Indirect NICS Subscriber* - pośredni abonent NICS);
- DNS (ang. *Direct NICS Subscriber* - bezpośredni abonent NICS).

Aparaty abonentów INS przyłączane są do systemu przez centrale PABX lub przez sieć cywilnej łączności międzynarodowej. Natomiast aparaty abonentów DNS są przyłączane bezpośrednio do łącznic IVSN za pomocą linii 4-ro przewodowej. Oprócz aparatów abonenckich,

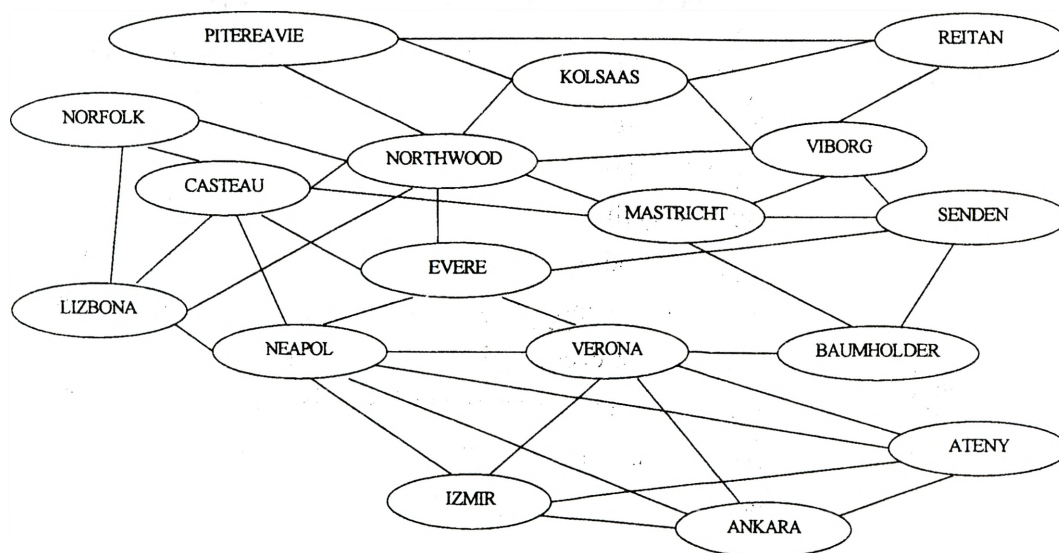
do linii 4. przewodowych można przyłączyć inne urządzenia końcowe np. komputer lub blok utajniający.

Sieć IVSN oferuje następujące usługi i udogodnienia abonenckie:

- łączność telefoniczną miejscową, pozamiejscową i w ruchu międzynarodowym;
- łączność telefoniczną utajnioną;
- transmisję danych;
- połączenia konferencyjne;
- wybieranie skrócone;
- pomoc operatora.

1.6. Sieć telegraficzna (TARE)

Sieć TARE (*ang. Telegraph Automatic Relay Equipment*) jest systemem automatycznej łączności telegraficznej wykorzystującej komutację wiadomości. Sieć TARE składa się z 17 automatycznych central komutacji wiadomości rozmieszczonych na terytoriach 11 państw NATO i instalowanych w pobliżu głównych sztabów NATO. Strukturę pokazano na rysunku 1.6.



Rys. 1.6. Struktura sieci TARE

Centrale TARE zapewniają:

- krótki czas przekazywania informacji;
- szybką zmianę łączy w wypadku awarii lub nadmiernego obciążenia;
- możliwość stosowania nowoczesnego sprzętu szyfrującego dla średnich prędkości przekazywania danych;
- transmisję danych.

Zarówno linie abonenckie jak i linie międzywęzłowe są utajniane w trybie on-line.

1.7. Centrum eksploatacji technicznej systemu (TCF)

W celu efektywnego wykorzystywania potencjału systemu NICS zorganizowano zespół nadzoru technicznego TCF (*ang. Technical Control Facilities*), który obsługuje 31 Centrów Eksploatacji Technicznej. Owe centra mają dostęp do wszystkich mediów transmisyjnych NICS: sieci IVSN i TARE, narodowych i wojskowych sieci łączności poszczególnych państw, a także do dzierzawionych cywilnych systemów łączności. Głównym zadaniem zespołu TCF jest nadzór nad realizacją usług, monitorowanie i testowanie sieci oraz informowanie o uszkodzeniach.

2. ANALIZA OPERACYJNO-TAKTYCZNYCH SYSTEMÓW ŁĄCZNOŚCI WOJSK LĄDOWYCH NATO

2.1. System łączności wojsk lądowych Francji (RITA)

Kierownictwo sił lądowych Francji, jako jedno z pierwszych gremiów polityczno-wojskowych na kontynencie europejskim, postanowiło radykalnie zmienić strukturę łączności podległych wojsk. Dotychczasową hierarchiczną łączność organizowaną w dół od przełożonego do podległych mu jednostek i komórek organizacyjnych zdecydowano się zastąpić systemem sieciowym. W takim systemie przełożony w strefie odpowiedzialności organizuje sieć węzłów łączności, natomiast podwładni dowiadują się swoimi środkami zestawiając łącze do najbliższego węzła. W siłach lądowych Francji, budowę tego systemu rozpoczęto pod koniec lat sześćdziesiątych od szczebla dywizji, rozbudowując go później do szczebla korpusu. Ogólnie wyróżnić można dwa charakterystyczne etapy budowy systemu:

- etap I - do 1982 roku;
- etap II - od 1983 roku.

W pierwszym etapie zasadnicze łącza pomiędzy węzłami sieciowymi były tworzone w oparciu o analogowe stacje radioliniowe z klasyczną modulacją częstotliwości, uzupełniane w zależności od potrzeb sieciami i kierunkami radiowymi, a w rejonach SD połączeniami kablowymi. Wykorzystywane urządzenia wymagały ręcznej obsługi, nie spełniały też wymogów niezawodności i odporności na zakłócenia. Ponadto ciężki sprzęt łączności sprawiał, że cały system był mało manewrowy.

Pierwszą wersję systemu sukcesywnie modernizowano, przystosowując do rosnących potrzeb wojsk i coraz wyższych wymagań taktyczno-technicznych sprzętu. Owe potrzeby i wymagania oraz udane próby z nowymi rodzajami modulacji, przyspieszyły opracowanie nowej koncepcji systemu łączności.

W wyniku tego, począwszy od 1983 roku, tj. w drugim etapie na wyposażenie wojsk zaczęto wprowadzać urządzenia nowej generacji, które stanowiły techniczną bazę systemu łączności automatycznej korpusu armijnego RITA (*fr. Resau Interge de Transmission Automatiques*).

Zautomatyzowany operacyjno-taktyczny system łączności RITA jest aktualnie jednym z nowocześniejszych wojskowych systemów łączności. Integruje on wszystkie rodzaje przesyłania informacji, automatyzuje proces wybierania abonentów, zapewnia bardzo wysoki stopień tajności przesyłanych informacji oraz mobilności systemu łączności. System RITA jako całość obejmuje 4 grupy elementów:

- węzły komutacyjne;
- węzły łączności stanowisk dowodzenia;
- węzły pośredniczące (przekaznikowe) do innych sieci łączności;
- samodzielne stacje abonenckie.

Węzły komutacyjne systemu RITA połączone są środkami radioliniowymi i tworzą sieć jednorodną o dużej operatywności. Sieć ta pokrywa obszar działania korpusu armijnego do batalionu (równorzędnego) włącznie. Liczba i gęstość rozmieszczenia węzłów komutacyjnych w tym obszarze jest uzależniona od nasycenia punktami dowodzenia różnych szczebli i wynikającego z tego zapotrzebowania na łącza. Za normatywno-regulaminową liczbę węzłów komutacyjnych w strefie korpusu przyjęto 32 z czego 8 to węzły rezerwowe. Model rozmieszczenia węzłów komutacyjnych systemu *RITA* przedstawiono na rysunku 2.1. Średnie odległości między węzłami wynoszą 25-40 km. Rozwijane są zgodnie z następującymi zasadami:

- nie mniej niż 30% aktywnych węzłów komutacyjnych rozmieszcza się w rejonach odpowiedzialności dywizji pierwszorzutowych;
- około 50% węzłów aktywnych znajduje się w rejonach rozmieszczenia drugich rzutów i odwodów;
- około 20% węzłów obsługuje strefę tyłów korpusu.

Każdy węzeł systemu *RITA* dołączony jest do koncentratora i innych węzłów sieci poprzez 12 łączy grupowych. Każde z nich posiada 24 dwupleksowe kanały 48 kbit/s. W ten sposób jest on obsługiwany przez 288 zwielokrotnionych kanałów i może jednocześnie realizować 144 połączenia. Koncentrator linii obsługuje 50 abonentów. Oprócz tego, bezpośrednio do węzła komutacyjnego można podłączyć 4-12 linii dla personelu obsługi. W systemie przyjęto modulację PCM ze zwielokrotnieniem czasowym TDM. Częstotliwość próbkowania jest typowa i wynosi 8 kHz. W sieci wykorzystywane są wyłącznie łącznice automatyczne sterowane programowo. Sterowanie programowe węzła daje możliwość realizacji wielu nowoczesnych usług, które można odpowiednio modyfikować.

Należą do nich między innymi:

- 3 poziomy priorytetów;
- wymuszanie połączeń w warunkach zajętości kanałów;
- możliwość rejestracji abonentów - ręczna abonentów kablowych, automatyczna abonentów radiowych;
- skrócona numeracja;
- alarmowanie;
- możliwość przydziału tego samego numeru grupie abonentów.

Abonenci pojedynczy i ruchomi podłączani są do systemu poprzez tzw. „system integracji radiowej” (za pomocą urządzeń typu *SCRA*¹). Na węzłach komutacyjnych znajdują się konwertery radiowe (pracują z modulacją DELTA) oraz dwupleksowe radiotelefony. Do każdego z węzłów może być dołączonych do 50 abonentów.

¹ *SCRA* – ang. *Single Channel Radio Acces*.

natomiast abonenci mobilni rejestrowani są automatycznie, do czego wykorzystują urządzenia radiotelefoniczne. Zarejestrowanie nowego abonenta w danym węźle powoduje automatyczne wymazanie zapisu poprzedniego.

W zależności od zajmowanego stanowiska i posiadanego etatowego sprzętu łączności, każdy abonent otrzymuje stały siedmiocyfrowy numer identyfikujący jego terminal oraz trzy-cyfrowy numer indywidualny identyfikujący osobę (tzw. klucz dostępu). Pełny numer wykorzystywany jest w trakcie zestawiania pierwszego połączenia danego abonenta z obsługującą go centralą. Stanowi to jednocześnie zabezpieczenie przed rejestracją (w pamięci komputera danego węzła komutacyjnego) abonentów niepożądanych.

Do *transmisji informacji między poszczególnymi węzłami komutacyjnymi* wykorzystuje się po 2 urządzenia radioliniowe przystosowane do pracy w następujących pasmach częstotliwości i mocach wyjściowych:

- I. 225-400 MHz -15 W;
- II. 400-960 Mhz -10/5 W;
- III. 1,35-2,7 GHz -2,5/1 W.

Są to stacje radioliniowe z modulacją *FM*, o pojemności 24 kanałów *TDM* lub 12-120 kanałów *FDM*. Tory kablowe systemu *RITA* pozwalają na transmisję sygnałów cyfrowych o przepływności 1152 kbit/s. Na odległość do 1200 m możliwa jest transmisja bez regeneratorów, a na odległość do 6000 m - z regeneratorem. Transmisja w łączach międzywęzłowych w systemie *RITA* odbywa się w grupach 24 kanałowych o przepływności 1152 kbit/s.

W systemie *RITA* wykorzystywane są następujące *urządzenia końcowe* (zarówno analogowe jak i cyfrowe):

- klawiaturowe urządzenia abonenckie, (abonenckie aparaty telefoniczne);
- radiotelefony na pasmo 70-80 MHz;
- urządzenia do współpracy z aparatowniami telegraficznymi (50, 75, 100 bodów) lub wolnymi urządzeniami fototelegraficznymi;
- szybkie urządzenia końcowe *TETRA*, umożliwiające przesyłanie informacji z taśmy perforowanej;
- szybkie urządzenia fototelegraficzne;
- terminale uzupełniające, przeznaczone do wymiany danych między komputerami.

Węzły łączności stanowisk dowodzenia² umownie podzielono na trzy kategorie. Do *I kategorii* zaliczono węzły łączności szczebla operacyjnego (GSD, ZSD, TSD korpusu) oraz WŁ Brygady Logistycznej. W ich skład wchodzi:

- aparatownia komutacyjna, posiadająca możliwość obsługi do 132 abonentów (poprzez urządzenia pośredniczące);

² Do sieci *RITA* podłącza się około 200 różnych WŁ stanowisk dowodzenia, a w ich ramach ponad 2000 abonentów (w tym około 1500 abonentów stacjonarnych na SD i około 750 abonentów ruchomych).

- 2-3 aparatownie łączności telefoniczno-telegraficznej, których koncentratory spełniają rolę wewnętrznych central telefonicznych oraz przetworników sygnałów analogowych (fonicznych lub telegraficznych) na sygnały cyfrowe;

- automatyczna aparatownia nadawczo-odbiorcza (telegraficzna) do przesyłania wiadomości między sztabami w korpusie;

- aparatownia dalekopisowa, wyposażona w dalekopis Tetra, fototelegraf, oraz radiostację abonencką będącą zapasowym środkiem łączności dowódcy (szefa sztabu) korpusu lub brygady logistycznej;

- stacje radioliniowe pracujące w pierwszym lub drugim podzakresie częstotliwości do dowiązania SD do węzłów komutacyjnych RITA;

- 3 stanowiska kierowania systemem łączności RITA (na GSD, ZSD, TSD), przy czym każdorazowo aktywne jest jedno (tam gdzie jest dowódca korpusu);

- stacja troposferyczna do łączności ze sztabem nadrzędnym.

Do II kategorii zaliczono węzły łączności szczebla taktycznego (dywizji i równorzędne). Wyposażono je w aparatownie łączności telefoniczno-telegraficznej (na transporterze VAB), aparatownię dalekopisową (na transporterze VAB) oraz stacje radioliniowe pracujące w pierwszym lub drugim podzakresie częstotliwości do dowiązania stanowisk dowodzenia do węzłów komutacyjnych RITA. Poza tym mogą występować inne środki łączności nie pracujące w systemie RITA, np. radiostacje do łączności ze śmigłowcami.

Do III kategorii zaliczono węzły łączności oddziałów (pułków i równorzędne)³. Wyposażono je w aparatownię dalekopisową zainstalowaną w wozie dowodzenia dowódcy (szefa rodzaju wojsk) oraz radiostacje abonenckie, które posiadają wszyscy dowódcy od szczebla batalionu (baterii artylerii) i szefowie sztabów (od szczebla oddziału). Poza tym każdy węzeł łączności stanowiska dowodzenia wyposażony jest w zapasowe środki łączności radiowej.

Pośredniczące węzły łączności wykorzystywane są do powiązania systemu RITA określonego korpusu armijnego z terytorialną (stacjonarną) siecią łączności Francji (typu RITTER) lub z sieciami współdziałających korpusów armijnych NATO (typu ALLIES). Węzeł pośredniczący typu RITTER organizowany jest w strefie tylowej korpusu i składa się z aparatowni łączności telefoniczno-telegraficznej (analogiczna jak w SD KA), stacji radioliniowej pracującej w pierwszym lub drugim podzakresie częstotliwości do dowiązania do najbliższego węzła komutacyjnego RITA oraz pośredniczącej aparatowni telefonicznej do automatycznej transmisji sygnałów do innych WŁ sieci stacjonarnej lub NATO.

Węzeł pośredniczący typu ALLIES różni się od węzła typu RITTER jedynie możliwościami w zakresie łączności telegraficznej. Jest on wyposażony w aparatownię dalekopisową, która nie zapewnia jednak automatycznych połączeń sieci RITA z siecią łączności NATO. Dokonuje się retransmisji poprzez przełożenie taśmy perforowanej z dalekopisu odbiorczego na nadawczy, przy czym jeden dalekopis pracuje w sieci RITA, a drugi w sieci sąsiadów.

³ We francuskiej nomenklaturze wojskowej tzw. WŁ ruchomych SD.

Planowanie i kierowanie siecią RITA na szczeblu korpusu odbywa się przy wykorzystaniu *skomputeryzowanej aparatuwni kierowania siecią CECORE*. W pamięci komputera tej aparatuwni przechowywane są wprowadzone uprzednio dane o terenie działań (ukształtowanie powierzchni, punkty nadające się do rozwijania stacji radioliniowych, trasy i możliwości dojazdu, możliwości maskowania pojazdów, przeszkody terenowe wpływające na propagację fal itp.)⁴. Normy francuskie określają, że wyjściowy pierwotny plan rozwinięcia sieci powinien być opracowany w czasie 2-4 godzin. Zespół oficerów sztabu opracowuje kilka wariantów takiego planu, które są rejestrowane na dyskach magnetycznych i wprowadzane do komputera w zależności od rozwoju sytuacji operacyjnej. Korekta odpowiedniego wariantu planu rozwinięcia sieci odbywa się na bieżąco w czasie realnym (do 30 minut). Normy taktyczno-techniczne opracowane dla systemu *RITA* przewidują rozwinięcie węzła komutacyjnego w czasie nie przekraczającym 2 godzin, WŁ SD KA - 2,5 godzin, WŁ SD dywizji - 30 minut. Przemieszczanie i rozwijanie węzłów łączności stanowisk dowodzenia oraz węzłów komutacyjnych prowadzone jest niezależnie, choć w sposób skoordynowany.

Należy zakładać, że dalszy rozwój systemu łączności RITA będzie zmierzał w kierunku:

- *doskonalenia jego funkcjonalności i rozszerzenia zakresu wykorzystania, poprzez budowę nowej generacji sprzętu opartego na najnowszych osiągnięciach;*
- *uzyskania większego stopnia integracji obsługi informatycznej wojsk;*
- *pełnej kompatybilności systemu z istniejącymi systemami rodzajów sił zbrojnych oraz z systemami NATO.*

2.2. System łączności wojsk lądowych Niemiec (AUTOKO)

Jakościowe zmiany w organizacji łączności szczebla operacyjno-taktycznego wojsk lądowych Niemiec zaczęły się dokonywać w latach siedemdziesiątych. Zapoczątkowano je wprowadzeniem w 1978 roku zautomatyzowanego, radioliniowo-przewodowego podsystemu łączności AUTOKO NETZ (AKN)⁵.

Wraz z upływem czasu system ten sukcesywnie modernizowano pod względem przystosowania go do zmieniających się zadań operacyjno-taktycznych. Do chwili obecnej można zaobserwować 3 charakterystyczne etapy:

- etap I - do roku 1982 AUTOKO I;
- etap II - lata 1982 - 1992 AUTOKO II;
- etap III - od roku 1992 AUTOKO III (AUTOKO -90).

⁴ Dane te są opracowywane przez wojskową służbę kartograficzną Francji, w oparciu o mapy topograficzne w skali 1:100 000 i stanowią wraz z wytycznymi dowódcy wojsk łączności KA podstawę do planowania sieci łączności RITA (węzłów komutacyjnych).

⁵ AUTOKO NETZ – *niem. Automatische Korpsstamm NETZ*.

2.2.1. System łączności lat osiemdziesiątych

Trzon systemu łączności szczebla operacyjno-taktycznego wojsk lądowych Niemiec lat osiemdziesiątych (etap II) stanowi *podsystem łączności radioliniowo-przewodowej* AUTOKO II. Pokrywa on cały rejon działania korpusu. Podstawowa sieć AUTOKO II składa się z 90 węzłów komutacyjnych, które zabezpieczają łączność dla 10 tys. abonentów. Struktura systemu łączności AUTOKO II przedstawiona jest na rysunku 2.2.

