



## Charakterystyka systemów JAŚMIN i STORCZYK 2000 w kontekście wymagań środowiska sieciocentrycznego

PIOTR ŁUBKOWSKI, JERZY DOŁOWSKI

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki, Instytut Telekomunikacji,  
00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2

**Streszczenie.** Prowadzenie operacji militarnych w myśl koncepcji sieciocentrycznych wymaga dostępu do informacji z różnych źródeł w celu osiągnięcia przewagi informacyjnej. Niezbędna jest do tego infrastruktura telekomunikacyjna zdolna do obsługi ruchu zgodnego z protokołem IP. W artykule przedstawiono podstawowe wymagania NNEC (*NATO Network Enabled Capability*) na infrastrukturę telekomunikacyjną. Przedstawiono podstawowe cechy systemów STORCZYK 2000 oraz ZWT JAŚMIN, skupiając się na możliwości i jakości transmisji IP. Następnie oceniono wyżej wymienione systemy pod kątem dojrzałości do wykorzystania w realizacji usług w środowisku sieciocentrycznym.

**Słowa kluczowe:** system łączności i informatyki, osiągnięcie zdolności sieciocentrycznej, NNEC

**Symbole UKD:** 355.077.1

### 1. Wprowadzenie

Istotą operacji sieciocentrycznych jest osiągnięcie przewagi informacyjnej oraz decyzyjnej nad przeciwnikiem opierając się na współdzieleniu informacji, współpracy, wspólnej ocenie sytuacji, pozyskiwaniu oraz integrowaniu informacji, a także tworzenie zasobów wiedzy dostosowanych do indywidualnych potrzeb użytkownika. Techniczna realizacja tego procesu wymaga między innymi funkcjonowania dobrze zdefiniowanej infrastruktury telekomunikacyjnej, umożliwiającej realizację usług przenoszenia i sygnalizacji na podstawie dostępnych technik i mediów transmisyjnych.

W ramach NNEC wprowadza się pojęcie NII (*Networking and Information Infrastructure*), które w [1] zdefiniowano jako „połączony zbiór zdolności wymiany informacji w trybie *end-to-end*, zapewniany przez NATO i kraje członkowskie w celu

zbierania, przetwarzania, zapamiętywania, rozgłaszania i zarządzania informacją na żądanie dla sił walczących, organów dowodzenia i personelu wspomagającego w celu realizacji zadań politycznych i militarnych NATO”. Infrastruktura telekomunikacyjna jest fragmentem NII, zapewniającym możliwość transmisji strumienia danych. Podstawowe wymagania, jakie NNEC nakłada na własności infrastruktury telekomunikacyjnej to [1, 2]:

- powszechność wykorzystania protokołu IP (docelowo w wersji IPv6, do czasu w wersji IPv4) jako wspólnego mechanizmu wymiany informacji dowolnego rodzaju przez wszelkiego rodzaju media transmisyjne,
- wsparcie gwarantowania jakości usług (QoS) z kontraktowaniem usług (ang. *Service Level Agreement*) w środowisku niezależnie zarządzanych podsieci,
- obecność urządzeń kryptograficznych IP (ang. *IP Crypto*) wraz z systemem zarządzania kluczami,
- obecność brzegowych serwerów usług „proxy” (ang. *Service Proxy*), umożliwiających bezpieczną wymianę informacji pomiędzy sieciami IP i sieciami opartymi na innych protokołach, w szczególności *Tactical Data Link*,
- obsługa użytkowników mobilnych.

Oprócz tego system telekomunikacyjny musi zapewnić interoperacyjność, czyli możliwość współpracy z innymi systemami oraz systemami niespełniającymi wymogów NNEC.

## 2. Charakterystyka ZWT JAŚMIN

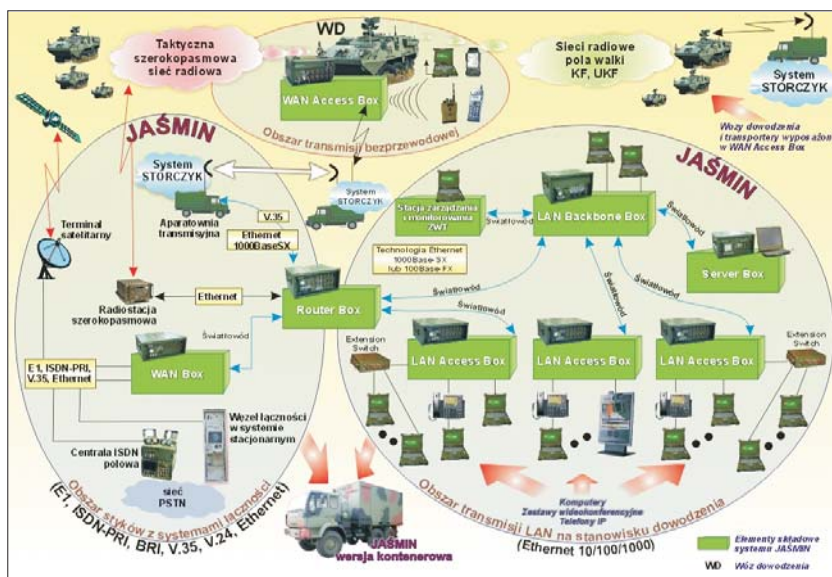
### 2.1. Podstawowe cechy systemu Jaśmin