W sieci *AUTOKO II* wyróżnia się poziom węzłowy i abonencki. *Poziom węzłowy* tworzą urządzenia węzłów komutacyjnych i magistrale międzywęzłowe pracujące w układzie dwutorowym. Węzły komutacyjne są w pełni automatyczne i sterowane programowo. Poziom abonencki tworzą abonenci bezpośredni węzła lub abonenci wyposażeni w terminale końcowe i linie abonenckie pracujące w układzie jednutorowym.

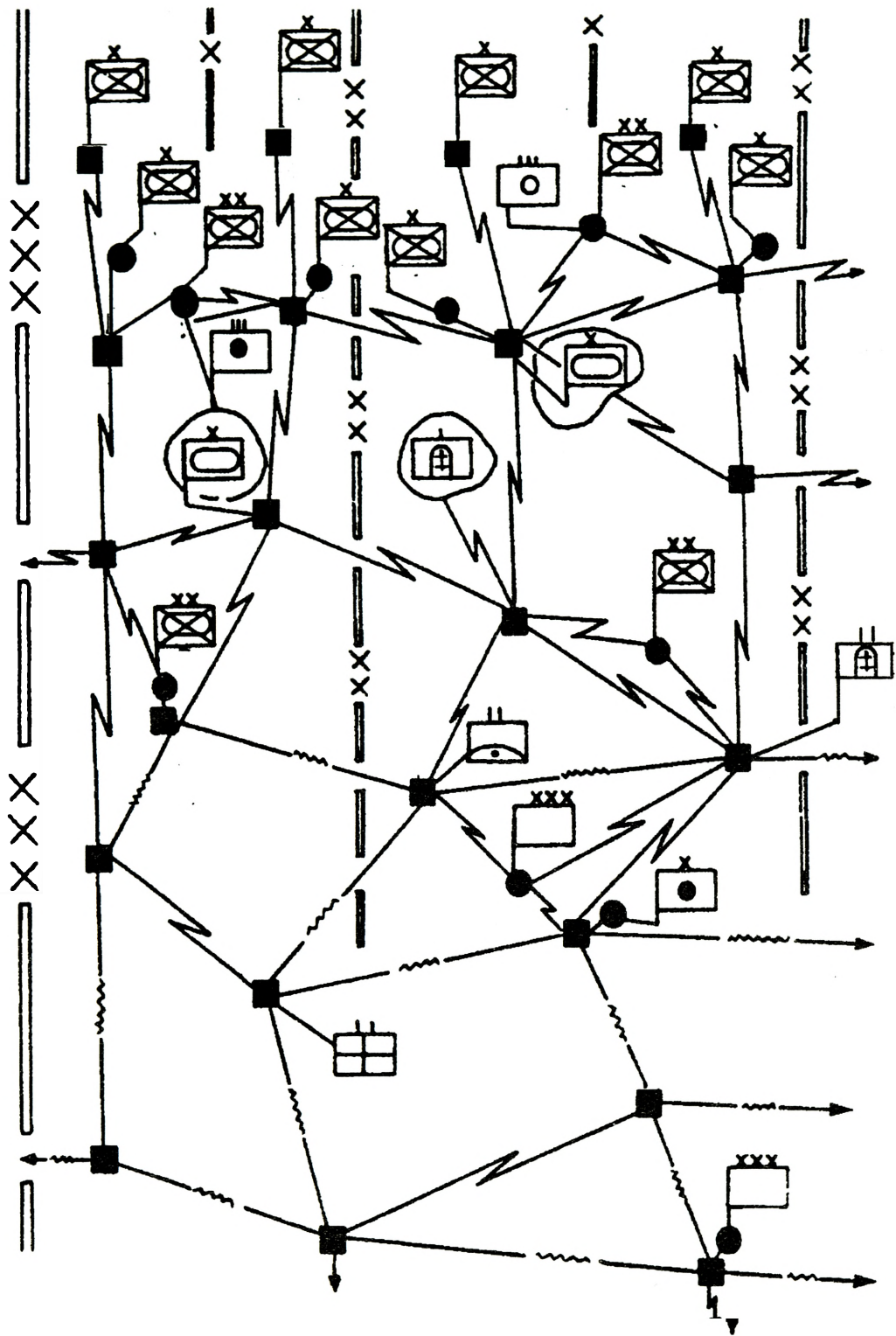
Węzeł komutacyjny w systemie AUTOKO II składa się z komutatora, komputera, modemu, bloku kontroli i komutacji oraz centrali do współpracy z innymi sieciami (np. siecią cywilną). Komputer steruje wszystkimi funkcjami węzła. Blok komutatora wykorzystywany jest do połączeń wewnątrz węzła. Modem jest wykorzystywany do współpracy z komputerem w trakcie wyszukiwania korespondenta. Automatyczna centrala polowa steruje procesem wybierania abonentów.

Podstawowa pojemność centrali - 36 linii - może być zwiększona do 72, a nawet do 216 linii poprzez włączanie dodatkowych bloków abonenckich. Według poglądów niemieckich minimalna pojemność centrali (36 linii abonenckich) jest wystarczająca do obsługi jednego stanowiska dowodzenia szczebla taktycznego. Na stanowiskach dowodzenia, ze względu na czasochłonność rozwijania i zwijania przewodowych linii kablowych, wprowadzono kable światłowodowe.

Urządzenia transmisyjne wykorzystywane w systemie AUTOKO II to przede wszystkim stacje radioliniowe⁶ o zwiększonej przepływności łączy telefonicznych do 2,4 kbit/s oraz dwutorowe łącza w liniach magistralnych. Stosowane są także interfejsy umożliwiające współpracę z innymi systemami łączności w ramach NATO.

Proces poszukiwania abonenta jest analogiczny jak w systemie RITA, co odpowiada normom NATO. Każdy abonent otrzymuje w obszarze AKN stały siedmiocyfrowy numer identyfikujący jego terminal oraz trzycyfrowy numer indywidualny identyfikujący osobę (tzw. klucz dostępu na poziomie abonenckim). Pełny numer wykorzystywany jest w trakcie zestawiania pierwszego połączenia danego abonenta z obsługującą go centralą. Stanowi to jednocześnie zabezpieczenie przed rejestracją w pamięci komputera danego węzła komutacyjnego abonentów niepożądanych. W pamięci komputera znajdującego się na węźle komutacyjnym, za pośrednictwem komutatora, notowani są wszyscy abonenci. Węzeł komutacyjny, do którego

⁶ Stacje radioliniowe: FM - 1000, FM - 15 000.



Rys. 2.2. Struktura systemu łączności AUTOKO II

dołączony jest abonent wywołujący, wysyła impuls poszukiwawczy. Impuls ten jest odbierany przez wszystkie węzły sąsiednie i sprawdzany, czy poszukiwany komutator obsługuje abonenta wywoływanego. Po dojściu impulsu poszukiwawczego do właściwego komutatora i znalezieniu abonenta wywoływanego, wysyłany jest impuls zwrotny, wracający do węzła inicjującego połączenie po najkrótszej i zapamiętanej drodze. Impulsy poszukiwawcze blokują wolne kanały rozmówne potrzebne do zestawienia połączenia.

System AUTOKO II zapewnia przesyłanie sygnałów fonicznych, dalekopisowych, sygnałów zobrazowania i transmisji danych oraz przekazywanie sygnałów telewizyjnych z obszarów działań bojowych na stanowisko dowodzenia. Zapewnia również współpracę z innymi systemami łączności państw NATO⁷.

Podsystem radioliniowo-przewodowy uzupełniany jest usługami radiowymi. Łączność radiową organizuje się za pomocą radiostacji KF i UKF.

Podsystem radiowy KF wykorzystywany jest dla zapewnienia łączności pomiędzy stanowiskami dowodzenia korpusów, dywizji oraz samodzielnych oddziałów a niekiedy i pododdziałów. Wykorzystywany jest przede wszystkim w czasie przygotowywania wielokanałowych urządzeń łączności do pracy, a także podczas wysoce manewrowych działań bojowych. Generalnie traktowany jest jako system rezerwowy, ale każdorazowo rozwijany i utrzymywany w ciągłej gotowości do pracy. Dla zapewnienia łączności radiowej KF wykorzystywane są radiostacje typu *CHX-210*, *CHX-240*⁸, *SE-6861* i inne.

Podsystem radiowy UKF zapewnia łączność abonentom ruchomym w taktycznej strefie działań bojowych według zasady „każdy z każdym”, tj. bez udziału central. W tym celu wykorzystywane są zmodyfikowane radiostacje typu SEM-70/80/90, które pracują z modulacją DELTA w utajnionym kanale o przepływności 16 kbit/s i odstępem między kanałami 25 kHz. Posiadają układy automatycznej selekcji kanałów (ACS)⁹.

System łączności szczebla operacyjno-taktycznego wojsk lądowych Niemiec lat osiemdziesiątych, którego podstawę stanowi podsystem AUTOKO II jest w większości oparty na technice analogowej. Dlatego nie jest w stanie sprostać wszystkim wymaganiom współczesnego pola walki, udziałowi wojsk w pokojowych misjach ONZ i zadaniom, jakie zostały określone w tzw. Białej Księdze opublikowanej w 1994 roku, dotyczącej bezpieczeństwa Niemiec.

⁷ Konieczność ta wynika z zastosowania w AUTOKO adaptacyjnej modulacji kodowo-impulsowej, podczas gdy w systemach TRI -TAC i PTARMIGAN wykorzystuje się modulację ze zmiennym skokiem kwantyzacji CVSD (*Continuously Variable Slope Delta*).

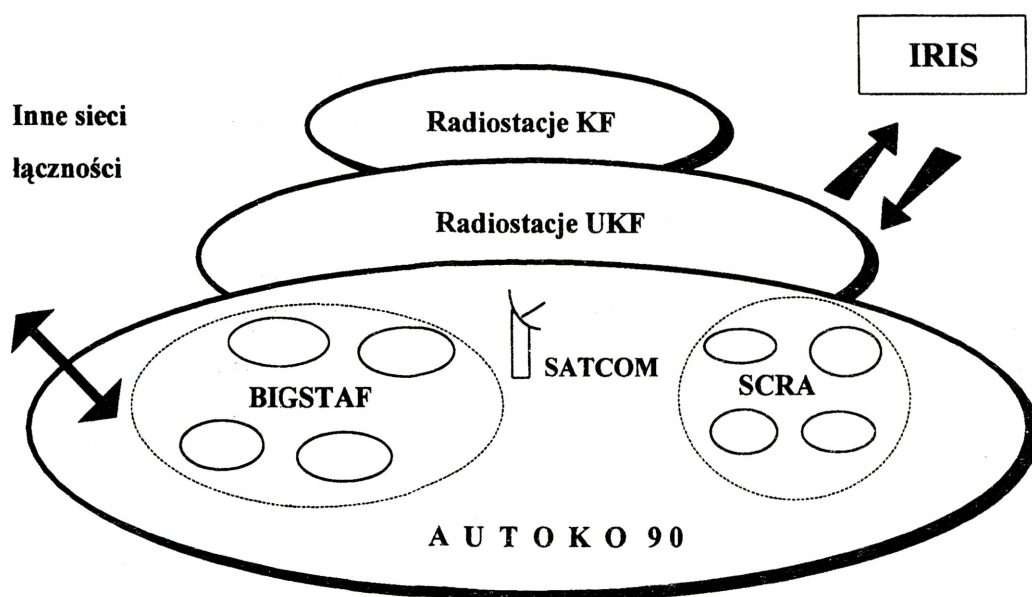
⁸ Radiostacje typu FH – ang. „Frequency Hopping” - ze skokową zmianą częstotliwości.

⁹ ACS – ang. *Automatic Channel Selection*.

2.2.2. System łączności lat dziewięćdziesiątych

Do roku 2000 spełnione mają być wszystkie warunki i wymagania techniczne nowoczesnego systemu wraz z opracowaniem i wdrożeniem do eksploatacji urządzeń łączności cyfrowej. Analiza wymagań technicznych pozwala sądzić, że system ten będzie charakteryzować się dużą różnorodnością usług. Model organizacyjny systemu przedstawiono na rysunku 2.3. W jego skład wchodzi następujące elementy:

- zautomatyzowana sieć łączności korpusu AUTOKO - 90;
- szerokopasmowy zintegrowany podsystem łączności stanowisk dowodzenia BIGSTAF;
- podsystem radiodostępu simpleksowego SCRA;
- podsystem łączności radiowej KF i UKF;
- podsystem zintegrowanego zarządzania transmisją informacji oraz kierowania siecią IRIS;
- podsystem komercyjnej łączności satelitarnej SATCOM.



Rys. 2.3. Model organizacyjny systemu łączności lat dziewięćdziesiątych

2.2.2.1. Zautomatyzowana sieć łączności korpusu AUTOKO-90

W najnowszej wersji zautomatyzowanej sieci łączności AUTOKO -90¹⁰ założono:

- zastąpienie sprzętu analogowego urządzeniami łączności cyfrowej;
- zwiększenie szybkości transmisji;

¹⁰ Zlecenie przygotowania i oddania do eksploatacji pierwszego stopnia systemu AUTOKO-90 otrzymała firma SIEMENS AG w 1992 roku.

- utworzenie dodatkowych punktów przyłączeniowych we własnej sieci;
- utworzenie „przejsć telekomunikacyjnych” do sieci łączności funkcjonującej w innej technice;
- oddanie do dyspozycji styków (interfejsów) do podłączenia radiodostępu simpleksowego oraz szerokopasmowej sieci stanowiska dowodzenia;
- stosowanie norm EUROCOM.

Specjaliści niemieccy są przekonani, że całkowite oddanie do eksploatacji AUTOKO-90 gwarantuje dowodzenie wojskami w warunkach zwiększonego napływu informacji, a w ślad za tym konieczności ich przetwarzania i dystrybucji. AUTOKO-90 obejmie swoim zasięgiem obszar działań wojennych korpusu.

AUTOKO-90 jest siecią o strukturze kratowej i składa się z 40 pomocniczych węzłów sieciowych (PWS), oraz 160 zespołów odgałęźnych i połączeniowych. Każdy pomocniczy węzeł sieciowy może przyjąć 8 traktów składających się z 16 lub 32 kanałów, co umożliwia rozgałęzienie sieci oraz przyłączenie do niej węzłów łączności stanowisk dowodzenia lub wykonanie przejść sieciowych.

Transmisja sygnałów odbywa się przeważnie w *relacjach bezprzewodowych*¹¹, a czasami wykorzystuje się kablowe *łącza światłowodowe*. Łącza kablowe mogą być stosowane do połączeń punktów przyłączeniowych lub końcowych stacji radioliniowych z węzłami sieciowymi, których podstawę stanowi łącznica MKS-200. Możliwe jest także wykonanie przyłączy kablowych od pośrednich stacji radioliniowych lub innych sieci na odległość do 2000 m. Sieć zaplanowana jest dla około 3000 użytkowników. Wybieranie stałego numeru abonenta odbywa się metodą poszukiwania dróg połączeniowych według zasad określonych normami EUROCOM, w pełni automatycznie i niezależnie od konfiguracji (struktury) sieci łączności. Każdy abonent może „zostać” włączony do systemu niezależnie od tego, czy jest na stanowisku dowodzenia, węźle sieciowym, czy też jest abonentem radiowej stacji bazowej. Abonent ma do dyspozycji różne rodzaje łączności, np. telefoniczną, telegraficzną, transmisję obrazów i danych z szybkością 16 lub 32 kbit/s, a także może wykorzystywać pojedyncze kanały analogowe (0,3-3,4 kHz). Zwykła (standardowa) szybkość transmisji wynosi 32 kbit/s. Wszystkie połączenia cyfrowe między centralami są utajniane grupowo.

Zgodnie z wymaganiami interoperacyjności, system AUTOKO-90 będzie dysponować różnymi interfejsami do współpracy z sieciami wykonanymi w innej technice transmisyjnej poprzez złącza bezpośrednie, złącza według norm STANAG 4406 /standard X.400 (88) z rozszerzeniami wojskowymi/ lub *EUROCOM* albo zestawienie traktów i pojedynczych łączy wg norm CCITT /ITU-T X-400/.

¹¹ W chwili obecnej brak jest danych odnośnie typów urządzeń. Prawdopodobnie w dalszym ciągu wykorzystuje się stacje radioliniowe FM - 15 000.

2.2.2.2. Szerokopasmowy zintegrowany podsystem łączności stanowisk dowodzenia BIGSTAF

Podsystem ten ma zastąpić w niedalekiej przyszłości przestarzałe, kosztowne, czasochłonne i wymagające licznej obsługi tradycyjne „okablowanie” stanowisk dowodzenia korpusu, dywizji i brygady. System typu BIGSTAF¹² powinien rozwiązać obecne problemy funkcjonowania ww. stanowisk dowodzenia, ponieważ:

- zapewnia dużą ich mobilność ;
- charakteryzuje się dużą niezawodnością podczas ich przemieszczania;
- zapewnia nieograniczoną transmisję mowy i szybką transmisję danych;
- posiada wystarczającą przepustowość.

BIGSTAF jest lokalną mobilną siecią składającą się z połączeń światłowodowych i połączeń radioliniowych na falach milimetrowych. Umożliwia jednoczesne podłączenie, poprzez cyfrowe znormalizowane kanały 16 lub 32 kbit/s¹³ wszystkich abonentów na stanowisku dowodzenia - w tym także systemu dowodzenia HEROS - zapewniając integrację usług telekomunikacyjnych. Zachowuje się przy tym jak abonent sieci AUTOKO-90 lub każdej innej sieci dalekosiężnej. Przy pełnym rozwinięciu BIGSTAF składa się z trzech sieci:

- światłowodowej;
- radiowej 60 GHz;
- radiowej 51 GHz.

Sieci powyższe, których skład podano na rysunku 2.4., mogą być stosowane zależnie od uwarunkowań taktycznych, tworząc różne konfiguracje.

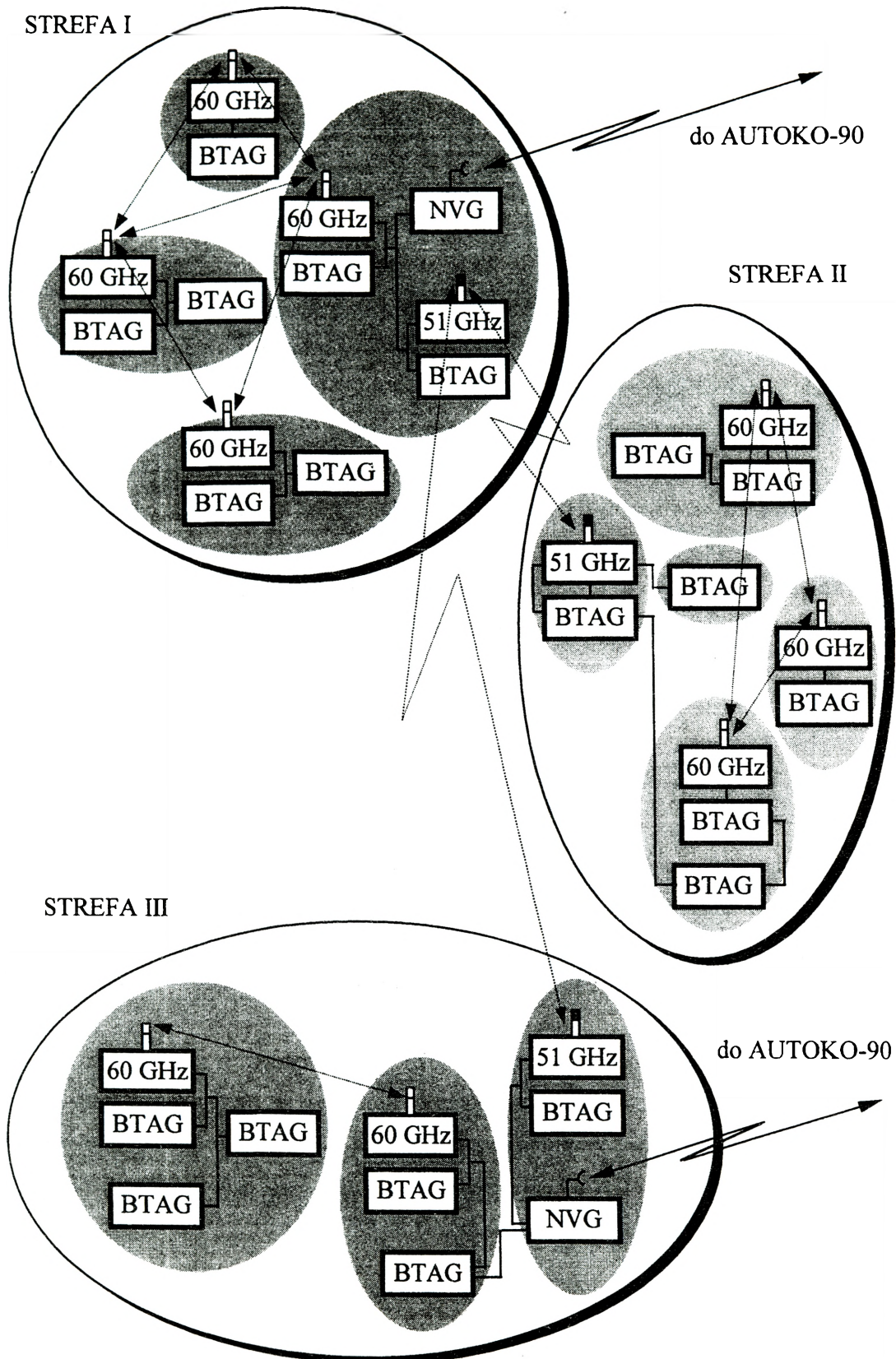
Jako regułę przyjmuje się, że podstawowym wyposażeniem każdego stanowiska dowodzenia jest sieć światłowodowa, a oprócz tego:

- stanowisko dowodzenia brygady wyposażone jest dodatkowo w sieć radiową 60 GHz;
- stanowisko dowodzenia dywizji otrzyma kompletne wyposażenie w postaci wszystkich trzech sieci;
- stanowisko dowodzenia korpusu wyposażone jest dodatkowo w sieć radiową 51 GHz.

System pracuje bez centralnego urządzenia komutacyjnego, jakim dotychczas była polowa centrala telefoniczna lub centrala transmisji danych. Poszczególne strefy stanowiska dowodzenia wyposażone są w miejscowe *łącznice strefowe*, które zapewniają funkcjonowanie stanowiska nawet przy wyeliminowaniu części abonenckiej.

¹² BIGSTAF – niem. *das Breitbandige Integrierte Gefechtsstand/fernmeldenetz* jest budowany od 1994 roku przez firmy Alcatel, SEL SG oraz Aerospace.

¹³ BIGSTAF jako system cyfrowy spełnia ustalone w Europie i USA standardy EUROCOM i US-EUROCOM opracowane na podstawie dokumentu EUROCOM D/1.



Rys. 2.4. Struktura systemu BIGSTAF

Sieć światłowodowa, która ma wszelkie znamiona lokalnej sieci typu LAN jest zasadniczym elementem systemu BIGSTAF. Składa się z następujących komponentów:

- przyłączy abonenckich BTAG;
- przyłączy międzysieciowych;
- polowego światłowodowego kabla dalekosiężnego;
- urządzenia zarządzania siecią.

System umożliwia jednoczesną, zintegrowaną transmisję danych i mowy w czasie rzeczywistym. Stało się to możliwe dzięki zastosowaniu dostępu do sieci wg standardu międzynarodowego IEEE 802.3¹⁴ dla zapewnienia szybkiej transmisji danych oraz metody ISP¹⁵. Sieć pracuje z szybkością transmisji 10 Mbit/s, jest zdecentralizowaną siecią telekomunikacyjną, nie wymagającą ani fizycznej, ani logicznej stacji głównej. Stąd zarówno przed rozwijaniem stanowiska dowodzenia, jak i podczas jego rozwijania nie jest wymagane planowanie sieci, a każdy wariant jej struktury jest możliwy i dopuszczalny. Dla zwiększenia niezawodności działania sieć zabezpieczana jest poprzez instalowanie dodatkowych „zamrożonych” odcinków, które w razie potrzeby są uaktywniane automatycznie.

Przyłącze abonenckie BTAG jest istotnym komponentem sieci światłowodowej i całego systemu BIGSTAF. Tylko to urządzenie umożliwia podłączenie różnorodnych urządzeń abonenckich i ich dostęp do sieci. Zawiera ono układy do przekształcania mowy za pomocą modulacji delta i realizuje protokoły ISP, metody dostępu oraz funkcje komutacyjne. BTAG skonfigurowane jest jednakowo dla wszystkich stanowisk dowodzenia związków taktycznych i dzięki swej elastyczności pozwala na podłączenie różnorodnych urządzeń abonenckich, np.:

- analogowych urządzeń końcowych (aparaty telefoniczne lub modemy);
- cyfrowych aparatów telefonicznych utajnionych i nieutajnionych poprzez cyfrowe interfejsy z możliwością podłączenia do nich dodatkowo końcowych urządzeń transmisji danych, np. faksów;
- standardowych złączy X.21 w konfiguracji szybkości transmisyjnej 16, 32, 64 kbit/s;
- końcowych urządzeń transmisji danych zautomatyzowanego systemu dowodzenia HEROS.

Liczba przyłączy jest tak ustalana, aby była zgodna z wyposażeniem łącznic stanowiska dowodzenia w urządzenia BTAG. Jednocześnie optyczne przyłącza Ethernet (IEEE 802.3) zapewniają elastyczność i niezależność struktury sieci, a dwa z nich służą do zapewnienia nadmiarowości (redundacji). Według EUROCOM D/1 ustalane są także możliwości eksploatacyjne dla abonentów systemu, poprzez zapewnienie im m.in. wybierania skróconego i kodowego połączenia zwrotnego, wywołania bezpośredniego, konferencji i rozgłaszania.

¹⁴ IEEE 802.3 (Ethernet) - zapewnia szybką transmisję danych w systemach komputerowych.

¹⁵ ISP - (*ang. Isochronous Service Protocol*) - zapewnia transmisję mowy w czasie rzeczywistym.

Urządzenie BTAG jest bezobsługowe. Po jego uruchomieniu następuje autotestowanie. Podczas eksploatacji urządzenia systemu są ciągle nadzorowane, a ich parametry oceniane przez urządzenia sterowania siecią.

Przylącze międzysieciowe umożliwia abonentom stanowiska dowodzenia uzyskiwanie połączeń w sieci dalekosiężnej lub sieci pomocniczego węzła sieciowego (PWS) systemu AUTOKO. Bez tych przylączy BIGSTAF może funkcjonować jako sieć autonomiczna. Przylącze międzysieciowe składa się ze zmodyfikowanej wersji urządzenia BTAG, które dodatkowo poprzez interfejsy zgodne ze standardami EUROCOM umożliwia podłączenie łącznicy MKS - 200. Stąd następuje łączenie abonentów z wykorzystaniem sieci dalekosiężnej poprzez interfejsy analogowe lub cyfrowe do innych sieci Bundeswehry lub sieci sojuszniczych. Standardowym sposobem włączenia systemu BIGSTAF do sieci AUTOKO-90 jest podłączenie za pomocą radiolinii typu FM - 15 000 z wykorzystaniem utajniania grupowego.

Polowy kabel światłowodowy wykorzystywany jest do podłączenia wozów dowódczo-sztabowych do urządzeń komutacyjnych na stanowisku dowodzenia. Do tego celu używane są odcinki kabli światłowodowych o długości 200 i 1000 m.

Urządzenie zarządzania siecią służy do nadzorowania i kierowania siecią. Urządzenie to jest w zasadzie specjalizowanym komputerem o dużej wydajności, z odpowiednim oprogramowaniem umożliwiającym sterowanie danymi eksploatacyjnymi i całym systemem. Tu napływają i są rejestrowane wszystkie nieprawidłowości funkcjonowania systemu. Jednocześnie komputer umożliwia wprowadzanie lub zmianę określonych danych eksploatacyjnych, jak potrzeby abonenckie, priorytety itp.

Sieć radiowa 60 GHz zwiększa mobilność stanowiska dowodzenia. Tradycyjne okablowanie stanowiska dowodzenia może być w pełni zastąpione poprzez zainstalowanie urządzeń radiowych w każdej łącznicy strefowej. Możliwe jest użycie różnych środków, tzn. część łącznic obsługiwana jest przez urządzenia radiowe, a część - przez kabel światłowodowy. Sposób użycia tych środków zależy od konkretnej sytuacji, bowiem dla abonentów sieci nie stanowi różnicy, jakie media transmisyjne wykorzystywane są w systemie. Ustalenie częstotliwości urządzeń radiowych w zakresie milimetrowym, tj. 60 GHz wynika z warunków propagacji fal radiowych w tym zakresie¹⁶.

Urządzenie radiowe łącznicy strefowej jest urządzeniem bezobsługowym i składa się z bloku podstawowego oraz bloku radiowego. Zasadniczymi funkcjami bloku podstawowego są:

- podłączenie urządzenia radiowego do sieci światłowodowej;
- utajnianie kanałów transmisyjnych;
- realizacja połączeń.

¹⁶ Konstruktorom zależało na niewielkim zasięgu łączności oraz maksymalnym ograniczeniu możliwości rozpoznania radioelektronicznego tych urządzeń. Na tej częstotliwości mocno ograniczony jest zasięg łączności w kierunku radiowym do maksimum 500 m (z powodu dużych zakłóceń w atmosferze), przez co zdecydowanie ograniczone są możliwości rozpoznania pracy tych środków. Dodatkowo zastosowano w radiostacjach metodę tak zwanego rozpraszania widma częstotliwości, która zdecydowanie zmniejsza widmową gęstość mocy.

Blok radiowy z podzespołami częstotliwości pośredniej i wysokiej, z jednym stopniem końcowym mocy oraz ze zintegrowaną anteną promieniowania dookólnego (na 6 m maszcie) jest podczas eksploatacji odłączany przez blok podstawowy od obsługiwanych wozów dowódczo-sztabowych stanowiska dowodzenia. Transmisja radiowa jest transmisją cyfrową z wykorzystaniem zwielokrotnienia czasowego TDMA (*ang. Time Division Multiple Access*). Tworzony jest w tym celu przedział czasowy dzielony na 64 szczeliny czasowe dla poszczególnych kanałów. Operacyjnie wykorzystywane są 62 kanały dwupleksowe, a pozostałe 2 służą do kierowania i nadzorowania systemem, tzn. synchronizacji sieci, wymiany spisu abonentów, ustanawiania połączeń i rezygnacji z nich. W sieci tej funkcje komutacyjne są zdecentralizowane, a więc każde urządzenie radiowe jest samo w sobie łącznicą.

Struktura sieci radiowej 60 GHz jest niezależna od dyslokacji i liczby radiostacji oraz od warunków propagacji, ponieważ wszystkie urządzenia radiowe nadają na tej samej częstotliwości. Każde urządzenie radiowe zapewnia przy tym połączenie z innymi urządzeniami w granicach swojego zasięgu. Jeśli nie można uzyskać połączenia bezpośredniego, to istnieje możliwość natychmiastowej retransmisji. Przez to sieć zachowuje redundancję i staje się niewrażliwa na awarie pojedynczych stacji. *Sieć radiowa konfiguruje się samodzielnie, a wszystkie zmiany parametrów następują automatycznie. Mogą być również wyeliminowane zadania planowania łączności radiowej w zakresie jej konfiguracji i przydziału częstotliwości.*

Sieć radiowa 51 GHz zapewnia łączność między 3-4 sektorami stanowiska dowodzenia dywizji (korpusu), wewnątrz których funkcjonuje sieć światłowodowa, sieć radiowa 60 GHz lub obie jednocześnie (rysunek 2.4). Wynika to przede wszystkim z konieczności zapewnienia łączności na większe odległości niż może to uczynić podsystem 60 GHz¹⁷.

Wybór zbliżonych częstotliwości, tzn. 51 i 60 GHz pozwala na daleko idącą unifikację podzespołów obu radiostacji. W obu podsystemach identyczna jest metoda zwielokrotnienia czasowego, synchronizacja sieci, oprogramowanie, a także aktualizacja abonentów. Obie sieci różnią się przede wszystkim zasięgiem łączności. Poza tym sieć radiowa 51 GHz posiada możliwości komutacyjne między sektorami stanowiska dowodzenia i spełnia rolę łącznicy abonenckiej. Urządzenia radiowe 51 GHz znajdują się w wyposażeniu obsługi sieci i zapewniają poprzez interfejsy światłowodowe urządzeń BTAG dostęp do sieci. Tutaj następuje łączenie abonentów, tj. zawsze w przyłączy abonenckim BTAG sieci światłowodowej, a nigdy bezpośrednio w radiostacji. Podobnie jak w sieci 60 GHz, sieć 51 GHz umożliwia zestawienie alternatywnego połączenia, a w razie potrzeby spełnia funkcję stacji przekaźnikowej. Możliwe jest zestawianie drogi połączeniowej preferującej wykorzystanie istniejących połączeń światłowodowych, które prowadzą do minimalizacji przepływu informacji przez środki radiowe.

Podsumowując, BIGSTAF usprawnia system łączności stanowisk dowodzenia poprzez zastosowanie najnowocześniejszej techniki telekomunikacyjnej i jednocześnie wychodzi na przeciw przyszłym wymaganiom operacyjnym.

¹⁷ Fale radiowe w zakresie milimetrowym poniżej 60 GHz są mniej wrażliwe na tłumienie atmosferyczne. Natomiast odpowiednie dopasowanie energetyczne i dobór anten w dalszym ciągu znacznie ograniczają możliwości rozpoznania radiowego.

2.2.2.3. Podsystem radiodostępu simpleksowego SCRA

Podsystem radiodostępu simpleksowego, znany w nomenklaturze NATO jako SCRA¹⁸ jest perspektywiczną częścią składową ogólnego systemu łączności. Może on zapewnić abonentom dostęp do systemu łączności w strefie taktycznej pola walki. Dotyczy to przede wszystkim tych abonentów, którzy są w ruchu lub z powodu wykonywanych zadań nie mogą na stałe korzystać z końcowych urządzeń łączności systemu AUTOKO-90. System radiodostępu zapewnia tym abonentom bezpośrednią wymianę informacji w systemach dowodzenia i kierowania środkami walki za pomocą transmisji danych i transmisji mowy. Składa się on z radiowych stacji bazowych i abonenckich punktów radiodostępu (terminali abonenckich), których liczba zależy od stopnia rozbudowy sieci łączności i liczby abonentów. Jest interoperacyjny z innymi sieciami łączności NATO. Strukturę systemu radiodostępu simpleksowego przedstawiono na rysunku 2.5.

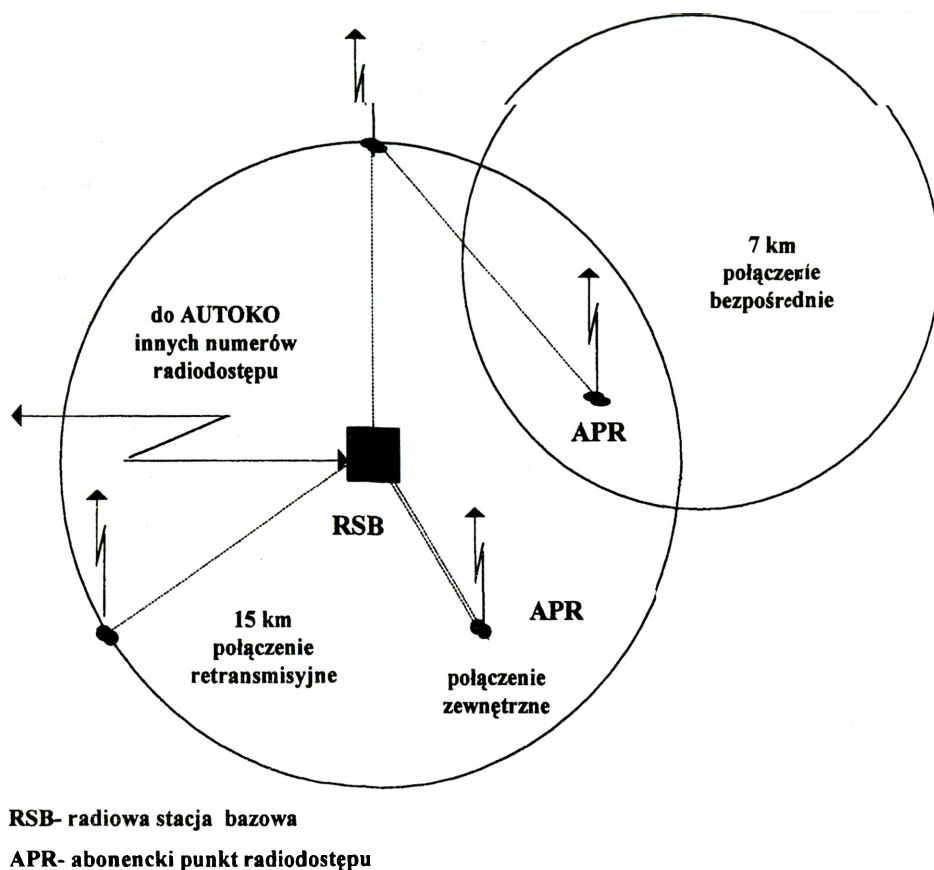
System radiodostępu składa się z radiowych stacji bazowych (RAP¹⁹), które podłączone są do pomocniczych węzłów sieciowych za pomocą stacji radioliniowych lub kabla. Radiowe stacje bazowe zapewniają wszystkie połączenia wewnątrz swojego obszaru poprzez własną centralę radiową (łącznicę). Abonenci są tak podłączeni do radiowych stacji bazowych poprzez abonenckie punkty radiodostępu (MST²⁰), że mogą uzyskiwać połączenie z innymi abonentami systemu AUTOKO lub odwrotnie. Odległość między radiową stacją bazową a abonentami sieci radiodostępu może wynosić około 15 km. Sąsiadujący ze sobą abonenci mogą mieć bezpośrednią łączność na odległość około 7 km. Oprócz połączeń bezpośrednich abonentów i połączeń retransmisyjnych, system radiodostępu zapewnia łączność w tzw. układzie połączeń zewnętrznych poprzez węzły łączności innych obszarów funkcjonowania radiowych stacji bazowych. Możliwe jest także samodzielne (autonomiczne) funkcjonowanie sieci radiodostępu. Sieć taka jest bardzo przydatna w nowych rejonach działań wojennych.

System umożliwia pojedynczym abonentom będącym w ruchu, a także abonentom systemu dowodzenia i kierowania środkami walki dostęp radiowy do AUTOKO-90, zapewniając im takie same możliwości transmisyjne i komutacyjne, jakimi dysponują abonenci sieci kablowej. Każdy abonent systemu radiodostępu jest niezależny pod względem łączności od swojego szczebla dowodzenia i jest „osiągalny” dla innych abonentów nie znających miejsca jego pobytu, także podczas ruchu. System radiodostępu wraz z AUTOKO-90 tworzą swojego rodzaju zespół do transmisji mowy i danych na polu walki, który pozwala jednocześnie „przechodzić” do innych sieci. Zastosowano w nim również takie same normy EUROCOM jak w AUTOKO-90.