System ZWT JAŚMIN (Zintegrowane Węzły Teleinformatyczne) opiera się całkowicie na zastosowaniu technologii IP. Posługując się modelem sieciocentrycznym systemu teleinformatycznego, dostarczającego usług związanych z przesyłaniem mowy, danych i obrazów, wyróżniamy w nim cztery funkcjonalne podsystemy (rys. 1) [8, 10]:

- podsystem sieci rozległej,
- podsystem sieci lokalnej,
- podsystem mobilny, w którym komunikacja odbywa się przez środki radiowe,
- podsystem zarządzania i kontroli.

ZWT JAŚMIN, funkcjonując głównie w podsystemie lokalnym LAS i podsystemie mobilnym MS, może współpracować z transmisyjnymi systemami radiowymi i satelitarnymi. Urządzenia systemu JAŚMIN wykorzystują zaawansowane elementy

technologiczne firmy Cisco, przeznaczone do wbudowanych zastosowań militarnych w ramach programu współpracy *Advanced Technology Provided Program*. Zastosowanie znalazły również elementy technologii COTS zwłaszcza tam, gdzie są uzasadnione kosztami i czasem realizacji. Główne urządzenia systemu JAŚMIN zaliczają się do grupy N7-O-II-B, N8-O-II-B i N12-O-II-B, zgodnie z klasyfikacją polskich Norm Obronnych.



Rys. 1. Struktura systemu dowodzenia wykorzystująca elementy systemu JAŚMIN [10]

System JAŚMIN składa się z urządzeń wraz z oprogramowaniem, które są przeznaczone do budowy w technologii IP sieci teleinformatycznych rozwijanych w warunkach mobilnych na wszystkich szczeblach dowodzenia. JAŚMIN tworzy platformę zorientowaną na kompleksowe dostarczanie usług sieciowych z uwzględnieniem odpowiedniego poziomu ich jakości przez zastosowanie QoS.

W strukturze węzłów teleinformatycznych, budowanych za pomocą systemu JAŚMIN, można wyróżnić trzy warstwy funkcjonalne:

- warstwę transmisyjną, w której następuje bezpośredni styk z systemami łączności służącymi do przetransportowania pakietów przez media, takimi jak łącza satelitarne, radioliniowe horyzontalne i troposferyczne, sieci ISDN stacjonarne i polowe, radiostacje zakresu KF,
- warstwę szkieletu sieci stanowiska dowodzenia, w której pracują przełączniki szkieletowe o dużej przepływności, umożliwiające rozbudowę sieci i serwery, udostępniające użytkownikom bazy danych oraz usługi związane z funkcjonowaniem sieci oraz poczty,

- warstwę dostępu użytkowników, gdzie następuje fizyczne dołączenie terminali komputerowych, telefonów VoIP i terminali wideo do przesyłania obrazów.

Dostępne mechanizmy zabezpieczeń sieci IP dostarczają administratorowi pełen wachlarz możliwości w zależności od jej potrzeb. Sam dostęp do sieci może być zabezpieczony przez kontrolę dostępu do portu, wykorzystując EAP (*Extensible Authentication Protocol*) zaimplementowany we wszystkich urządzeniach systemu JAŚMIN. Do autoryzacji użytkowników służą serwery RADIUS. Wymienione zabezpieczenia funkcjonują według propozycji STANAG 4640.

W systemie JAŚMIN zastosowanie mają elektroniczne kryptograficzne karty dostępowe, zabezpieczające dostęp do aktywnych urządzeń sieciowych, komputerów oraz aplikacji. Do zabezpieczeń prywatności danych wykorzystuje się bezpieczne sesje SSL oraz protokół IP Sec zgodnie z propozycją normy STANAG 4644, pozwalający na szyfrowanie danych i kontrolę ich integralności oraz uwierzytelnianie. Można również stosować urządzenia IPCrypto dowolnych producentów. Protokół SNMP wykorzystywany jest do nadzorowania pracy sieci. Możliwa jest praca we wszystkich trzech wersjach protokołu, przy czym preferowana jest praca w wersji 3 protokołu, gdyż zapewnia ona szyfrowanie oraz poufność przesyłanych danych i w tej wersji system domyślnie pracuje.

Konstrukcja urządzeń systemu JAŚMIN spełnia wymagania Norm Obronnych w zakresie zabezpieczenia przed emisją ujawniającą [8, 9].

Modułowa budowa JAŚMINA pozwala organizatorowi systemu w łatwy i przejrzysty sposób zaimplementować politykę bezpieczeństwa, umożliwiającą wyspecyfikowanie w systemie strefy czarnej i czerwonej.