¹⁸ SCRA – *ang. Single Channel Radio Acces.*

¹⁹ RAP – *ang. Radio Acces Point.*

²⁰ MST – *ang. Mobile Subscriber Terminal.*



Rys. 2.5. Struktura systemu radiodostępu simpleksowego

Istotną właściwością eksploatacyjną systemu radiodostępu jest jego odporność na zakłócenia radioelektroniczne, którą osiągnięto dzięki zastosowaniu urządzeń pracujących ze skokową zmianą częstotliwości, szeregowi przedsięwzięć organizacyjnych oraz odpowiedniemu zarządzaniu przydziałem częstotliwości roboczych.

2.2.2.4. Podsystem łączności radiowej KF i UKF

Radiowe sieci KF i UKF tworzą drugi pod względem ważności podsystem łączności w systemie dowodzenia wojskami. Często stają się jedynymi liniami transmisyjnymi zapewniającymi dowodzenie podczas działań wojennych o dużej mobilności. Stąd wynika ich szczególne znaczenie na szczeblu operacyjno-taktycznym.

Podsystem radiowy KF, pracujący w zakresie częstotliwości 3 -30 MHz, organizowany jest przy pomocy nowych zestawów urządzeń typu A, B i C. Poszczególne zestawy różnią się mocą wyjściową nadajników. Zestaw A pracuje z mocą 100 W, B i C - z mocą 1000 W. Przy pomocy radiostacji tych typów staje się możliwe zapewnienie utajnionej łączności fonicznej i transmisji danych na małych i dużych odległościach z niezawodną ochroną przed zakłóce-

niami zamierzonymi (celowymi) i niezamierzonymi (interferencyjnymi, wzajemnymi). Ze-stawowi A przypisuje się duże znaczenie w zapewnieniu łączności z wojskami walczącymi w okrążeniu lub na samodzielnych kierunkach, ponieważ pracując ze skokową zmianą czę-stotliwości, zapewnia transmisję danych oraz posiada układ realizujący samoadaptację łącza radiowego.

Podsystem radiowy UKF organizowany jest przede wszystkim na szczeblu taktycznym. Relacje radiowe UKF są często jedynymi liniami transmisyjnymi zapewniającymi dowodzenie i kierowanie środkami walki (bronią) podczas wysoko mobilnych działań bojowych. Do ich organizowania wykorzystywana jest *nowa generacja radiostacji cyfrowych typu SEM-93*²¹ (w wersji lotniczej SEM-91). Szczególną właściwością radiostacji nowej generacji jest możli-wość zapewnienia szybkiej i niezawodnej utajnionej łączności fonicznej (z szybkością 16 kbit/s) oraz transmisji danych (z szybkością 2.4, 4.8, 9.6 kbit/s). Zastosowanie standardo-wego złącza V24, spełniającego normy komercyjnego zakresu CCITT, umożliwia wszystkim potencjalnym użytkownikom na podłączenie do radiostacji dostępnych na rynku urządzeń końcowych, w tym również dalekopisów (transmisja danych z szybkością 50 bodów) i urzą-dzeń faksowych. Radiostacje SEM-93 charakteryzują się dużą odpornością na zakłócenia²², co oznacza zapewnienie niezawodnej łączności na odległość do 30 km. W celu zwiększenia za-sięgów, zwłaszcza podczas działania w warunkach kryzysowych, przewiduje się tworzenie punktów przekaźnikowych. Radiostacja ta ma zapewnioną ochronę przed podsłuchem, mani-pulacją, dezinformacją i przechwytywaniem przekazywanych informacji.

Bezpieczeństwo transmisji zapewnia się modułem TRANSEC, a utajnianie modułem COMSEC²³. Dla zapewnienia współpracy z radiostacjami przenośnymi SEM-70 i pokłado-wymi SEM-80/90 lub radiotelefonem SEM-52 SL, które były masowo wprowadzane do Bun-deswehry w latach 1984-1992 przewidziane są wszystkie rodzaje pracy radiostacji SEM-93 konieczne do współpracy z tymi urządzeniami.

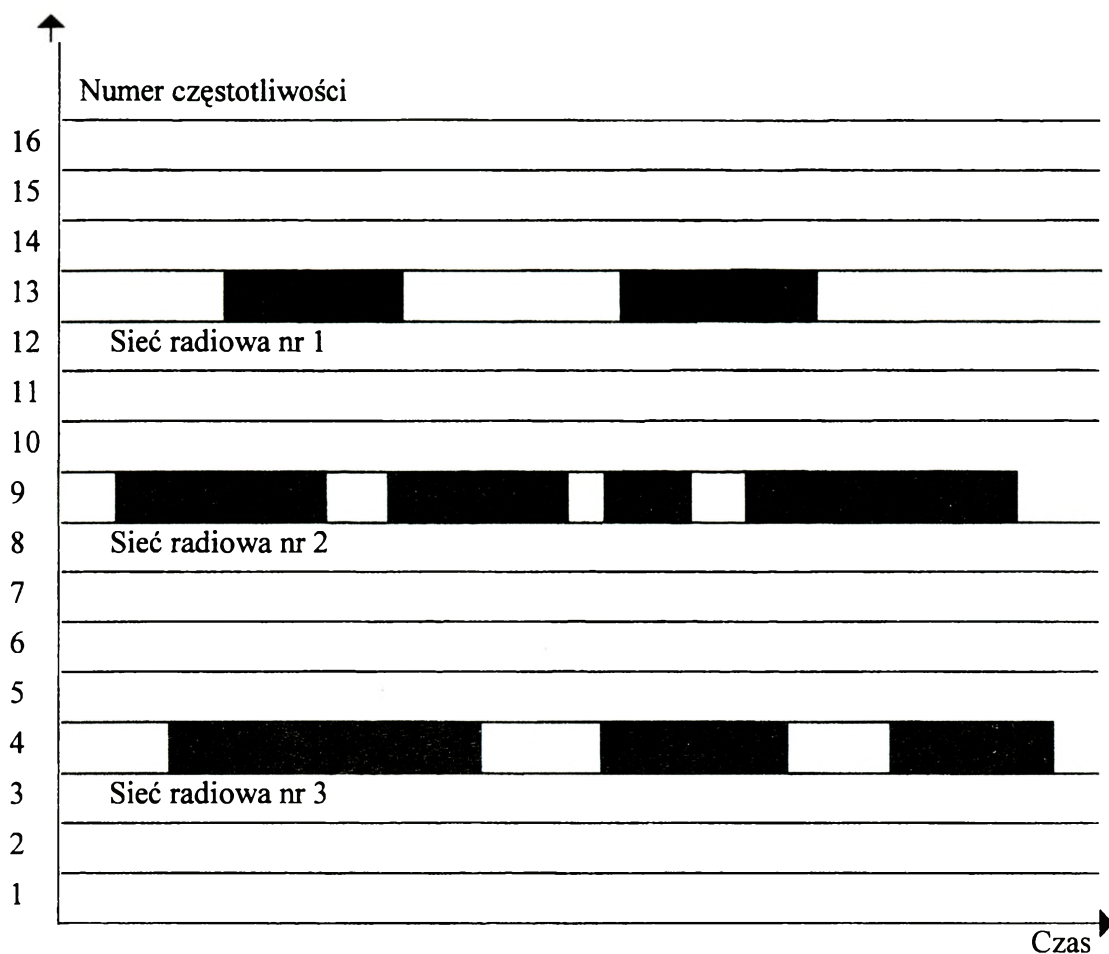
Radiostacja SEM-93 pracuje z automatycznym wyborem kanału, w którym wielu kore-spondentów różnych sieci radiowych wykorzystuje częstotliwości należące do wspólnych zbiorów. Danej sieci radiowej nie przydziela się każdorazowo, jak dotychczas²⁴, ustalonej częstotliwości roboczej, lecz indywidualny numer sieci radiowej i numer zbioru częstotliwo-ści. Programowo zbiór taki składa się z 16 częstotliwości, które mogą być wykorzystane jed-nocześnie przez nie więcej niż 16 sieci radiowych. Zajęcie pasma częstotliwości podczas pra-cy z wykorzystaniem metody automatycznego wyboru kanału przedstawiono na rysunku 2.6.

²¹ Radiostacja SEM-93 pracuje w zakresie częstotliwości 30-80 MHz, z odstępem co 25 kHz.

²² Zastosowano metodę skokowej zmiany częstotliwości (ang. *Frequency Hopping*).

²³ Są to standardowe moduły stosowane w NATO, co pozwala na wymianę informacji radiowej pomiędzy partnerami Sojuszu.

²⁴ Dotychczas powszechnie stosowano metodę FDMA (ang. *Frequency Division Multiple Access*) - wielo-dostęp z podziałem częstotliwości.



Rys. 2.6. Wykres zajęcia pasma częstotliwości podczas pracy z wykorzystaniem metody automatycznego wyboru kanału

W metodzie automatycznego wyboru kanałów wyróżnia się następujące procesy:

- **wyszukiwania**, w którym radiostacja wyszukuje wśród różnych (obcych) sygnałów *swój własny*, przypisany numerowi jej sieci radiowej. Po rozpoznaniu przez urządzenie oczekiwanej cyfrowej sygnalizacji kończy się proces wyszukiwania, a radiostacja przechodzi na odbiór;

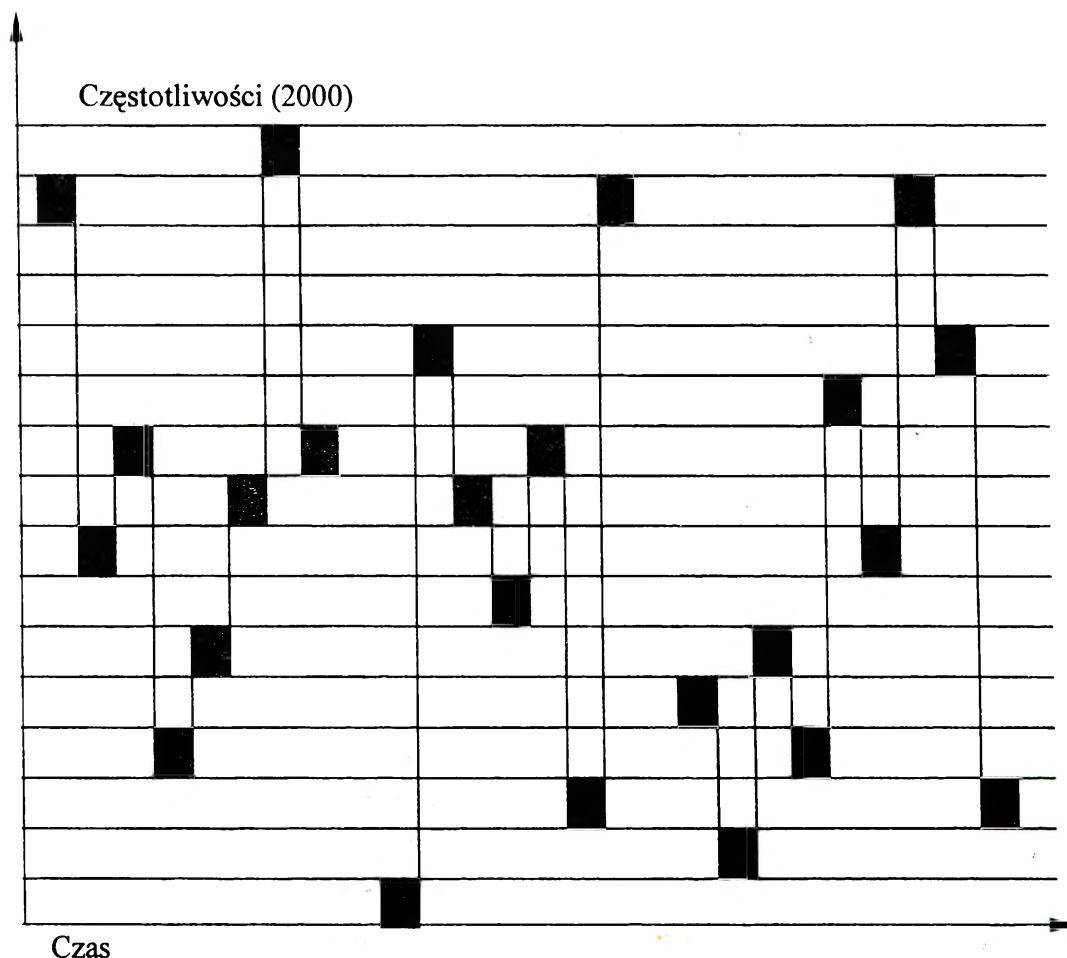
- **nadawania**, w którym poprzez naciśnięcie przycisku rozmównego następuje wyszukiwanie wolnego kanału w obszarze najmniejszej ich zajętości. W wyszukany kanale radiostacja wysyła (jako wywołanie) sygnał numeru własnej sieci radiowej, który jest „rozpoznawany” przez inne radiostacje tej sieci. Po przyjęciu sygnału radiostacje przełączają się na odbiór, co oznacza gotowość do rozpoczęcia wymiany informacji;

- **odbioru**, w którym wszyscy korespondenci sieci radiowej znajdują się na jednej częstotliwości danego zbioru częstotliwości. W tym stanie pozostają wszyscy korespondenci, także podczas trwania wymiany informacji. Dopiero po krótkim czasie od zakończenia wymiany informacji w sieci radiowej ponownie rozpoczyna się proces automatycznego wyszukiwania.

Przedstawione procesy dotyczą jednocześnie różnych sieci radiowych, które wykorzystują wprawdzie ten sam zbiór częstotliwości, lecz otrzymały inne numery sieci do prowadzenia wymiany informacji w różnych przedziałach czasowych. Urządzenia radiowe danej sieci re-

agują każdorazowo tylko na numer własnej sieci. Metoda ta umożliwia ekonomiczne wykorzystanie deficytowych częstotliwości, co najmniej pięciokrotnie pozwalając na jednoczesne ich wykorzystanie przez wiele sieci radiowych. Radiostacja steruje automatycznie wszystkimi procesami w taki sposób, że użytkownik nie zauważa różnic w porównaniu z pracą radiostacji na częstotliwości ustalonej.

Zwiększoną *odporność na zakłócenia* osiągnięto metodą „rozpraszania widma częstotliwości”. Podczas eksploatacji radiostacji ze skokową zmianą częstotliwości zdefiniowano każdą sieć radiową przez jeden z generatorów kodowych wytwarzających jednoznaczny kryptologicznie ciąg. Określono, że różne ciągi mają swoje statystyczne właściwości i są od siebie niezależne. Oprogramowanie komputerowe radiostacji grupuje będące do dyspozycji częstotliwości w taki sposób, aby nie było „kolizji” z radiostacjami innej sieci. Staje się praktycznie niemożliwe, aby w danym zbiorze powtórzyły się te same częstotliwości co w zbiorach sąsiednich. Dla zwiększenia skuteczności ww. metody rozdzielono „skaczące częstotliwości” w szerokim paśmie częstotliwości oraz określono skrajnie krótki czas ich zajętości. Wykres zajęcia pasma częstotliwości podczas pracy z wykorzystaniem metody skokowej zmiany częstotliwości przedstawiono na rysunku 2.7.



Rys. 2.7. Wykres zajęcia pasma częstotliwości podczas pracy z wykorzystaniem metody skokowej zmiany częstotliwości

Proces rozszerzania widma metodą rozproszenia częstotliwości wymaga bardzo dokładnej wstępnej i zasadniczej synchronizacji. Założono, że szczególnie skutecznie chroniąca przed zakłóceniami jest wstępna synchronizacja radiostacji, umożliwiająca zapewnienie pierwszego seansu radiowego. Natomiast zasadniczą synchronizację, która występuje podczas wymiany radiowej, zapewniono poprzez wysyłanie ukrytych sygnałów czasu.

Radiostacja SEM-93 należy do najbardziej wydajnych środków radiowych UKF eksploatowanych w systemach łączności NATO.

2.2.2.5. Podsystem zintegrowanego zarządzania transmisją informacji oraz kierowania siecią IRIS

Głównym zadaniem podsystemu *IRIS*²⁵ jest wspomaganie kierowania łącznością poprzez:

- planowanie systemu łączności na ćwiczenia i operacje;
- nadzór i kierowanie zintegrowanymi sieciami w systemie łączności wojsk lądowych;
- rozdział i przydział częstotliwości;
- kierowanie przedsięwzięciami na rzecz bezpieczeństwa łączności.

Dotychczas nie opublikowano szczegółowych informacji dotyczących podsystemu zintegrowanego zarządzania oraz kierowania siecią IRIS.

2.2.2.6. Podsystem komercyjnej łączności satelitarnej SATCOM

Bundeswehra nie posiada żadnych własnych urządzeń systemu łączności satelitarnej SATCOM i w razie konieczności ich użycia musiałaby dzierżawić cywilne stacje łączności satelitarnej. Na razie nie zezwala się jednak na ich wykorzystanie.

Wyraża się jedynie zgodę na eksploatację łączy satelitarnych na potrzeby kierowania zaopatrzeniem wojsk uczestniczących w pokojowych misjach ONZ oraz na potrzeby sił morskich. Bundeswehra zamierza korzystać z usług komercyjnych na ww. cele do 2000 roku. W perspektywie planowane jest uruchomienie wojskowego systemu łączności satelitarnej w kooperacji z innymi państwami europejskimi.

2.3. System łączności wojsk lądowych Wielkiej Brytanii (PTARMIGAN)

Automatyczny, cyfrowy system łączności szczebla operacyjno-taktycznego sił lądowych Wielkiej Brytanii PTARMIGAN wprowadzony został do wojsk lądowych w latach osiemdziesiątych, w wyniku uogólnienia doświadczeń zdobytych w trakcie eksploatacji poprzedniego systemu RUBIN. System PTARMIGAN spełnia wymagania przyjęte przez NATO podczas wspólnych prac nad koncepcją tego typu systemu łączności. *System ten może być sprzężony*

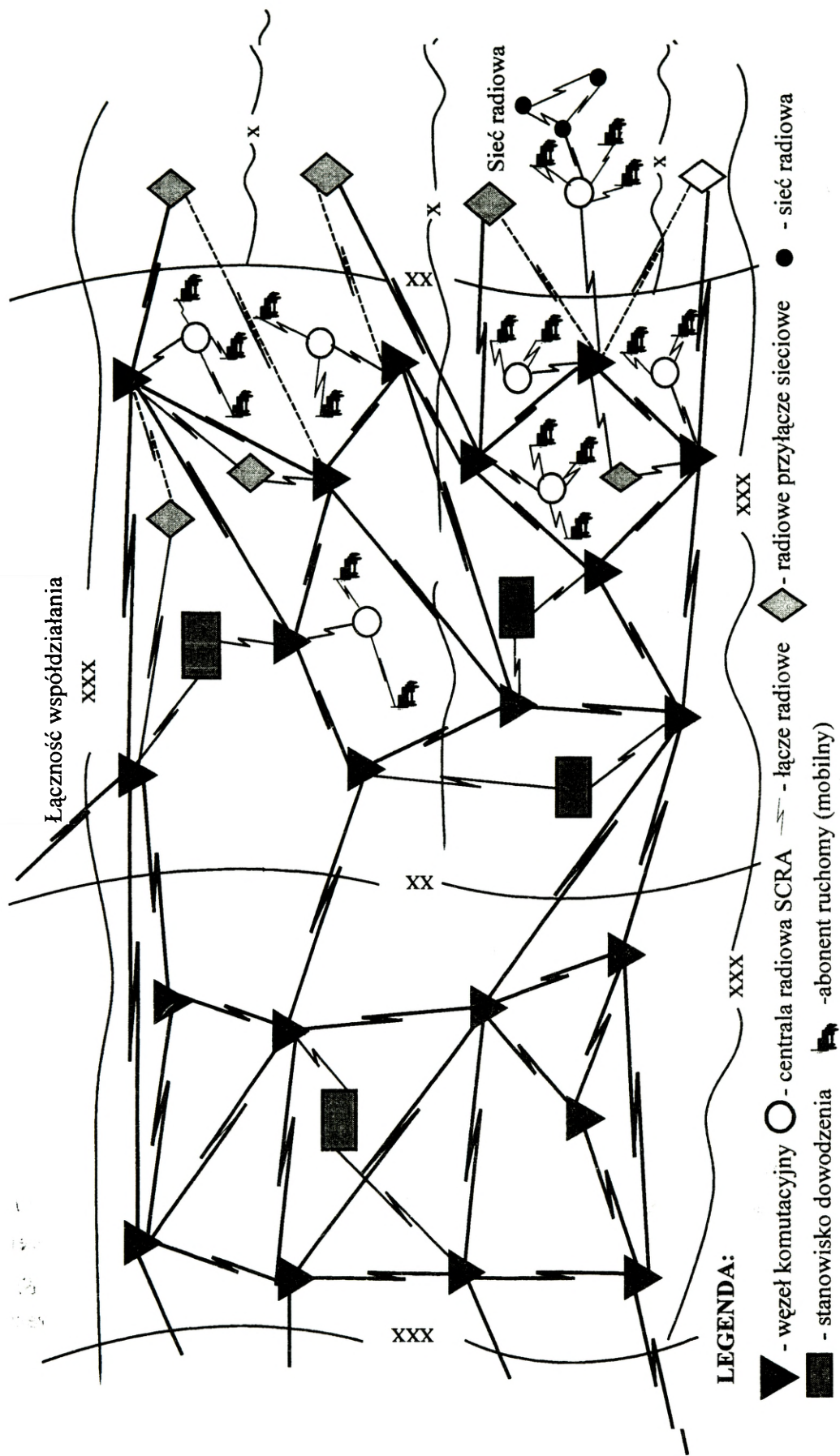
²⁵ IRIS – niem. *die Integrierte Rechnergestützte Informationsübertragungssteuerung und Netzführung*.

z taktycznymi i strategicznymi, natowskimi i cywilnymi systemami łączności, a także z polowymi sieciami łączności radiowej. Zapewnia on swoim użytkownikom różne usługi telekomunikacyjne poprzez sieć węzłów komutacyjnych, połączonych między sobą wielokanałowymi łączami radioliniowymi i kablowymi (przyłączami podstawowymi). Przyłącza podstawowe pokrywają całkowicie zapotrzebowanie większej ilości abonentów. Głównymi cechami systemu łączności PTARMIGAN są:

- komutacja cyfrowa (konwersja analogowo-cyfrowa realizowana w terminalach abonenckich);
- tajność wymiany informacji przez kodowanie ruchu telefonicznego, transmisji danych, telegraficznego i faksymilowego;
- możliwość nadawania abonentom priorytetów i uprzywilejowań;
- możliwość stosowania urządzeń telefonicznych z wybieraniem bezpośrednim umożliwiającą przerywanie rozmów dla połączeń priorytetowych, zestawianie połączeń konferencyjnych z przywołaniem abonentów, stosowanie jednorodnego systemu numeracji abonentów;
- system sterowania w ramach każdego węzła (realizuje się automatyczne połączenia abonentów bez znajomości ich lokalizacji);
- odpowiednio dobrana nadmiarowość węzłów komutacyjnych i łączy umożliwiająca szerokie stosowanie dróg obejściowych;
- przystosowanie systemu do współpracy z abonentami innych sieci;
- dostęp abonentów ruchomych do sieci (możliwy dzięki zastosowaniu wyposażenia abonentów ruchomych w urządzenia SCRA);
- łatwość zmiany miejsca postoju przez abonentów oraz uproszczenie czynności rozwijania i zwijania elementów sieci;
- sterowane programowo wyposażenie elementów systemu w obwody kontroli i diagnostyki;
- funkcjonowanie w systemie wyodrębnionej sieć łączności służbowej EOW (*ang. Engineering Order Wire*);
- unifikacja środków transportu w ramach NATO.

Typowa, (korpuśna) **struktura sieci** składa się z 20 węzłów komutacyjnych połączonych liniami łączności dalekosiężnej, które pokrywają w miarę regularnie rejon działania korpusu armijnego tworząc siatkowy system łączności. Model siatkowego systemu łączności PTARMIGAN pokazano na rysunku 2.8.

Linie łączności dalekosiężnej systemu PTARMIGAN są organizowane przy pomocy urządzeń radiowych zakresu SHF i UHF, a niekiedy - środków kablowych. Stacje radioliniowe SHF pracują w zakresie 4,4 -5 GHz i mają maksymalny zasięg do 30 km. Natomiast stacje radioliniowe zakresu UHF posiadają następujące charakterystyki techniczne:



Rys. 2.8. Model systemu łączności PTARMIGAN

- zakres częstotliwości i moc wyjściowa:
 - 225-400 MHz - 10 W,
 - 610-960 MHz - 10 W,
 - 1350-1850 MHz - 0,2 W;
- rodzaj modulacji - *TDM* lub *FM-FDM*;
- szybkość transmisji przy modulacji - 256 lub 512 kbit/s.

W oparciu o te urządzenia mogą być zestawione łącza 256 - lub 512 kbit/s. Należy nadmienić, że w grupie podstawowej wykorzystywane są tylko urządzenia zakresu *SHF*.

Węzły komutacyjne systemu PTARMIGAN stanowią zespoły urządzeń komutacyjnych sterowanych komputerowo. Urządzenia komutacyjne połączone są ze środkami transmisyjnymi łączami radiowymi zakresu *SHF* lub traktami kablowymi. Każda stacja radioliniowa obsługuje łącze grupowe zawierające 16 lub 32 kanały o przepływności 256 lub 512 kbit/s. Łącze radiowe *SHF* lub trakt kablowy może służyć również do transmisji grupy wtórnej, składającej się z trzech grup pierwotnych (96 kanałów). Każdy węzeł komutacyjny jest wyposażony w automatyczny wzorzec częstotliwości oparty na rubidzie, zapewniający stabilność długookresową lepszą niż 10^{-9} .

Na każdym wejściu łącza międzywęzłowego do węzła komutacyjnego znajduje się pamięć buforowa przejmująca na siebie skutki różnic częstotliwości wzorcowych obu węzłów i gwarantująca kompletność przekazywanych danych w określonych przedziałach czasu.

Sieć łączności systemu PTARMIGAN może zmieniać ciągle swoją konfigurację przy zachowaniu dyspozycyjności dla abonentów. Pomiedzy węzłami komutacyjnymi występuje szereg połączeń alternatywnych. Połączenia realizują urządzenia wyszukujące dookólne i wyszukujące wytypowane centrale kilku węzłów. Wywołanie abonenta przez centralę odbywa się poprzez wyszukujące urządzenie dookólne²⁶. Węzły komutacyjne odszukują abonentów sieci niezależnie od ich miejsca postoju i przynależności organizacyjnej. Do kierowania ruchem abonenckim w systemie zostały zastosowane kryteria deterministyczne i probabilistyczne. W wypadku organizacji połączenia za pośrednictwem kilku węzłów, węzeł inicjujący określa najlepszą drogę tylko do węzła następnego (wysyła sygnalizację wspólnym kanałem sygnalizacyjnym). Węzeł następny zaś określa najlepszą drogę do kolejnego aż do węzła przeznaczenia. W każdym kroku dla zestawionego połączenia jest wydzielany kanał duplexowy. Ten sposób realizacji połączenia zawiera minimalną liczbę odcinków łącznikowych międzywęzłowych i minimalnie obciąża sieć sygnalizacji komutacyjnej. W wypadku gdy węzeł abonenta wywoływanego nie jest znany, to proces poszukiwania inicjuje węzeł wywołujący. Gdy proces ten osiągnie węzeł obsługujący abonenta wywoływanego, wówczas z tego węzła jest wysyłana odpowiedź zawierająca informacje potrzebne do nawiązania łączności metodą pierwszą.

²⁶ W porównaniu z systemem komend szeregowych, system wieloprzestrzenny wykazuje lepsze właściwości. Uszkodzenie węzła komutacyjnego lub przetwornika radiowego nie ma wpływu na łączność z węzłem.

Zastosowanie podwójnej procedury poszukiwania pozwala na ograniczenie pamięci węzła do minimum. W pamięci węzła są zapisywane tylko najczęściej powtarzające się wywołania. Każde poszukiwanie zainicjowane przez ten węzeł powoduje wprowadzenie do pamięci danych o jego lokalizacji. Dane o abonentach, z którymi dłuższy czas nie nawiązywano połączeń, są z danego węzła usuwane. Kanały sygnalizacyjne są tworzone w zwielokrotnionych czasowo, cyfrowych, radioliniowych łączach międzywęzłowych.

W celu zabezpieczenia procesu sygnalizacji przed błędami seryjnymi w systemie PTARMIGAN została zastosowana transmisja sygnalizacji wspólnokanałowej blokami 32-bitowymi. Blok taki zawiera:

- 16 bitów danych;
- 4 bity numeracji sekwencyjnej;
- 1 bit odpowiedzi zwrotnej.

Łącznie 21 bitów informacyjnych zabezpiecza 10-bitowa sekwencja kontrolna kodu cyklicznego BCH, a całość jest zaopatrzona w dodatkowy bit nieparzystości.

Sygnalizacja wewnątrzkanałowa stosowana między abonentami i ich macierzystymi węzłami jest realizowana za pomocą 8-bitowego cyklicznie przemiennego (*ang. cyclic permutable*) kodowania bezprzecinkowego w użytkowym kanale 16 kbit/s. Zabezpiecza to przed możliwością wystąpienia dużej stopy błędów, zwłaszcza w łączach radiowych abonentów ruchomych. Ta sama metoda zastosowana w odniesieniu do abonentów stacjonarnych zapewnia sygnalizację wewnątrzkanałową w całym systemie PTARMIGAN.

System PTARMIGAN zapewnia swoim użytkownikom usługi telefoniczne, telegraficzne, transmisji danych i faksymilowe. Abonenci systemu mają do dyspozycji kanały dwutorowe o przepływności 16 kbit/s z wykorzystaniem modulacji DELTA²⁷. Kanały 16 kbit/s w traktach międzywęzłowych łączone są w grupy szesnasto- lub trzydziestodwukanałowe, o przepływnościach - odpowiednio: 256 lub 512 kbit/s. W łączach grupowych z podanej liczby kanałów, jeden wykorzystywany jest do ramkowania i jeden do sygnalizacji. Pozostałe kanały są wykorzystywane do ruchu abonenckiego.

Duże grupy abonentów (stanowiska i punkty dowodzenia dużych jednostek), są dowiązywane do systemu przez *koncentrator* (przyłącze węzłowe) siecią utajnionych łączy kablowych lub radioliniowych. Koncentrator tworzony jest na bazie węzła komutacyjnego przez usunięcie z niego niektórych elementów składowych. Grupy te są połączone z dwoma węzłami komutacyjnymi, co znacznie zwiększa prawdopodobieństwo uzyskania połączenia.

Małe grupy abonentów stacjonarnych lub abonenci indywidualni są połączeni z systemem za pośrednictwem *central lokalnych* (przełącznic) za pomocą dalekosiężnego kabła polowego w układzie dwutorowym lub drogą radiową.

²⁷ Wykorzystanie modulacji DELTA gwarantuje przy przepływności 16 kbit/s dobrą zrozumiałość mowy i wymaga jedynie synchronizacji bitowej, gdyż wszystkie elementy binarne sygnału mają taką samą wagę (w systemie PCM jest synchronizacja bajtowa).

Grupy abonentów znacznie oddalone od węzła są dołączane do sieci poprzez wytypowane centrale za pomocą linii radiowych lub traktów kablowych o przepływności 256 lub 512 kbit/s. W wypadku odłączenia ww. centrali od sieci, centrala ta realizuje funkcje łączeniowe lokalne.

Abonenci stacjonarni są wyposażeni w *podzespół cyfrowy z klawiaturą*, sterowany za pomocą mikroprocesora, który umożliwia realizację dwupleksowych połączeń telefonicznych i innych funkcji obsługowych, w tym również - sprawdzenie na siebie. Zastosowanie ww. zespołu umożliwia wykorzystanie dalekopisu, nadajnika danych faksymiliowych lub urządzeń końcowych transmisji danych. Praca może odbywać się z szybkością 2,4 kbit/s (asynchroniczna) lub z szybkością 16 kbit/s (synchroniczna).

Osoby funkcyjne będące w ruchu i wyposażone w terminale radiowe korzystają z pełnych usług sieci poprzez *podsystem obsługi abonentów ruchomych (SCRA²⁸)*. Centrala podsystemu obsługi abonentów ruchomych, która może obsługiwać 25 abonentów, jest połączona z węzłem komutacyjnym linią radiową lub przewodową. Każda centrala tego typu obsługuje rejon w promieniu 15 km. Zasięg ten może być podwojony przez zastosowanie anteny masztowej. Przy zapotrzebowaniu na obsługę większej liczby abonentów, łączone są równolegle dwie takie centrale, co daje możliwość obsługi do 50 abonentów ruchomych. Abonenci ruchomi są wyposażeni w urządzenie do sterowania aparaturą końcową, które steruje również pracą radiostacji, koduje dane cyfrowe oraz realizuje połączenia drogą obejścia. Udostępnia się im wszystkie funkcje systemu łączności przysługujące użytkownikom stacjonarnym, włącznie z utajnianiem wymiany telefonicznej, telekopiowej i transmisji danych w połączeniach priorytetowych i konferencyjnych. W ten sposób jest zapewniona łączność dowódcy ze stanowiskiem dowodzenia albo dowolnym, stacjonarnym lub mobilnym użytkownikiem, w obrębie całego systemu łączności.

Współpraca systemu z połową siecią radiową jest możliwa za pośrednictwem *urządzeń wejściowych korespondentów radiowych CNRI* (jednostka styku z połową siecią radiową). Urządzenia te w systemie PTARMIGAN zostały przystosowane do współpracy z radiostacjami rodziny *CLANSMAN*. Każde takie urządzenie jest połączone z urządzeniem końcowym typu *CNRI* lub podzespołem statycznym, poprzez które uzyskuje dostęp do systemu. Środki te umożliwiają wszystkim użytkownikom systemu uzyskanie połączenia fonicznego w ruchu i na postoju. Mogą też korzystać z połączeń konferencyjnych i rozmów „na trzeciego”.

Celem umożliwienia współpracy systemu PTARMIGAN z innymi sieciami wojskowymi i cywilnymi w węzłach komutacyjnych zostały umieszczone odpowiednie urządzenia przejściowe (interfejsy). Urządzenia te działają automatycznie względnie są obsługiwane przez operatora. Współdziałanie systemu PTARMIGAN z sieciami telegraficznymi odbywa się poprzez komutator wiadomości dostosowujący prędkości modulacji i rodzaje kodów do wymagań współpracy.

²⁸ SCRA- ang. *Signal Channel Radio Acces.*

W systemie PTARMIGAN możliwe jest uzyskanie dodatkowych usług po wybraniu odpowiedniej sekwencji cyfr:

- połączenia konferencyjne i okólnikowe stałe (zaprogramowane wcześniej) lub doraźne (po wprowadzeniu dodatkowych cyfr);
- wybieranie skrócone (mniejsza liczba cyfr po wcześniejszym zaprogramowaniu odpowiedniej grupy abonentów);
- priorytety (3 poziomy), w których abonent o wyższym priorytecie może rozłączyć abonenta o niższym priorytecie i uzyskać z nim automatyczne połączenie;
- połączenia stałe między abonentami;
- połączenia teleksowe i transmisji danych, które mogą być realizowane na zasadzie komutacji łączy lub za pośrednictwem komutatora wiadomości, przechowującego wiadomość w pamięci i przekazującego dalej według instrukcji;
- połączenia natychmiastowe dla abonentów o najwyższym priorytecie.

Kierowanie i zarządzanie łącznością w systemie PTARMIGAN zostało zorganizowane na trzech poziomach hierarchicznych:

- system zarządzania i planowania SEP (*ang. System Executive and Plans*), który przeznaczony jest do długoterminowego planowania operacyjnego sieci (realizuje wymagania odnoszące się do zmian w planie łączności);
- system sterowania operacyjnego OSC (*ang. Operational System Control*), który przyjmuje rozkazy wykonawcze z SEP i odpowiada za techniczną organizację systemu łączności (OSC posiadają wybrane węzły sieci, a za ich pomocą realizuje się zarządzanie w określonym rejonie, polegające na planowaniu podstawowych elementów systemu łączności, realizacji zmian w strukturze sieci, oraz kontroli pracy systemu w przydzielonym rejonie);
- system sterowania zasobami FC (*ang. Facilities Control*), który steruje pracą węzła i obsługą abonentów.

Elementy podsystemu kierowania i zarządzania siecią mają zapewnione połączenie z bankiem danych (komputerem). W tym celu w sieci łączności został wyodrębniony również podsystem łączności służbowej EOW (*ang. Engineering Order Wire*). Systemem tym objęte są stanowiska dowodzenia węzłów, stacji radioliniowych, itp. Jest on wykorzystywany do prowadzenia rozmów (wywołania selektywne) i transmisji sygnałów o stanie urządzeń współpracujących z węzłem komutacyjnym.

Na początku lat dziewięćdziesiątych dowództwo brytyjskich sił lądowych zmodernizowało system PTARMIGAN. W pierwszej kolejności wprowadzono cyfrowe aparaty telefoniczne pracujące z modulacją DELTA, posiadające wbudowaną przystawkę do transmisji danych. Następnie rozpoczęto wprowadzanie nowych central przełączających typu MRS²⁹, o bardziej zwartej konstrukcji. Centrale te zainstalowano na pojazdach opancerzonych, co pozwala na ich użycie również na wysuniętych pozycjach na polu walki.

²⁹ MRS – *ang. Multi-Role System*.

Od połowy lat dziewięćdziesiątych rozpoczęto wymianę istniejących systemów kontroli wykorzystania częstotliwości pracy środków radioliniowych na nowe urządzenia typu FAME³⁰, które wykorzystują nową generację mikroprocesorów. Urządzenia typu FAME są w stanie dokonywać automatycznego wyboru częstotliwości roboczych oraz dysponować bazą danych obejmującą cały obszar Europy północno-zachodniej. Przewidziano także uruchomienie sieci łączności pakietowej na potrzeby dowodzenia brytyjskimi siłami lądowymi WAWEL. Podjęto jednocześnie prace nad zmianą oprogramowania systemu PTARMIGAN i wymianą środków radioliniowych opracowanych w ramach programu MARLLET.

Podsumowując, można stwierdzić, że *system łączności szczebla operacyjno-taktycznego sił zbrojnych Wielkiej Brytanii jest systemem przystosowanym do ciągłej modernizacji, w miarę rozwoju technologii i urządzeń elektronicznych*. W tej sytuacji trudno jest wyodrębnić w jego rozwoju charakterystyczne etapy modernizacyjne, na wzór etapów wyróżnianych dla systemów łączności innych państw NATO.