Sieć IP pierwotnie przewidywana do transmisji danych przez implementacje nowych protokołów pozwala na realizację usług telefonii, wideokonferencji, a w ostatnim czasie także telewizji interaktywnej. Najczęściej wykorzystywanymi protokołami sygnalizacyjnymi są H.323 zaimplementowany w JAŚMINIE, zgodnie z propozycjami norm STANAG 4643 i STANAG 4642, i protokół SIP. Standard H.323 definiuje cztery podstawowe składniki systemu przesyłającego w czasie rzeczywistym dane multimedialne: terminale, bramy, strażnicy, jednostki sterujące MCU. Do kodowania sygnału mowy stosuje się kilka określonych standardów, które pozwalają regulować zajętość pasma kosztem jakości transmisji tam, gdzie pasmo jest bardzo ograniczone.

W systemie JAŚMIN dostępne są aktualnie następujące rodzaje dostępu bezprzewodowego: sieć WLAN zgodnie ze standardem IEEE 802.11 a/b/g, radiostacje UKF systemu PR4G, terminale satelitarne, radiostacje KF Harris oraz radiostacje KF CTM, urządzenia radiowe szerokopasmowe [9]. Oprogramowanie systemu JAŚMIN zawiera moduły programowe C3IS WAP, wykorzystujące technologię IP przekazu informacji przez radio UKF, KF lub szerokopasmowe, gwarantujące sprawną i szybką wymianę informacji, a także zobrazowanie sytuacji taktycznej. C3IS WAP korzysta

z modelu przechowywania danych CCEDM (*Command & Control Exchange Data Model*), wykorzystywanym w projekcie MIP (*Mobile IP*). Zastosowanie w systemie technologii WLAN pozwala użytkownikom na stały dostęp do zasobów sieci: danych, telefonii czy obrazu z lokalnych kamer celem identyfikacji sytuacji w danym miejscu. Do autoryzacji i kontroli dostępu użytkowników bezprzewodowych wykorzystuje się serwer RADIUS. Usługa *BattleField Directory* umożliwia udostępnianie danych aplikacjom za pomocą protokołu LDAP w wersji 3 szyfrowanego z użyciem TLS.

W systemie JAŚMIN możliwe jest budowanie sieci skalowalnych pod względem wielkości jak i obszaru, na którym jest rozwinięta. System umożliwia elastyczne dołączanie kolejnych urządzeń, jak i usług sieciowych. Urządzenia końcowe wynosne koncentratory *LAN Access Box* dołączane są do kontenera JAŚMIN za pomocą polowych kabli światłowodowych [13]. Możliwe jest połączenie kilku odcinków światłowodowych dla zwiększenia odległości. Dołączenie urządzeń końcowych dokonuje się za pomocą GigabitEthernet (standard 1000BASE-SX) lub opcjonalnie FastEthernet 100BASE-FX. Terminale końcowe dołącza się do koncentratorów LAN Access Box za pomocą skrętki miedzianej. Każdy port w urządzeniu LAN Access Box posiada zasilanie w technologii PoE (*Power over Ethernet*) i daje możliwość rozbudowy sieci za pomocą małogabarytowych, również w pełni programowalnych, *Extensions Switch* wykonanych w technologii Ethernet 10/100/1000. Pozwala to za pomocą jednego kontenera JAŚMIN rozwinąć sieć obsługującą od 200 do 600 portów sieciowych Ethernet. W przypadku większych odległości koncentratora LAN od kontenera JAŚMIN (4 km lub więcej) możliwe jest zestawienie połączeń na polowym kablu lekkim typu PKL 1 × 2 lub polowym kablu dalekosiężnym PKD 2 × 2 za pomocą modułów transmisyjnych SHDSL, zapewniających transmisję z prędkością do 2 Mbit/s. Wyposażenie pojedynczego kontenera pozwala na rozwijanie kilku oddzielnych, wyseparowanych galwanicznie sieci lokalnych, co osiągnięto dzięki modułowej konstrukcji aparatu. Podobnie modułowa jest konstrukcja zestawów przenośnych. JAŚMIN przez swoją skalowalność wraz ze środkami satelitarnymi oraz radiowymi KF może zapewnić wszelkie potrzeby w zakresie teleinformatyki i jest łatwy do przetransportowania w każde miejsce działań.

System zintegrowanych węzłów teleinformatycznych JAŚMIN jest wprowadzony na wyposażenie jednostek wojskowych polskich sił zbrojnych i był z powodzeniem używany w wielu ćwiczeniach oraz treningach sztabowych.