2.4. Operacyjno-taktyczny system łączności wojsk lądowych Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej (TRI-TAC)

2.4.1. Struktura systemu

Podjęcie przez siły zbrojne USA programu TRI-TAC miało na celu stworzenie systemu nowej generacji do zastosowania na szczeblu operacyjno-taktycznym, wspólnego dla wszystkich rodzajów wojsk i służb. Program rozpoczęty w 1971 roku, planowany był jako długofalowy i miał zostać zakończony na początku lat dziewięćdziesiątych. Przyjęte założenia dotyczyły zarówno wprowadzania urządzeń automatyzacji dowodzenia, jak i urządzeń cyfrowej transmisji informacji z zastosowaniem analogowo-cyfrowego przetwarzania delta, o zmiennym skoku kwantyzacji (*ang. Variable Slope Delta*). Struktura siatkowa (kratowa) i pełna automatyzacja miały zapewnić szybkie zestawianie łączy (dróg) obejściowych, co z kolei pozwoliłoby na ciągłą, nieprzerwaną pracę systemu w warunkach dużych zniszczeń węzłów komutacyjnych (*WK*) zwanych również węzłami bazowymi (kratowymi, zasadniczymi).

W skład systemu wchodzi między innymi:

- urządzenia sterowania i kontroli węzła łączności TCCF (*ang. Tactical Communication Control Facilities*);
- sprzęt komutacyjny i transmisyjny;
- grupowe urządzenia zwielokrotniające *DGM* (*ang. Digital Group Multiplexers*);
- sprzęt abonencki.

Na szczeblu korpusu rozwija się do 12 węzłów komutacyjnych (zasadniczych), których wyposażenie podstawowe stanowią centrale, sprzęt transmisyjny (stacje radioliniowe, w tym urządzenia radioliniowe do zastępowania linii kablowych na małych odległościach) oraz

³⁰ FAME – *ang. Frequency Assignment Equipment*.

sprzęt do sterowania i kontroli pracy węzła. Od szczebla dywizji występują centrale niższego rzędu oraz centrale abonentów ruchomych. Urządzenia węzłów łączności umożliwiają wszystkim użytkownikom, zarówno stacjonarnym jak i mobilnym, wymianę informacji telefonicznych, telegraficznych i faksymilograficznych. Należy zaznaczyć, że każdy węzeł komutacyjny systemu *TRI-TAC* posiada urządzenia do łączności satelitarnej. Ogólna koncepcja systemu *TRI-TAC* jest przedstawiona na rysunku 2.9.

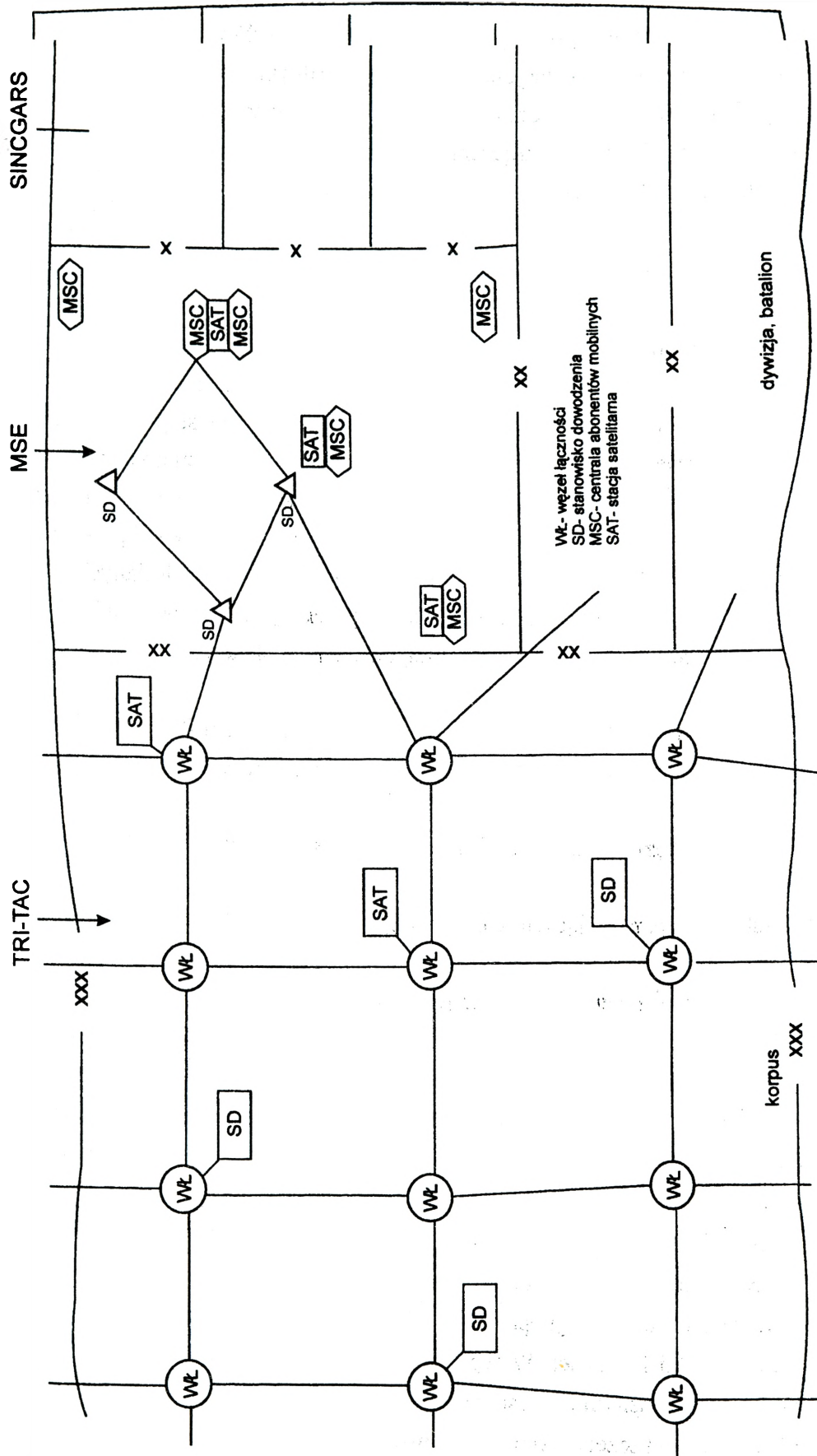
2.4.2. Sterowanie systemem

Sieć sterowania i kontroli TCCF (*ang. Tactical Communication Control Facilities*) systemu *TRI-TAC* pracuje w czasie rzeczywistym. Przeznaczona jest do kontroli jakości łączy oraz prognozowania, automatycznej lokalizacji i alarmowania o wystąpieniu uszkodzeń. Obieg informacji w podsystemie sterowania i kontroli zapewniają wydzielone odpowiednio do struktury sieci łącza. Informacje o stanie technicznym urządzeń są zbierane przez zespół środków wspomagających i przekazywane przez zespół sterowania węzłem łączności w postaci meldunków do wyższego szczebla, gdzie na podstawie uzyskiwanych danych wypracowywane są odpowiednie, stosowne do sytuacji, decyzje przekazywane w postaci komend sterowania do podległych zespołów środków wspomagających. W skład sieci sterowania i kontroli wchodzi:

- zespół planowania łączności CSPE (*ang. Communications System Planning Element*);
- zespół sterowania systemem łączności CSCE (*ang. Communications System Control Element*);
- zespół sterowania węzłem łączności CNCE (*ang. Communications Nodal Control Element*);
- zespół środków wspomagających CESE (*ang. Communications Equipment Support Element*).

Zadaniem **zespołu planowania łączności** jest zbieranie, gromadzenie i analizowanie informacji niezbędnych do projektowania architektury systemu w różnych wariantach. Zespół formułuje także zadanie dla zespołów planowania niższych szczebli.

Zespół sterowania systemem łączności (AN/TYQ-16) jest przeznaczony do nadzorowania i sterowania systemem łączności lub jego częścią w celu zapewnienia optymalnych warunków funkcjonowania i efektywnego wykorzystania środków łączności. Swoje funkcje spełnia za pośrednictwem zespołów sterowania systemem łączności niższych szczebli, będąc podporządkowany jednocześnie zespołowi planowania łączności. W skład zespołu wchodzi urządzenie zobrazowania informacji, pamięci do przechowywania bazy danych, komputer, sprzęt utajnający i środki łączności. W typowym układzie zespół współpracuje z ośmioma węzłami łączności oraz z sąsiednimi zespołami sterowania, nadzorującymi pracę innych części systemu. W sytuacjach szczególnych (awaryjnych) zespół może kontrolować pracę 16 węzłów łączności.



Rys. 2.9. Model systemu łączności TRI-TAC

Zespół sterowania węzłem łączności (AN/TSQ-111) jest przeznaczony do sterowania i zarządzania środkami łączności znajdującymi się w węźle łączności. Przydziela kanały abonentom węzła, steruje zdalnie pracą środków łączności oraz kontroluje jakość kanałów. W systemie sterowania podlega zespołowi sterowania systemem łączności, któremu przekazuje informacje o stanie łączności realizowanej przez swój węzeł. Środki techniczne zespołu umożliwiają zautomatyzowane wykorzystywanie połączeń obwodów, sprawdzanie ich jakości i regulację, wyłączanie obwodów uszkodzonych, przydzielanie obwodów użytkownikom, a także rejestrację ruchu. Zespół za pośrednictwem odpowiednich urządzeń realizuje zwielokrotnienie i utajnianie kanałów grupowych. Komputer zespołu sterowania węzłem współpracuje z procesorem centrali AN/TTC-39.

Zespoły środków wspomagających są zakończeniem sieci sterowania i znajdują się we wszystkich ważniejszych elementach systemu (centralach, stacjach radioliniowych). Są przeznaczone do wykonywania komend otrzymywanych z nadrzędnych zespołów sterowania węzłem łączności, przesyłania do nich informacji o pracy urządzeń w których się znajdują.

2.4.3. Sprzęt komutacyjny

W systemie TRI-TAC występują dwa typy central komutacyjnych - węzłowe automatyczne centrale analogowo-cyfrowe i centrale niższego rzędu. Centrale węzłowe były tym elementem, na bazie którego dokonano płynnego przejścia z techniki analogowej na cyfrową. Zaplanowane zostały dla 300 i 600 łączy. Centrale te udostępniają abonentom następujące usługi:

- pięć poziomów priorytetów;
- programowane połączenia konferencyjne (do 20 zespołów);
- połączenia okólnikowe (do 30 abonentów);
- skrócone wybieranie;
- stałe połączenia (do 40 abonentów);
- stałe kierowanie dla abonentów ruchomych;
- cechowanie abonentów specjalnych;
- notowanie informacji do późniejszego przekazania.

Węzłowe, automatyczne centrale analogowo-cyfrowe (AN/TTC-39) są podstawowymi urządzeniami komutacyjnymi realizującymi zamianę modułów pól komutacyjnych analogowych (komutacja przestrzenna) na cyfrowe (komutacja czasowa) i odwrotnie. Liczba modułów obu typów może być zmieniana w czasie eksploatacji w miarę zmian zachodzących w technice transmisyjnej. Realizacja połączeń mieszanych spowodowała konieczność przemiany w centrali sygnałów analogowych na cyfrowe o modulacji delta i odwrotnie. Operacja ta odbywa się w konwerterach, a ich istnienie w torze transmisyjnym uniemożliwia wykorzystanie łączy do transmisji danych, tak jak w sieci wyłącznie cyfrowej. Centrala charakteryzuje się następującymi parametrami:

- czas oczekiwania na sygnał przedwybiórczy mniej niż 1 s;
- możliwość obsługi abonentów przy natężeniu ruchu do 180 Erlangów;
- czas zestawienia połączeń międzycentralowych mniej niż 0,5 s;
- liczba realizowanych połączeń podczas największego ruchu 5000 - 7500;
- prawdopodobieństwo wystąpienia blokady 10^{-3} ;
- stała siedmio lub dziesięciocyfrowa numeracja abonentów;
- połączenia dwutorowe.

Centrala wyposażona jest w:

- pamięć magnetyczną;
- monitor ekranowy;
- urządzenie wejścia przeznaczone do wprowadzania programów i modyfikacji bazy danych.

Wyposażenia zakończeń cyfrowego pola komutacyjnego centrali są przeznaczone do:

- pojedynczych przyłączy 16 lub 32 kbit/s;
- pojedynczych przyłączy analogowych;
- cyfrowych kanałów grupowych zawierających 8-144 zwielokrotnionych czasowo kanałów 16 lub 32 kbit/s.

Na szczeblu taktycznym występują centrale telefoniczne niskiego szczebla ULCS (*ang. Unit Level Circuit Switchboard*) oraz centrale telegraficzne niskiego szczebla ULMS (*ang. Unit Level Message Switchboard*). Centrale telefoniczne są centralami cyfrowymi, z szeregowaniem wewnętrznym i wewnętrznym układem zwielokrotnienia czasowego. Obwody abonenckie w układzie dwutorowym umożliwiają współpracę z cyfrowymi aparatami telefonicznymi z utajnianiem DSVT (*ang. Digital Secure Voice Telephon*). Centrala taka ma pojemność 75/100 linii i jest instalowana w kontenerze przystosowanym do różnych sposobów transportu. Centrale telegraficzne są obecnie wycofywane z powodu wprowadzenia urządzeń faksymilograficznych.

2.4.4. Sprzęt transmisyjny

Sprzęt transmisyjny w systemie TRI-TAC - to głównie urządzenia radioliniowe. Wielokanałowe łącza dalekosiężne budowane są za pomocą stacji troposferycznych i stacji satelitarnych. Wyeliminowano dalekosiężne kable polowe. Do łączności wewnętrznej i międzyelementowej na węzłach oraz pomiędzy węzłami i stacjami radioliniowymi dalekiego zasięgu, a także pomiędzy węzłem i pobliskimi stanowiskami dowodzenia zamiast kabli wieloparowych wykorzystuje się urządzenia radioliniowe bliskiego zasięgu pracujące w paśmie 14-15 GHz *ML* (*ang. Mini Link*).

Stacje troposferyczne (AN/TRC-170 [V1, V2, V3] i ich nowsze wersje) różnią się między sobą mocami nadajników, a pozostałe podzespoły są identyczne. Mogą być wykorzystywane jako stacje horyzontowe przy zmniejszeniu mocy nadajnika do kilku watów. Ich urzą-

dzenia radiowe zapewniają transmisję cyfrową z szybkością do 2048 kbit/s, co daje 128 kanałów 16 kbit/s lub 64 kanały 32 kbit/s. Praktycznie w systemie łączności wykorzystuje się 60 lub 120 kanałów operacyjnych. Wersja V1 jest wyposażona we wzmacniacz mocy 10 kW i system anten parabolicznych o średnicy 5 m. Wersja V2 i V3 posiada wzmacniacze mocy 2 kW i antenę o średnicy 3 m. Anteny umieszczone są na masztach 3,5 lub 5 m.

Wysoką wierność transmisji strumienia cyfrowego 2048 kbit/s uzyskano dzięki zastosowaniu dodatkowego modemu adaptacyjnego, odpornego na oddziaływanie szybkich zaników sygnału nośnego. Wersje V1 i V2 są instalowane w kontenerach S-280, natomiast wersja V3 - w kontenerze S-250 umieszczonym na samochodzie ciężarowym, ciągnącym przyczepę z systemem antenowym. Stacje troposferyczne pracują w zakresie częstotliwości od 4,4 do 5 GHz. Zasięg łączności na jednym odcinku transmisyjnym wynosi od 160 do 320 km i zależy od wersji stacji, kąta elewacji anten, szybkości transmisji i stanu troposfery.

Urządzenia radioliniowe bliskiego zasięgu ML (ang. Mini Link) są przeznaczone do zestawiania relacji między węzłami łączności i stacjami troposferycznymi, a także wewnątrz węzłów do łączności między elementami węzłów i stanowiskami dowodzenia. Urządzenia te pracują w zakresie częstotliwości 14-15 GHz z szybkością transmisji 18,72 Mbit/s i zasięgu 8 km lub 9,36 Mbit/s i zasięgu 16-20 km. Urządzenia - w zależności od potrzeb - kompletowane są w zestawy horyzontowych stacji radioliniowych i montowane w przyczepach samochodowych.

W systemie TRI-TAC stosowane są z powodzeniem **terminale satelitarne** do zestawiania dalekosiężnych traktów satelitarnych. Na zamówienie sił lądowych opracowano nowe typy stacji satelitarnych pracujących w zakresie 7,25 - 8,4 GHz. Są to: mobilna AN/MSC-59 oraz przewoźne AN/TSC - 85 V1 i AN/TSC-85 V2, a także stosowana na szczeblu taktycznym AN/PSQ-1.

System TRI-TAC zakłada możliwość wykorzystania do międzywęzłowych połączeń dalekosiężnych wielokanałowych urządzeń retransmisyjnych umieszczonych na pokładach satelitów i stacji satelitarnych. Systemy te udostępniają użytkownikom kanały o szerokości 25 kHz potrzebne do pracy z szybkością 16 kbit/s.

2.4.5. Urządzenia zwielokrotniające

Grupowe urządzenia zwielokrotniające DGM (ang. Digital Group Multiplexers) są rodziną urządzeń o zwielokrotnieniu czasowym i współpracują z urządzeniami do transmisji sygnałów po torach przewodowych. Urządzenia te są przystosowane do instalowania w centralach, stacjach radioliniowych i satelitarnych, a także występują jako urządzenia samodzielne. Wszystkie urządzenia DGM, oprócz regeneratora impulsów i zespołu pomiarowego mają wbudowane układy sygnalizacji awarii.

W zestawie urządzeń zwielokrotniających znajdują się:

- wynośne liniowe urządzenie zwielokrotniające RLGM (*ang. Remate Loop Group Multiplexer*), przeznaczone do łączenia 4 kanałów abonenckich 16 lub 32 kbit/s w grupę pierwotną 72 lub 144 kbit/s;

- wynośne liniowo - grupowe urządzenie zwielokrotniające RMC (*ang. Remate Multiplexer Combiner*), przeznaczone do łączenia grupy pierwotnej 72; 128; 144; 256 lub 288 kbit/s przychodzącej z innego RMC lub RLGM w jedną większą grupę, której przepływność wynosi 256; 288; 512 lub 576 kbit/s;

- liniowe urządzenie zwielokrotniające LGM (*ang. Loop Group Multiplexer*), przeznaczone do zestawiania 7; 8; 15 lub 16 kanałów indywidualnych w grupę pierwotną;

- grupowe urządzenie zwielokrotniające TGM (*ang. Trunk Group Multiplexer*), przeznaczone do łączenia 2, 3 lub 4 grup pierwotnych w jedną grupę wtórną albo retransmisji pojedynczych grup pierwotnych;

- główne urządzenie zwielokrotniające MGM (*ang. Master Group Multiplexer*) jest urządzeniem synchronicznym łączącym do 12 grup pierwotnych w jedną dużą grupę wtórną 9,36 lub 18,72 Mbit/s.

Oprócz ww. wyszczególnić należy również: wzmacniacz kablowy CDM (*ang. Cable Driver Modem*), modem grupowy GM (*ang. Group Modem*), regeneratory impulsów (*ang. Pulse Restorer*) i kablowy zespół pomiarowy COU (*ang. Cable Orderwrite Unit*).

2.4.6. Urządzenia abonenckie

W systemie TRI-TAC przewidziano możliwość wykorzystania następujących urządzeń abonenckich:

- urządzenia wejściowe korespondentów radiowych NRI (*ang. Net Radio Interface*);
- zestaw urządzeń abonentów ruchomych MSE (*ang. Mobile Subscriber Equipment*);
- cyfrowe urządzenia faksymilowe TDF (*ang. Tactical Digital Facsimile*);
- urządzenia transmisji danych DA (*ang. Data Adapter*);
- cyfrowe aparaty telefoniczne.