System JAŚMIN pozwala na:

- stosowanie standardowych styków transmisyjnych z innymi systemami, wszystkie występujące styki zapewniają pełną interoperacyjność z systemami stacjonarnymi krajowymi i stosowanymi w państwach NATO,
- współpracę z mobilnymi systemami polowymi,
- dostarczanie usług telefonii IP i wideo przekazu IP z możliwością integrowania ich z systemami ISDN,
- usługi poczty elektronicznej,

- realizację dostępu UKF, KF i zapewnienia zautomatyzowanej transmisji danych pomiędzy abonentami systemu łączności radiowej oraz abonenckich funkcji jedno- i wielokanałowego radiodostępu UKF oraz dostępu radiowego KF,
- realizację dostępu bezprzewodowego WLAN,
- kryptograficzną ochronę danych z zastosowaniem protokołów IP Sec i możliwość zastosowania urządzeń IP Crypto,
- integrację sensorów z oprogramowaniem systemów wspomagania dowodzenia,
- zapewnienie odpowiedniej jakości usług na podstawie QoS.

## 2.2. Analiza funkcjonalna elementów systemu JAŚMIN

Zintegrowany Węzeł Teleinformatyczny JAŚMIN jest funkcjonalnym systemem sieciowych urządzeń teleinformatycznych, dedykowanych dla mobilnych stanowisk i punktów dowodzenia szczebli taktycznych i operacyjnych. Wykorzystywana w systemie technologia jest w pełni kompatybilna ze stacjonarnym wyposażeniem rozległej sieci teleinformatycznej MILWAN opartej na protokołach TCP/IP, co umożliwia rozwijanie polowych stanowisk i punktów dowodzenia oraz dowiązywanie ich do istniejącej i rozbudowywanej aktualnie, stacjonarnej infrastruktury teleinformatycznej.

W skład systemu ZWT JAŚMIN wchodzi następujące główne urządzenia:

- WAN Box — stanowiący zestaw interfejsów przeznaczonych do współpracy z urządzeniami teletransmisyjnymi. Wyposażony jest w multiplekser traktu E1 zgodny ze standardem G.703 oraz bramę VoIP, która zapewnia możliwość połączenia sieci IP z siecią ISDN przez styk PRI (30B+D). WAN Box zarządzany jest na podstawie protokołu SNMP (v.3) i oprogramowania do zarządzania opracowanych przez firmę TELDAT [11].
- Router Box — stanowiący router sieci WAN dla serwera zarządzania telefonią IP (CME — CallManager Express), gatekeepera, multipleksera traktu E1 i przełącznika 1 GbitEthernet [14].
- LAN Access Box — pełniący funkcję koncentratora, przełącznika sieciowego i pracującego w warstwie dostępu użytkownika. W skład urządzenia wchodzi dwa przełączniki GigabitEthernet, umożliwiające przyłączenie sieciowych stacji roboczych lub aparatów telefonicznych IP [13].
- LAN Backbone Box — stanowiący koncentrator szkieletowy sieci zlokalizowany w warstwie dystrybucyjnej — szkieletowej. Urządzenie umożliwia rozbudowę sieci, zarówno od strony optycznej, jak i od strony kabla miedzianego. Stwarza także możliwość pracy w trybie urządzenia szyfrującego po doposażeniu w moduł IPCrypto [12].
- WAN Access Box — stanowiący element umożliwiający realizację funkcji systemu JAŚMIN na wozach dowodzenia i transporterach opancerzonych [8, 10].

- Server Box — stanowiący w zasadzie dwa niezależne serwery z macierzami dyskowymi, pracującymi w trybie RAID5 (dysk SATA o pojemności min. 160 GB) [15].
- Adapter rozszerzający ilość portów Ethernet wyposażony w przełącznik GigabiEthernet [8].

Ponadto w skład systemu wchodziły moduły programowe UKP3 i C3IS. Pierwszy z nich zapewnia komunikację pokładową pomiędzy członkami załogi wozu. Łączność wewnętrzna realizowana jest w technologii VoIP z wykorzystaniem terminali VoIP i WAN Access Box. W komunikacji zewnętrznej wykorzystane są terminale VoIP, bramy UKF/KF oraz radiostacje UKF i KF, a także szerokopasmowe radiostacje WDR (*Wideband Digital Radio*). Drugi moduł, C3IS, wykorzystywany jest do obrazowania pola walki i tworzenia wspólnego zobrazowania dla wszystkich jednostek pracujących w systemie. Pod względem funkcjonalnym moduł ten zapewnia obrazowanie zmian czujników oraz pozycji GPS, obsługę znaków APP6A, transfer danych z kamery, jak również kompatybilność z MIP (*Multilateral Interoperability Programme*) Baseline 2.

### 2.3. Przydatność systemu JAŚMIN w poszczególnych etapach rozwoju NNEC

Opierając się na przedstawionej powyżej charakterystyce systemu JAŚMIN oraz analizie funkcjonalnej poszczególnych jego elementów przeprowadzić można ocenę przydatności systemu w poszczególnych etapach rozwoju NNEC. Wyniki oceny systemu JAŚMIN przedstawione zostały w tabeli 1.

TABELA 1

Ocena przydatności systemu JAŚMIN dla NNEC

Kryterium	Czy spełnia wymóg NNEC?	Uwagi
Zdolność do realizacji usług multimedialnych	Tak	System JAŚMIN funkcjonuje w oparciu o protokół H.323 umożliwiający realizację multimedialnych usług transmisji mowy, danych i obrazów w sieci IP. Elementy systemu wyposażone są w bramę VoIP H.323 zgodną z STANAG 4643. System JAŚMIN zapewnia realizację funkcji QoS zgodnie z IEEE 802.1D w oparciu o mechanizmy etykietowania pakietów TOS ( <i>Type of Services</i> ) i DSCP standardu DiffServ (RFC2474, RFC2475), mechanizmy kolejkowania CBQ ( <i>Class-Based Queuing</i> ), SFQ ( <i>Stochastic Fairness Queuing</i> ), WFQ ( <i>Weighted Fair Queuing</i> ) i CBWFQ ( <i>Class-Based WFQ</i> ) oraz mechanizm rezerwacji zasobów wykorzystujący protokół RSVP ( <i>Resource reSerVation Protocol</i> ).

Zdolność do współpracy z siecią IPv6	Tak	System JAŚMIN zapewnia obsługę protokołu IP w wersji 4 zgodnie z RFC 791 oraz w wersji 6 zgodnie z RFC 2373, RFC 2462 i RFC 2472.
Bezpieczeństwo danych i sieci	Tak	Dostęp do sieci zabezpieczony jest protokołem EAP ( <i>Extensible Authentication Protocol</i> ) RFC 3748 zaimplementowanym we wszystkich urządzeniach systemu JAŚMIN. Do autoryzacji użytkowników wykorzystywany jest serwer RADIUS. System JAŚMIN wykorzystuje również elektroniczne (kryptograficzne) karty dostępu, zapewniające dostęp do aktywnych urządzeń sieciowych, komputerowych oraz aplikacji. Do zabezpieczeń prywatności danych wykorzystywane są bezpieczne sesje SSL ( <i>Secure Socket Layer</i> ) oraz protokół IPsec. Protokół IPsec pozwala na identyfikację użytkownika na podstawie certyfikatów zawierających klucze publiczne RSA, autoryzowane i przechowywane w Centrach Autoryzacji. W systemie Jaśmin można stosować urządzenia IPCrypto dowolnych producentów.
Zdolność do adaptacji w środowisku telekomunikacyjnym	Tak	System realizuje tworzenie sieci VPN opierając się na zbiorze protokołów IP Sec spełniających normy RFC 2401, RFC 2406, RFC 2409 zgodnie z STANAG 4644. Zapewnia także obsługę wymiany tablic routingu za pomocą protokołów OSPF-2, BGP-4, RIP v.1 i RIP v.2, EGP, EIGRP, HELLO zgodnie z STANAG 4644. JAŚMIN umożliwia tworzenie pomostów pomiędzy interfejsami Ethernet według normy IEEE 802.1D zgodnie z STANAG 4640, a także realizację tunelowania IPIP oraz GRE ( <i>Generic Routing Encapsulation</i> ) zgodnie z RFC 1701 i RFC 1702.
Zdolność do obsługi użytkownika mobilnego	Tak	System JAŚMIN zapewnia pracę w sieciach bezprzewodowych zgodnych ze standardem IEEE 802.11 a/b/g, sieciach radiowych UKF (np. PR4G) oraz KF Harris czy KF CTM, jak również z urządzeniami radiowymi szerokopasmowymi ze stykiem Ethernet. Oprogramowanie systemu zawiera moduły programowe C3IS-JAŚMIN do przekazu informacji przez radiowe środki łączności zgodnie z STANAG 5066.
Zdolność interoperacyjna	Tak	System JAŚMIN zapewnia integrację z łącznicami-krotnicami systemu STORCZYK 2000 i kompatybilnymi. JAŚMIN został zaprojektowany i funkcjonuje opierając się na założeniach systemu TACOMS Post 2000 i w związku z tym jest kompatybilny z systemami NATO zgodnymi z tym standardem.
Możliwości urządzeń i systemów w zakresie zarządzania potencjałem telekomunikacyjnym	Tak	System JAŚMIN zapewnia zarządzanie w oparciu o protokół SNMP (v.1, v.2, v.3) zgodnie z STANAG 4646. System zapewnia dynamiczną konfigurację urządzeń na podstawie protokołu DHCP RFC2131 zgodnie z STANAG 4642 i STANAG 4644. W systemie dostępne jest zarządzanie strumieniami E1 (G.703, G.704) na poziomie sieci teletransmisyjnej z podziałem na krotności 64 kbit/s i możliwością konwertowania wydzielonych kanałów na V.35, Ethernet IEEE 802.1 zgodnie z STANAG 4640.



Biorąc pod uwagę powyższe należy stwierdzić, że system JAŚMIN jest zgodny z wymaganiami NNEC i może być wykorzystywany w perspektywie do roku 2020.