Urządzenie wejściowe korespondentów radiowych NRI, inaczej zwane przystawkami radiowo-przewodowymi RWI (*ang. Radio Wive Integration*) umożliwiają włączanie się abonentów mobilnych wyposażonych w simpleksowe radiostacje pola walki do sieci łączności TRI-TAC i uzyskiwanie połączeń z innymi abonentami sieci. Ten system radiodostępu jest znany w nomenklaturze NATO jako SCRA (*ang. Single Channel Radio Access*). Urządzenia NRI są wykorzystywane głównie przez dowódców pododdziałów działających w strefie styczności z przeciwnikiem, a także przez ważniejsze osoby funkcyjne w czasie zmiany miejsca postoju. W programie rozwoju urządzeń NRI przewidziano dwa typy sprzętu: bazowe radiowo - przewodowe urządzenia dopasowujące BNRID (*ang. Basic NRI Device*) o symbolu C-6709/G oraz utajnijące cyfrowe radiowo-przewodowe urządzenie dopasowujące SDNRID

(ang. *Secure Digital NRI Device*) o symbolu *KY-90*. Pierwsze z urządzeń tych typów służy do zapewnienia łączności między abonentami central analogowych i użytkownikami radiostacji pola walki za pośrednictwem operatora centrali. Natomiast drugi typ urządzenia jest przystosowany do współpracy z centralami cyfrowymi *TRI-TAC* i zapewnia realizację połączeń w ruchu całkowicie zautomatyzowanym. Ogólna koncepcja systemu polega na wykorzystaniu w punkcie radiodostępu radiostacji simpleksowej przyłączonej do centrali telefonicznej poprzez przystawkę *RWI*.

Zestaw urządzeń abonentów ruchomych *MSE* stał się obecnie swego rodzaju systemem łączności (telefonicznej, faksymilograficznej, fototelegraficznej i transmisji danych), będącym uzupełnieniem systemu *TRI-TAC*. Jest on przeznaczony dla abonentów mobilnych, wyposażonych w radiostacje dwupleksowe *UKF*. Śledząc rozwój *MSE* można stwierdzić, że jest to system łączności o właściwościach systemu telefonii komórkowej. Wdrożenie *MSE* pociągnęło za sobą zasadnicze zmiany w organizacji łączności na szczeblach operacyjnych i taktycznych polegające na tym, że funkcjonujący posiadający odpowiednie terminale radiowe są abonentami systemu uwzględnionymi w ogólnej numeracji abonentów, a ich potrzeby w zakresie zestawiania połączeń traktowane są tak samo jak innych abonentów systemu *TRI-TAC*. System *MSE* jest niezwykle mobilny i elastyczny co sprzyja wykorzystywaniu go w różnych warunkach dynamicznego pola walki, dlatego jego charakterystyka będzie podana w dalszej części opracowania.

Cyfrowe urządzenia faksymilograficzne szczebla taktycznego *TDF* są przeznaczone do szybkiego przekazywania kopii różnego rodzaju dokumentów (w tym także sytuacji bojowej na mapach) poprzez kanały cyfrowe 16 lub 24 kbit/s. Są to urządzenia faksymilograficzne grupy 3 i 4 zapewniające przesyłanie dokumentów o czarnej i białej gradacji odcieni, z odcieniami pośrednimi (do 16) ustawianymi skokowo. Ich cechą jest zdolność do redukcji informacji nadmiarowych przy pomocy układów kompresji, co pozwala skrócić czas transmisji obrazów tekstowych około pięciokrotnie, a fotografii - trzykrotnie. Urządzenia *TDF* są wykorzystywane jako aparaty autonomiczne lub w zestawach telegraficznych urządzeń abonenckich, tzw. modułowych centrach szczebla taktycznego, gdzie zastąpiły klasyczną telegrafię.

Urządzenia transmisji danych *DA* zapewniają pracę w systemie *TRI-TAC* innym urządzeniom i podsystemom informatycznym o małej szybkości transmisji. Wdrożono z powodzeniem urządzenia *DA* z korekcją błędów. W związku z tym, że obecnie w systemie zapewniona jest głównie transmisja cyfrowa, to urządzenia te są wykorzystywane w ograniczonym zakresie.

Cyfrowe aparaty telefoniczne stanowią zakończenia abonenckich linii telefonicznych. Występują w wersjach z modułem i bez modułu utajniającego sygnał mowy. Obecnie wykorzystuje się aparaty *ANDVT* (ang. *Advanced Narrowband Digital Voice Terminal*) wyposażone w układy konwersji sygnałów mowy, co daje znaczne zawężenie pasma wyjściowego.

Amerykanie stosują także jednokanałowy naziemny i lotniczy system radiowy *SINGARS* (ang. *Signal Channel Ground and Airband Radio System - VHE*). Jest to simpleksowy system radiowy zapewniający bezpieczną transmisję sygnałów mowy, transmisję danych i obrazów. System ten - oparty na technice skaczących częstotliwości (ang. *FH*) - jest wykorzystywany na szczeblu batalionu.

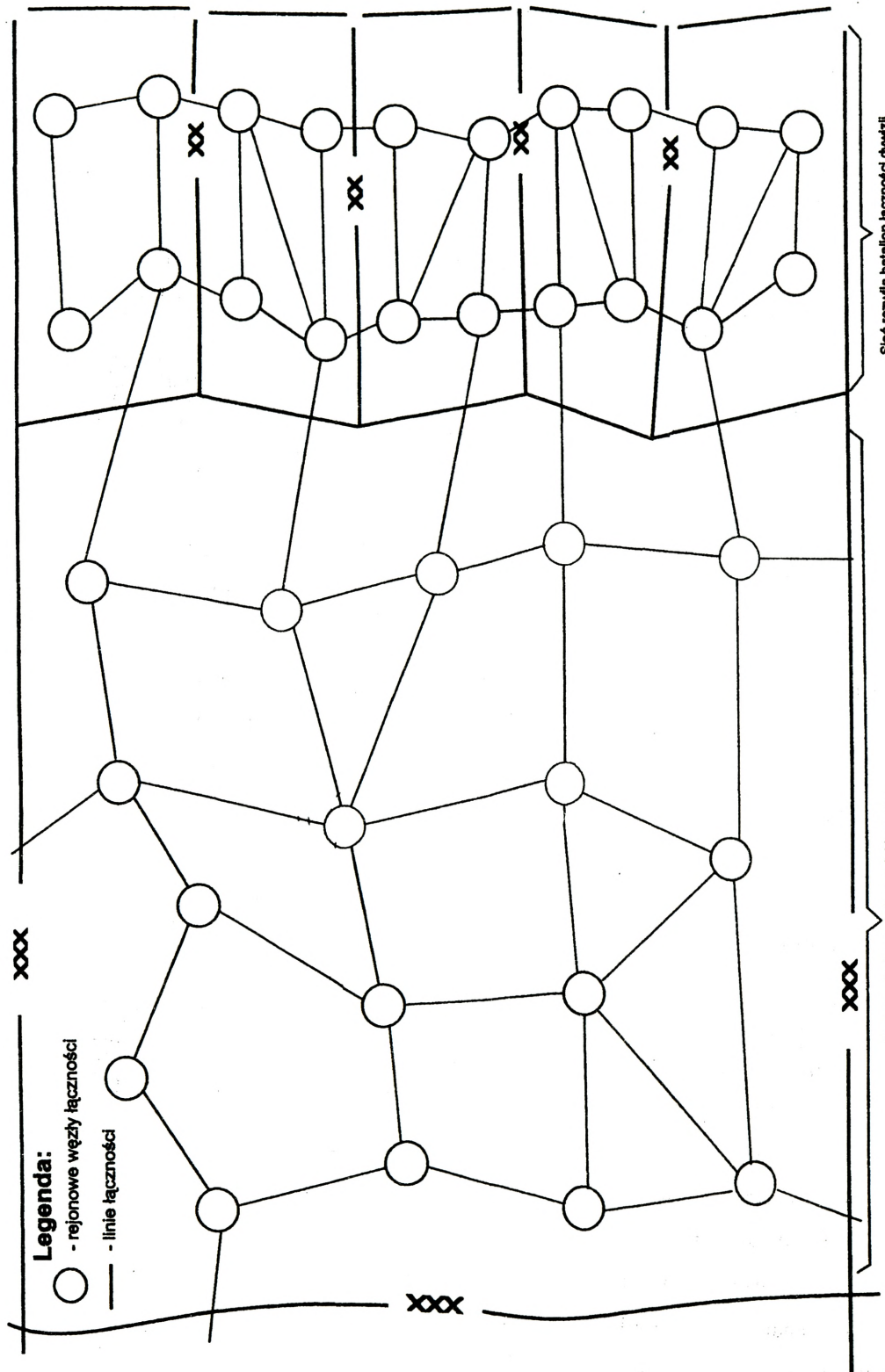
Rodzina *SINGARS-V* stanowi pięć wersji radiostacji noszonych i pokładowych przystosowanych do pracy w zakresie częstotliwości 30-88 MHz z modulacją (kluczowaniem) częstotliwości nośnej i jej skokową zmianą do 200 razy na sekundę. Radiostacje zapewniają zarówno transmisję analogową, jak i cyfrową oraz współpracują z radiostacjami starszej generacji.

2.5. System łączności abonentów mobilnych wojsk lądowych Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej (MSE)

System łączności abonentów mobilnych MSE (ang. *Mobil Subscriber Equipment*) na potrzeby wojsk (korpusu i dywizji) Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej został wprowadzony na początku lat dziewięćdziesiątych. Pod względem struktury organizacyjnej jest to powszechnie stosowany w armiach państw NATO „rejonowy system łączności”. Istota jego organizacji polega na rozwinięciu w pasie działania związku operacyjnego lub taktycznego określonej sieci telekomunikacyjnej, do której dowiązują (przyłączają) się wszystkie stanowiska dowodzenia i ważniejsze osoby funkcyjne znajdujące się poza stanowiskami dowodzenia.

Najważniejszą częścią sieci telekomunikacyjnej systemu MSE są tzw. **rejonowe węzły łączności**. Węzły te określane są również jako sieciowe, podstawowe lub siatkowe (ang. *Node Center NC*). Węzły rejonowe połączone są między sobą za pomocą horyzontowych linii radiowych (ang. *Line of Sight LOS*). Każdy węzeł rejonowy połączony jest za pomocą linii radiowych z 3-4 sąsiednimi węzłami rejonowymi. W pasie działania korpusu (w składzie 5 dywizji) może być rozwiniętych do 42 węzłów rejonowych. Przykładowa sieć telekomunikacyjna na systemie MSE w pasie działania korpusu przedstawiona jest na rysunku 2.10.

Rejonowe węzły łączności są „duszą” systemu. Każdy węzeł posiada w swoim składzie centralę, stacje radioliniowe (ilość zależy od miejsca węzła w systemie), aparaturę radiodostępu i aparaturę kierowania. Elementy te dysponują autonomicznymi źródłami zasilania (generatorami prądowymi). Centrala węzła rejonowego AN/TTC-47 składa się z aparatury ON-306/TTC-47 (łącznica) i aparatury sterowania OL-413/TTC-47. Centrala rejonowego węzła łączności umożliwia przyłączenie szesnastu traktów cyfrowych (magistrali), w tym cztery od innych NC, sześć od dużych węzłów łączności stanowisk dowodzenia, dwa od aparatury radiodostępu oraz cztery uniwersalne wykorzystywane, zgodnie z aktualnymi potrzebami na danym węźle. Centrala węzła rejonowego posiada również wyposażenie umożliwiające funkcjonowanie w systemie MSE sieci transmisji pakietowej (dwa porty do



Sieć rozwija batalion łączności dywizji
 Ilość urządzeń radiolinowych w korpusie: 1005 urządzeń na 335 aparatowłoch;
 - na 34 węzłach rejonowych (bazowych) po 12 urządzeń, razem 408 urządzeń,
 - na 199 węzłach stanowisk dowodzenia po 3 urządzenia na każdym, razem 597.

Sieć rozwija brygada łączności korpusu

Rys.2.10. Sieć telekomunikacyjna systemu MSE w pasie działania korpusu USA

przyłączenia lokalnych sieci komputerowych). Wszystkie centrale pracujące na węzłach łączności systemu *MSE* wyposażone są w urządzenia umożliwiające organizowanie kanałów 64 kbit/s na potrzeby sieci transmisji pakietowej. Ponadto centrala może obsługiwać 24 lokalne terminale abonenckie. Do każdego węzła rejonowego można przyłączyć („przywiązać”) za pomocą horyzontowych linii radiowych węzły łączności stanowisk dowodzenia rozmieszczone w najbliższym obszarze.

W systemie *MSE* występują dwa typy **rejonowych węzłów łączności** (NC) przeznaczonych do obsługi stanowisk dowodzenia. Pierwszy, zapewniający łączność stanowiskom dowodzenia wyższego szczebla (SD dywizji i wyżej) - nazywany jest **dużym węzłem LEN** (ang. *Large Extension Node*). Drugi, zapewniający łączność stanowiskom dowodzenia niższego szczebla, nazywany jest **małym węzłem SEN** (ang. *Small Extension Node*).

Duży węzeł posiada w swoim składzie centralę, stację radioliniową, aparatownię radiodostępu, aparatownię kierowania i wóz kablowy. Centrala dużego węzła stanowiska dowodzenia AN/TTC-46 składa się, podobnie jak centrala węzła rejonowego, z aparatowni ON-305/TTC-46 i aparatowni OL-412/TTC-46. Centrala ta umożliwia przyłączenie trzech traktów cyfrowych, w tym do dwóch różnych węzłów rejonowych oraz do małego węzła łączności (SEN). Wyposażenie sieci transmisji pakietowej w centrali AN/TTC-46 obejmuje dwie centrale komutacji pakietów, porty do przyłączenia czterech lokalnych sieci komputerowych oraz siedem komputerów (protokół X.25). Centrala może obsługiwać 164 terminale abonenckie. W wyposażeniu centrali dużego węzła stanowiska dowodzenia znajdują się urządzenia tzw. radiodostępu simpleksowego, które umożliwiają współpracę systemu *MSE* z użytkownikami radiostacji pola walki. Duży węzeł stanowiska dowodzenia dowiązany jest do dwóch węzłów rejonowych.

Mały węzeł posiada w swoim składzie centralę i stację radioliniową. Centrala małego węzła stanowiska dowodzenia AN/TTC-48 umożliwia przyłączenie jednego traktu cyfrowego od węzła rejonowego lub dużego węzła stanowiska dowodzenia. Wyposażenie sieci transmisji pakietowej tej centrali obejmuje jedną centralę komutacji pakietów, porty umożliwiające przyłączenie dwóch lokalnych sieci komputerowych oraz pięć komputerów (protokół X.25). Centrala AN/TTC-48, w zależności od wersji, może obsługiwać 26 (V1) lub 41 (V2) terminali abonenckich. Centrala ta zapewnia również współpracę z radiostacjami pola walki. Mały węzeł stanowiska dowodzenia dowiązany jest za pomocą linii radiowej do węzła rejonowego lub do dużego węzła stanowiska dowodzenia.

Wszystkie centrale pracujące w systemie *MSE* posiadają urządzenia umożliwiające współpracę z sieciami telekomunikacyjnymi znajdującymi się w rejonie działań.

W celu zapewnienia łączności dowódcom (osobom funkcyjnym) przebywającym poza stanowiskami dowodzenia, w systemie *MSE* wykorzystywane są *aparatownie radiodostępu* (ang. *Radio Access Unit*) oraz *terminal abonenta ruchomego* (ang. *Mobile Subscriber Radio Telephone Terminal*). Każda osoba funkcyjna, posiadająca terminal abonenta ruchomego ma

zapewnioną łączność z dowolnym abonentem własnego systemu lub systemu współpracującego. Aparatownie radiodostępu (RAU) wchodzi w skład węzłów rejonowych oraz w skład dużych węzłów stanowisk dowodzenia. Ponadto w celu dokładnego pokrycia pasa działania korpusu siecią łączności abonentów ruchomych rozwijane są *odosobnione aparatownie radiodostępu* (ang. *Remote RAU*). Aparatownia radiodostępu (AN/TRC-191) zapewnia jednoczesne prowadzenie rozmowy (kanał 16 kbit/s, pełny duplex) przez ośmiu abonentów wyposażonych w terminale abonenta ruchomego. Zasięg łączności dla tych abonentów wynosi 15 km od aparatowni radiodostępu. Maszt antenowy aparatowni ma wysokość 15 m. Aparatownia wykorzystuje zakres częstotliwości 30-80 MHz. Pasma częstotliwości podzielone jest na podzakres górny i dolny. Nadawanie sygnałów informacyjnych od stacji ruchomej do aparatowni radiodostępu odbywa się w paśmie dolnym (ang. *Up Link*), a od aparatowni radiodostępu do stacji ruchomej w paśmie górnym (ang. *Down Link*). Aparatownia umożliwia przyjęcie jednego traktu cyfrowego od węzła rejonowego lub od dużego węzła stanowiska dowodzenia. Jeżeli aparatownia pracuje jako samodzielny węzeł radiodostępu (ang. *Remote RAU*), wówczas przyłączona jest do węzła łączności NC lub SEN za pomocą linii radiowej. Połączenia pomiędzy stacją radiolinia i aparatownią radiodostępu (na samodzielnym węźle radiodostępu) oraz pomiędzy aparatownią radiodostępu i centralą (na węźle łączności) wykonywane są za pomocą kabla koncentrycznego.

W systemie MSE wykorzystywane jako urządzenia transmisyjne stacje radioliniowe typu AN/TRC-190. Standardowe wyposażenie stacji składa się z dwóch urządzeń radioliniowych AN/GRC-226 oraz jednego AN/GRC-224. Konstrukcja stacji umożliwia jej dokompletowanie dodatkowymi urządzeniami radioliniowymi.

Urządzenie radioliniowe AN/GRC-226 wykorzystywane jest jako środek teletransmisyjny do połączeń międzywęzłowych. Pracuje w dwóch zakresach częstotliwości:

- I. 225-400 MHz;
- II. 1350-1850 MHz.

Długość odcinka transmisyjnego wynosi 25-30 km.

Urządzenie radioliniowe AN/GRC-224 jest używane na węzłach łączności stanowisk dowodzenia w celu sprowadzania traktów cyfrowych ze stacji radioliniowych do central (ang. *Down The Hill Radio*). Wykorzystywany zakres częstotliwości wynosi 14,5-15,35 GHz, a długość odcinka transmisyjnego - 5-8 km przy antenie zawieszony na maszcie 9 m.

Do doprowadzania traktów cyfrowych od stacji radioliniowych do central węzłów łączności stanowisk dowodzenia z zasady wykorzystywane są kable koncentryczne o długości około 450 m. Jeżeli odległość pomiędzy stacją radioliniową a centralą jest większa lub gdy rozwinięcie kabla z innych przyczyn nie jest możliwe, wówczas trakty doprowadzane są za pomocą mikrofalowej linii radiowej.

Stacje radioliniowe AN/TRC-190 mają w swoim wyposażeniu, z przeznaczeniem dla urządzenia radioliniowego AN/GRC-226, maszty antenowe o wysokości 30 i 15 m. Maszty

30 m wykorzystywane są z reguły w czasie pracy stacji na rejonowym węźle łączności. Stacje radioliniowe *AN/TRC-190* występują w czterech wersjach w zależności od miejsca w systemie: *V1* - do pracy na małych węzłach stanowisk dowodzenia (*SEN*) i do współpracy z aparatowniami radiodostępu, *V2* - do zapewnienia współpracy z siecią analogową, *V3* - do pracy na węzłach rejonowych, *V4* - do pracy na dużych węzłach stanowisk dowodzenia. Poszczególne wersje różnią się urządzeniami dopasowującymi (interfejsami).