### 3. Charakterystyka systemu STORCZYK 2000

System STORCZYK to cyfrowy system łączności eksploatowany w Siłach Zbrojnych od 1994 r. System był kilkakrotnie modernizowany. System STORCZYK był projektowany jako system komutacyjny, zapewniający automatyczną łączność telefoniczną na szczeblu taktycznym. System pierwotnie wykorzystywał numerację sześciocyfrową — każdy abonent w systemie miał przydzielony numer 6-cyfrowy. Po przyjęciu Polski do NATO zmodyfikowano system wprowadzając numerację 7-cyfrową zgodnie z normami STANAG 4214, STANAG 5046 oraz z normą obronną NO-06-A005.2000 [5]. Pierwotnie podstawowym elementem transmisyjnym były radiolinie RL-432, które umożliwiały realizację traktów grupowych o przepływności do 120 kanałów po 16 kbit/s. Obecnie wykorzystuje się nowsze radiolinie R-450A.

Z biegiem czasu system STORCZYK doposażono w elementy umożliwiające realizację transmisji danych. Wersja obecnie eksploatowanego w Siłach Zbrojnych systemu to STORCZYK 2000. Wraz z rozwojem rozwiązań technicznych producent wprowadza do systemu nowe elementy lub modernizuje już istniejące. Zmiany tego typu wykonywane są za pomocą karty zmian zatwierdzonej każdorazowo przez gestora. W ostatnim okresie nastąpiła duża liczba modernizacji w sprzęcie aparatu, wobec czego niekiedy stosuje się nazwę STORCZYK 2005. Według uzyskanych informacji nie jest to oficjalna nazwa systemu łączności.

#### 3.1. Możliwości systemu STORCZYK w zakresie komutacji

Historycznie podstawowym przeznaczeniem systemu STORCZYK było świadczenie usługi telefonii w trybie komutacji kanałów<sup>1</sup>. Natomiast wymagania NNEC narzucają realizację wszystkich usług (a więc także usługi telefonii) za pomocą protokołu IP. Z tego względu urządzenia komutacji kanałów będą przedstawione i ocenione pobieżnie.

Podstawową usługą realizowaną przez system STORCZYK jest telefonia. System zapewnia możliwość automatycznego zestawiania połączeń telefonicznych pomiędzy dwoma użytkownikami systemu wyposażonymi w aparaty telefoniczne oraz między użytkownikiem systemu STORCZYK i użytkownikiem innego systemu narodowego NATO. Możliwe są także usługi dodatkowe (relokacja, przeniesienie numeru, połączenia konferencyjne, połączenia z priorytetem, identyfikacja stro-

1 Tryb komutacji kanałów to rodzaj komunikacji, w którym droga dla transmisji danych jest zestawiana każdorazowo na żądanie abonenta i utrzymywana do czasu rozłączenia połączenia przez jednego z abonentów uczestniczących w komunikacji.

ny wywołującej). Komutacja w systemie STORCZYK odbywa się automatycznie na podstawie wybranego numeru.

Usługi telefonii są realizowane w systemie STORCZYK z wykorzystaniem zwielokrotnienia czasowego<sup>2</sup> (ang. TDM — *time division multiplexion*). Sygnał mowy jest przesyłany w postaci cyfrowej, zakodowanej zgodnie z modulacją CVSD w kanale o przepływności 16 kbit/s, podczas gdy w publicznych systemach telekomunikacyjnych wykorzystuje się powszechnie kodowanie mowy zgodnie z modulacją PCM przy przepływności kanału 64 000 bit/s. Zastosowanie modulacji CVSD w systemie STORCZYK umożliwia więc lepsze wykorzystanie przepustowości niż przy modulacji PCM. Jednak modulacja CVSD jest rzadko obecna w komercyjnych rozwiązaniach telekomunikacyjnych, co utrudnia wykorzystanie gotowych produktów i rozwiązań.

Z punktu widzenia wymagań NNEC realizacja wszystkich usług, w tym także usługi telefonii, będzie się odbywać na bazie protokołu IP. W związku z tym możliwości systemu Storczyk w dziedzinie klasycznej komutacji ze zwielokrotnieniem czasowym nie będą podlegać analizie. Ze względu jednak na możliwość realizacji transmisji pakietowej z wykorzystaniem urządzeń komutacji kanałów przedstawiona zostanie podstawowa charakterystyka urządzeń związanych z komutacją.

Podstawowe urządzenia wykorzystywane do komutacji kanałów to:

- łącznice cyfrowe (np. ŁC-240D, ŁC-480D),
- krotnice cyfrowe (KX-30M),
- łącznice-krotnice (np. ŁK-24A3).

Łącznica cyfrowa to urządzenie służące do automatycznej komutacji szczebli przydzielonych użytkownikom pomiędzy traktami — jest to tak zwana komutacja czasowa. Wszystkie trakty pracują ze zwielokrotnieniem czasowym.

Zastosowany wewnątrz systemu STORCZYK mechanizm sygnalizacji międzycentralowej, (nazywany przez producenta NR7) jest niestandardowy. Obecnie łącznice systemu STORCZYK obsługują interfejs pierwotnogrupowy ISDN (tzw. PRI) zgodny z normami G.703 i G.704 oraz sygnalizację DSS1 stosowaną w sieci ISDN. Umożliwia to współpracę ze stacjonarnymi systemami telekomunikacyjnymi oraz jest zgodne ze standardem interfejsu DSTG. Oprócz tego w łącznicach oznaczonych literą D wybrane trakty mogą służyć do transparentnej transmisji strumienia danych zgodnie z normą V.35. Dzięki temu możliwe jest wykorzystanie podsystemu komutacyjnego jako płaszczyzny transportowej dla transmisji pakietowej.

Urządzeniem kompaktowym, zawierającym blok łącznicy oraz blok krotnicy, jest łącznica-krotnica stosowana głównie na wozach dowodzenia.

<sup>2</sup> Termin „zwielokrotnienie” określa metodę przesyłania danych z wielu źródeł za pomocą jednego grupowego kanału transmisji. Zwielokrotnienie czasowe polega na nadawaniu danych z poszczególnych źródeł w kanale grupowym w ściśle określonych momentach czasu. W celu opisu przedziału czasu przydzielonego na dane źródło używa się często pojęcia szczebli czasowa.

W celu współpracy z systemami (komutacyjnymi) państw członkowskich NATO można wykorzystać dedykowane urządzenie typu krotnica dostępowa, która umożliwia konwersję sygnału oraz sygnalizacji do zgodnej z normami: STANAG 5040 lub STANAG 4206. Zgodnie z [3] STANAG 5040 oraz STANAG 4206 nie są zalecane dla nowych projektów w NNEC. Natomiast opracowanie [3] zaleca stosowanie normy STANAG 4214, którą spełnia system STORCZYK. STANAG 4214 dotyczy systemu numeracji międzysystemowej.

System STORCZYK dysponuje dużym potencjałem w dziedzinie komutacji kanałów. Możliwe jest wykorzystanie jego możliwości do zestawiania stałych kanałów transmisji danych, przeznaczając całą dostępną przepustowość na rzecz transmisji IP.

### 3.2. Wykorzystywane metody transmisji

Podstawowe techniki transmisji sygnałów na dalszą odległość wykorzystują:

- linie kablowe,
- linie radioliniowe.

Linie kablowe przeważnie wykorzystują polowy kabel światłowodowy typu PKŚ  $2 \times 2$ . Maksymalna długość linii zależy od mocy nadajników optycznych i dopuszczalnego tłumienia. Z reguły długość linii może dochodzić do 2-3 km.

Linie radioliniowe budowane są obecnie z wykorzystaniem radiolinii cyfrowych R-450A. Radiolinia R-450A udostępnia standardy sygnałów grupowych po stronie stacyjnej wymienione w tabeli 2.

TABELA 2

Standardy interfejsów stacyjnych radiolinii R-450A (opracowanie własne)

Standard sygnału	Struktura	Przepustowość
STANAG 4210	zwielokrotnienie $n$ kanałów 16 kbit/s oraz kanał sygnalizacyjny ( $n = 15, 30, 60, 120$ )	256, 512, 1024, 2048 kbit/s
Eurocom D/1	zwielokrotnienie $n$ kanałów 16 kbit/s oraz kanał sygnalizacyjny ( $n = 15, 30, 60, 120$ )	256, 512, 1024, 2048 kbit/s
E1 (zgodny z G.703)	30/32 kanały 64 kbit/s	2048 kbit/s
$4 \times E1$ (zgodnie z G.703)	zwielokrotnienie 4 strumieni E1 z przepłotem bajtowym	8192 kbit/s
E2 (zgodny z G.703)	drugi stopień zwielokrotnienia PDH, zawiera 4 strumienie E1 oraz dane utrzymaniowe i synchronizacyjne	8448 kbit/s
E3 (zgodny z G.705)	trzeci stopień zwielokrotnienia PDH, zawiera 4 strumienie E2 oraz dane utrzymaniowe	34368 kbit/s

Większość standardów jest zaczerpniętych z techniki zwielokrotnienia plezjochronicznego (PDH). W zwielokrotnieniu tym kanał podstawowy ma przepływność 64 kbit/s. Pierwszym stopniem zwielokrotnienia jest grupa E1, zawierająca 32 kanały podstawowe [6]. Daje to sumaryczną przepustowość grupy wynoszącą 2048 kbit/s. W wyniku przeplatania czterech grup E1 powstaje grupa E2. Ponieważ mogą wystąpić poślizgi synchronizacji, to przewidziano pewien margines błędu w strukturze E2, przez co przepływność grupy E2 wynosi 8448 kbit/s, czyli nieco więcej niż iloczyn czterech przepływności 2048 kbit/s [7].

Po stronie radiowej wykorzystywane są modulacje:

- zdefiniowane w STANAG 4212,
- CP-FSK2r,
- QAM (QPSK).