Abonenci pracujący na stanowiskach dowodzenia wyposażeni są w abonenckie **terminale nieutajnione** *DNVT* (ang. *Digital Non-Secure Voice Terminal*), natomiast abonenci ruchomi - w abonencki terminal utajniony *DSVT* (ang. *Digital Sudscriber Voice Terminal*). Oba terminale pracują w kanale 16kbit/s i spełniają funkcje aparatu telefonicznego, a ponadto posiadają port umożliwiający przyłączenie komputera lub telefaksu. Terminal *DSVT* posiada również blok utajniający, który zapewnia utajnianie wiadomości, ponieważ przeznaczony jest on dla abonentów ruchomych pracujących poza strefą chronioną. Każdy abonent systemu *MSE* ma przydzielony stały siedmiocyfrowy numer, którym posługuje się w całym obszarze sieci korpusu. Przy zmianie miejsca pracy obowiązkiem abonenta jest rejestrowanie się na nowym węźle łączności.

Do utajniania wiadomości w systemie *MSE* zastosowano dwa sposoby:

- utajnianie grupowe - każdy trakt cyfrowy wychodzący z węzła łączności jest utajniony;
- utajnianie indywidualne - każdy abonent pracujący poza strefą chronioną (abonenci ruchomi) wyposażony jest w terminal z blokiem utajnającym.

W celu zapewnienia łączności stanowiskom dowodzenia korpusu z przełożonymi i współdziałającymi dowództwami szczebla operacyjnego i strategicznego system *MSE* umożliwia wejście do sieci łączności satelitarnej. Do centrali rejonowego węzła łączności może być przyłączona taktyczna stacja łączności satelitarnej typu *AN/TSC-85A* lub *AN/TSC-93A*.

System *MSE* jest przykładem kompleksowego rozwiązania problematyki wymiany informacji stosownie do wymogów współczesnego pola walki i na miarę aktualnych możliwości technicznych. Jest to jednak przedsięwzięcie bardzo kosztowne. O jego skali świadczy fakt, że system *MSE* dla jednego korpusu - to ponad 1000 pojazdów i około 1000 przyczep. Załoga jednego pojazdu liczy 3-4 żołnierzy. Koszt wdrożenia systemu *MSE* do wszystkich korpusów wojsk lądowych armii USA wyniósł ok. 4,5 mld dolarów.

System *MSE* rozwijany jest siłami **batalionów łączności dywizji oraz dwóch batalionów ze składu korpusnej brygady łączności**. Organizacyjnie batalion składa się ze sztabu i trzech kompanii. W skład sztabu wchodzi między innymi komórki planowania, zarządzania i kontroli pracy systemu (*System Control Center*). Dwie kompanie (*A* i *B*) przeznaczone do rozwijania rejonowej sieci telekomunikacyjnej w pasie działania dywizji, nazywane są **kompaniami rejonowymi** (*Area Company*). Każda kompania rejonowa ma w swoim składzie dwa plutony, z których każdy posiada 1 komplet urządzeń łączności rejonowego węzła (*NC*), 4 komplety urządzeń małych węzłów stanowisk dowodzenia (*SEN*), 2 aparatownie radiodostępu, 9 stacji

radioliniowych. Trzecia kompania przeznaczona jest do zapewnienia łączności dla stanowisk dowodzenia dywizji i posiada w wyposażeniu 1 komplet urządzeń dużego węzła stanowiska dowodzenia (*LEN*), 1 aparaturę radiodostępu i 2 stacje radioliniowe.

Ogółem wyposażenie batalionu łączności dywizji składa się z 4 kompletów urządzeń rejonowych węzłów łączności (*NC*), 1 kompletu dużego węzła łączności stanowiska dowodzenia (*LEN*), 16 kompletów małych węzłów łączności stanowisk dowodzenia (*SEN*), 9 aparatów radiodostępu (*RAU*), 38 urządzeń radioliniowych (w tym 16 mikrofalowych).

System MSE korpusu (w składzie 5 dywizji) obejmuje 42 węzły rejonowe, 9 dużych węzłów stanowisk dowodzenia, 244 małe węzły łączności stanowisk dowodzenia, 92 aparaty radiodostępu, 10 centrów zarządzania systemem. System taki pozwala zapewnić łączność dla 8092 abonentów pracujących na stanowiskach dowodzenia (przyłączonych przewodowo) oraz dla 1900 abonentów ruchomych (wyposażonych w radiotelefoniczny terminal abonentki). Sieć transmisji pakietowej systemu MSE zapewnia wymianę danych pomiędzy mikrokomputerami w maksymalnej liczbie 16437.

ZAKOŃCZENIE

Poddane badaniom systemy łączności sił zbrojnych wybranych państw NATO łączy wspólny cel ich działania. I choć każde państwo pragnie zagwarantować swoim siłom zbrojnym doskonałe narzędzie komunikowania się dowództw i sztabów na wszystkich szczeblach dowodzenia, to jakość eksploatacyjna utrzymywanych systemów łączności nie zawsze zadowala organa dowodzenia. Pomimo, że wojska spędzają większość czasu w rejonach stałej dyslokacji i wykorzystują stacjonarne systemy łączności, to jednak ich nadrzędnym zadaniem jest doskonalenie zdolności bojowych w warunkach militarnego zagrożenia państwa, w działaniach mobilnych. Wiąże się to z koniecznością organizowania systemów łączności w ślad za wojskami wychodzącymi na przykoszarowe obiekty ćwiczeń i odległe poligony. Udział „łączności” w ćwiczeniach jest podstawowym sprawdzianem efektywności bojowej systemów łączności. W takim kontekście, to znaczy przy uwzględnieniu warunków stacjonarnych i warunków mobilnych podczas ćwiczeń były przeprowadzone badania mające ustalić strukturalno-funkcjonalne możliwości współpracy systemów łączności różnych państw.

Struktury organizacyjne systemów łączności różnych państw nie mają jednolitej formy. Podstawowa przyczyna tkwi w jakości technicznych urządzeń łączności stosowanych przez siły zbrojne danego państwa. Tam gdzie stosowało się i nadal stosuje się w dużej części analogowe urządzenia transmisyjne, łączność zapewniana jest w systemach, które nie mają ściśle określonej struktury. Trwałość tej struktury osiąga się głównie poprzez bieżące sterowanie ilością urządzeń rozwijanych na węzłach łączności i zapewnianie ciągłości funkcjonowania łączy międzywęzłowych. Dopiero urządzenia wykonane w technice cyfrowej pozwalają uporządkować zadania dla grup środków łączności i włączyć je do jednolitego systemu transmisji informacji. W zależności od stosunku liczbowego (mierzonego np. ilością kanałów transmisyjnych) urządzeń cyfrowych do analogowych użytych do budowy systemu, można mówić o prostych lub złożonych systemach wielobocznych. Tego typu systemy łączności, choć technologiczne możliwości wytwórcze pojedynczych typów urządzeń łączności są obecnie ogromne, dominują w siłach zbrojnych wszystkich badanych państw.

Rozpoczęty na początku lat dziewięćdziesiątych rozwój polskiej telekomunikacji jest wykorzystywany także dla doskonalenia infrastruktury telekomunikacyjnej na potrzeby obronności państwa. Wraz z rozwojem wojskowych stacjonarnych i polowych podsystemów łączności należy planować rozwinięcie niezawodnej, mobilnej i bezpiecznej sieci telekomunikacyjnej na okres zagrożenia państwa. Celem głównym takiego działania powinno być zbudowanie perspektywicznego systemu łączności dla wszystkich szczebli dowodzenia sił zbrojnych, który zapewni:

- niezawodną łączność dowodzenia i kierowania organizacjami wojskowymi w czasie po-

- niezawodną łączność Naczelnemu Wodzowi oraz wojskom operacyjnym podczas działań operacyjnych i taktycznych;

- wzajemną kompatybilność strukturalno-funkcjonalną w ramach wspólnych działań z siłami zbrojnymi NATO.

W wymiarze ogólnym, takie cele działania systemu łączności osiągnie się poprzez:

- budowę zintegrowanego podsystemu łączności jawnej i utajnionej;

- wdrożenie jednolitego podsystemu transmisji danych;

- wdrożenie podsystemu radiowej łączności cyfrowej;

- wdrożenie zintegrowanej sieci szerokopasmowej kompatybilnej z perspektywicznym Krajowym Systemem Łączności.

Analiza funkcjonujących systemów łączności w siłach zbrojnych głównych państw NATO potwierdza ten kierunek działania. Aby można było mówić o interoperacyjności systemu łączności SZ RP z systemami NATO, należy ukierunkować prace na pełną automatyzację, cyfryzację i gwarantowane dwustopniowe utajnianie wiadomości w systemie łączności. Wprowadzanie kolejnych usług dla użytkowników systemu łączności powinno obejmować:

- *ruch automatyczny* pomiędzy abonentami i - jako zasadę - przydział abonentowi *stałego numeru funkcyjnego*,;

- automatyzację wyszukiwania abonenta w sieci - *transmisja do abonenta*, a nie do miejsca;

- *dużą przepustowość* systemu;

- *integrację usług*, tzn. komutację kanałów, wiadomości i pakietów, dzięki czemu można sprawnie przesłać informacje w systemie niezależnie od ich objętości;

- powołanie *centralnych ośrodków kierowania i nadzoru pracy* systemu;

- *siatkową strukturę sieci*, zapewniającą możliwość rekonfiguracji i rozbudowy systemu;

- możliwość przyłączenia do systemu wojskowego innych abonentów (sieci sojuszników wojskowych, sieci cywilnych lub resortowych);

- *uniwersalność struktury* na czas pokoju i wojny.

Do transmisji sygnałów powinny być wykorzystywane różnorodne media transmisyjne zarówno stacjonarne, jak i mobilne. Transmisja w kanałach powinna odbywać się z szybkością 32 kbit/s, natomiast abonenci powinni być sukcesywnie wyposażeni w cyfrowe aparaty telefoniczne, telefaksy, urządzenia transmisji danych (w całym przekroju zastosowań i wykonania), pracujące z szybkościami od 2,4 do 64 kbit/s) i punkty radiodostępu.

Prace dotyczące struktury organizacyjnej systemu łączności SZ RP powinny zmierzać w takim kierunku, aby składał on się z następujących elementów:

- bazowej sieci szczebla strategiczno-operacyjnego i taktycznego;

- radiowych sieci taktycznych oraz sieci obsługi abonentów mobilnych;

- lokalnych sieci komputerowych stanowisk dowodzenia LAN;

- rozległych sieci komputerowych WAN (związku operacyjnego i Naczelnego Wodza).

Baza techniczna takiego systemu łączności, powinna mieć możliwości eksploatacyjne zgodne ze standardem EUROCOM w systemach państw NATO. Wojskowe systemy łączności cyfrowej państw NATO charakteryzują się następującymi właściwościami:

- cyfrową komutacją kanałów;
- transmisją sygnałów zwielokrotnionych czasowo (TDM);
- podstawowym kanałem abonenckim (kanałem cyfrowym z modulacją DELTA) o przepływności 16 (32) kbit/s;
- kanałem międzycentralowym o przepływnościach: 128, 256, 512, 1024, 2048 kbit/s;
- transmisją danych realizowaną w sieciach z komutacją kanałów z szybkościami: 0.05, 2.4, 4.8, 9.6 kbit/s (zajmującą cały kanał o przepływności 16 kbit/s) lub w wydzielonych sieciach z komutacją pakietów;
- możliwością współpracy militarnych systemów łączności z publiczną siecią telekomunikacyjną (PSTN) oraz sieciami innych operatorów;
- podatnością wszystkich elementów systemu na zarządzanie;
- zastosowaniem rozpraszania widma sygnału w podsystemach łączności radiowej;
- tendencjami w przechodzeniu na wyższe pasma częstotliwości - VHF (3-300 MHz) i UHF (0,03-3 GHz), ze względu na małą użyteczność zakresu 3-30 MHz, który zapewnia szybkość transmisji tylko do 2.4 kbit/s;
- wzrostem pewności i bezpieczeństwa łączności abonentów ruchomych wraz z gwarancją dostępu do usług oferowanych abonentom stacjonarnym;
- wykorzystywaniem kabli światłowodowych jako standardowego medium transmisyjnego (dużą przepustowością łącza - osiągane są przepływności rzędu gigabitów na sekundę, duża wierność transmisji - elementowa stopa błędów rzędu 10^{-11} , dłuższe odcinki regenerowane - do 70 km, mała średnica i niewielka waga kabla, duże bezpieczeństwo transmitowanych informacji);
- automatyzacją elementów stanowisk dowodzenia opartą na koncepcji sieci LAN;
- dwustopniowym utajnianiem: indywidualnym - w urządzeniach końcowych i grupowym - na poziomie traktów międzywęzłowych;
- narodowym charakterem, z jednoczesnym, ścisłym powiązaniem ich z sieciami cywilnymi (własnymi);
- koordynacją prac projektowych różnych państw w zakresie opracowywania przez poszczególne rodzaje sił zbrojnych własnych koncepcji systemów dowodzenia i łączności, zapewniającą wzajemne ich współdziałanie.

Są to wymagania minimalne. Spełnienie ich gwarantuje pełne wykorzystanie sprawnego jeszcze sprzętu łączności wykorzystywanego przez wojska łączności SZ RP. Wymaga jednak przejściowo zainstalowania nowego oprogramowania sterującego procesami przepływu informacji. Jest to bardziej korzystne od jednorazowej, całościowej wymiany bazy sprzętowej.

Podobny sposób działania wykazały także czołowe państwa NATO, które testując system po wprowadzeniu innowacji projektowały równocześnie nowe jego części składowe.

Prace nad systemem dowodzenia, łączności i rozpoznania w państwach NATO wybiegają w daleką przyszłość. Z analizy dostępnych materiałów wynika, że w SZ RP należy brać pod uwagę przy projektowaniu systemu łączności następujące ustalenia dotyczące ich przyszłościowych systemów:

- standaryzację w ramach integracji systemowej w kierunku C3 (*Consultation Command and Control*) i C2CS (*Command and Control Comunication System*);

- rozszerzenie standardu EUROCOM (*EES - Enhanced Eurocom System*), w tym zwiększenie szybkości w łączach transmisji danych do 64 kbit/s, wprowadzenie nowych rodzajów usług, wyposażenie central z komutacją kanałów w moduły z komutacją pakietów;

- prace standaryzacyjne w odniesieniu do taktycznego systemu łączności po 2000 roku z wykorzystaniem techniki ATM (*Asynchronous Transfer Model*), która daje możliwość przydzielenia użytkownikom kanałów o takiej przepływności, jakiej wymaga żądana usługa, do której mają uprawnienia;

- opracowanie podsystemu łączności lokalnej LAS na SD korpusów, dywizji i brygad (*Local Area Subsystem*)³¹, którego usługami powinno być objętych około 200 osób funkcyjnych na SD korpusu;

- prace nad sieciami rozległymi (magistralnymi) WAS (*Wide Area Subsystem*), pokrywającymi obszar działań bojowych korpusu;

- opracowanie koncepcji podsystemu łączności użytkowników ruchomych MUS (*Mobile User Subsystem*);

- wyposażenie systemów łączności w automatyczne podsystemy obsługi wiadomości (MHS), zapewniające współpracę z systemami cywilnymi (przy wykorzystaniu protokołu X.400);

- ujednoczenie standardów systemów zarządzania (TMN) zgodnie z wymaganiami CCITT (usługa CMIS, protokoły CMIP);

- opracowanie jednolitej bazy danych dla systemów dowodzenia siłami zbrojnymi państw NATO;

- standaryzację systemu zabezpieczeń (TRANSEC - zabezpieczenie transmisji, COMESEC - zabezpieczenie informacji)³².

³¹Przewiduje się, że poszczególne sekcje stanowiska dowodzenia będą pracowały w rozproszeniu, w odległości ok. 1 km od siebie. Każda taka sekcja powinna być obsługiwana przez komutator ATM. Komutatory pomiędzy sobą powinny być połączone łączami światłowodowymi lub szerokopasmowymi liniami radiowymi o przepływności rzędu 10-20 Mbit/s.

³² W NATO podkreśla się szczególnie ważną rolę prac badawczych, technicznych i wdrożeniowych, których celem jest określenie skuteczności przyjmowanych rozwiązań standaryzacyjnych, w tym zwłaszcza zdolności do współdziałania systemów dowodzenia, łączności i informatycznych.

BIBLIOGRAFIA

1. M.Amanowicz: *Satelitarne systemy radiokomunikacji ruchomej*. w: Przegląd Telekomunikacyjny nr 5-6/1995.
2. M.Amanowicz: *Zasady standaryzacji technicznej systemów łączności i informacyjnych NATO*. Materiały III KNSŁ cz.1. Zegrze 1994.
3. D.J.Bem: *Radiotelefony komórkowa - systemy C450 i CD900*. w: Audio-Video nr 5/1987.
4. F.David, H.J.Eul, N.Metzner: *System łączności ruchomej najbliższej przyszłości*. w: Przegląd Telekomunikacyjny nr 2/1995.
5. P.Gajewski: *Standardy telekomunikacyjne a rozwój systemów militarnych WAT* Warszawa 1995.
6. R.Händel: *Evolution of networks with ATM*. w: Telecom Report International nr 2/1994.
7. Hołubowicz, P. Płóciennik: *GSM - cyfrowy system telefonii komórkowej*. Wyd. EFP, Poznań 1995.
8. M.Jaroszyński: *Problemy współpracy wojskowych systemów łączności państw NATO w świetle aktualnych norm wojskowych*. Materiały IV KNSŁ. Zegrze 1995.
9. F. Kamiński: *Podstawowe zasady wspólnego rynku telekomunikacyjnego w Unii Europejskiej*. w: Przegląd Telekomunikacyjny nr 4/1995.
10. J.Kmieciak: *INMARSAT - globalny system satelitarnej łączności ruchomej*. w: Przegląd Telekomunikacyjny nr 5-6/1995.
11. M.Kocięcki: *Nowe usługi w sieciach Telekomunikacji Polskiej SA*. w: Telcom FORUM nr 3/1995.
12. *Mobile Subscriber Equipment Commander's Brief*. Wyd. GTEMSD, Taunton, 1991.
13. *Sieci telekomunikacyjne. Plany i zamierzenia Ministerstwa Łączności na posiedzeniu KERM*. w: Przegląd Telekomunikacyjny nr 3/1994.
14. *Systemy i urządzenia kryptograficzne stosowane w łączności wojskowej państw NATO*. Sztab Gen. Zarząd II, Warszawa, 1989.
15. S.Vilar: *System zarządzania TMN firmy ALCATEL dla sieci teletransmisyjnych*. w: Przegląd Telekomunikacyjny nr 10/1994.
16. A.Wojnar: *Systemy radiokomunikacji ruchomej lądowej*. Wyd. KiŁ, Warszawa 1989.
17. J.Zienkiewicz: *Systemy i sieci komórkowe lądowej radiokomunikacji ruchomej na świecie*. w: Przegląd Telekomunikacyjny nr 5-6/1995.
18. *Wojskowy Przegląd Zagraniczny nr 2, 2/1996*.
19. *Wojskowy Przegląd Zagraniczny nr 1, 2/1997*.
20. *Wojskowy Przegląd Zagraniczny nr 1/1998*.

Druk AON nr 786/WW