Według [3] norma STANAG 4212 (*The NATO multichannel tactical digital gateway — radio relay link standards*) nie jest zalecana do wdrażania w nowych projektach dla NNEC.

### 3.3. Ocena dojrzałości systemu STORCZYK dla wykorzystania w NNEC

#### 3.3.1. Zdolność do przenoszenia ruchu usług multimedialnych

W urządzeniach routingowych systemu STORCZYK jest stosowany między innymi protokół OSPF w wersji 2. Dostępna dokumentacja nie wspomina o obecności mechanizmów gwarantowania jakości usług (QoS), zaś brak dostępu do obecnie eksploatowanych urządzeń systemu uniemożliwił przeprowadzenie badań. Według dokumentacji obrazującej stan systemu STORCZYK na pierwszy kwartał roku 2008 brak jest mechanizmów umożliwiających klasyfikację usług przenoszonych przy użyciu protokołu IP. Z powyższych przyczyn trudno jest także oceniać wydajność pracy routerów systemu.

#### 3.3.2. Obsługa protokołu IP w wersji 6

Obecnie eksploatowane urządzenia systemu STORCZYK obsługują jedynie protokół IPv4, nie obsługują protokołu IP w wersji 6. Możliwe jest natomiast tunelowanie ruchu IPv6 w IPv4. Producent urządzeń systemu STORCZYK deklaruje, że prowadzi prace nad IPv6 i nie przewiduje problemów z wprowadzeniem IPv6 oraz pracą dwusystemową. Prace te są aktualnie prowadzone pod kątem badań podczas Combined Endeavour '08 i Combined Endeavour '09, zostaną zakończone po ustabilizowaniu norm IETF związanych z IPv6. Prawdopodobny termin osiągnięcia całkowitej gotowości do wdrożenia IPv6 to rok 2010. Brak obsługi IPv6 wynika także — według wyjaśnień producenta — z braku zapotrzebowania Gestora sprzętu na tę zdolność systemu. Z drugiej strony aktualnie obowiązujące dokumenty standaryzacyjne NATO (to jest STANAG 5067 oraz STANAG 4644)

definiują wykorzystanie protokołu IP jedynie w wersji 4, brak jest standaryzacji wykorzystywania protokołu IPv6.

Przystosowanie aparatu do obsługi IPv6 w wersjach produkowanych od 2005 r. będzie polegać na instalacji oprogramowania dostarczonego przez producenta, natomiast starsze wersje produkcyjne wymagają modernizacji sprzętowej.

### 3.3.3. Zapewnienie bezpieczeństwa transmisji IP

Obecnie w Siłach Zbrojnych brak jest zatwierdzonego urządzenia oraz algorytmu dla utajniania na poziomie protokołu IP. W systemie STORCZYK przewidziano możliwość instalacji urządzenia realizującego utajnianie IP (IP Crypto).

Obecnie zapewnienie bezpiecznej transmisji odbywa się przez wykorzystanie grupowych urządzeń utajnających, które dokonują strumieniowego szyfrowania całej transmisji traków.

Elementy systemu STORCZYK nie zawierają mechanizmów autoryzacji użytkowników generujących transmisję IP.

### 3.3.4. Ocena zdolności do adaptacji w środowisku telekomunikacyjnym

Podstawowe interfejsy telekomunikacyjne systemu STORCZYK 2000 przedstawiono w tabeli 3.

TABELA 3

Grupowe interfejsy telekomunikacyjne systemu STORCZYK (źródło: opracowanie własne)

Rodzaj interfejsu	Przepustowość i wykorzystanie	Rodzaj sygnalizacji	Podstawowe przeznaczenie	Ocena przydatności w NNEC
G.703, STANAG 4578 (DSTG)	2048 kbit/s (30 kanałów telefonicznych)	DSS1 (Q.931) w trybie Network lub User	współpraca z siecią stacjonarną	zalecany*
E2	8196 kbit/s (4 × 2048 kbit/s)	własny	współpraca elementów systemu STORCZYK	zalecany
STANAG 5060	styk analogowy	STANAG 5060	współpraca z systemami łączności innych państw członkowskich NATO	nie zalecany
STANAG 4206	256 kbit/s	własny	współpraca z systemami łączności innych państw członkowskich NATO	nie zalecany
STANAG 4210	128, 256, 512, 1024, 2048 kbit/s	własny	współpraca elementów systemu STORCZYK	nie zalecany

\* Zgodnie z NNEC FS zakłada się wykorzystanie standardów ISDN w okresie przejściowym do roku 2012/2014.

Zgodnie z [3] dla nowych projektów w NNEC nie zaleca się wykorzystywania interfejsów typowo komutacyjnych, takich jak STANAG 4210.

W tabeli 4 zestawiono podstawowe interfejsy teleinformatyczne udostępniane w systemie STORCZYK.

TABELA 4

Interfejsy informatyczne systemu STORCZYK (źródło: opracowanie własne)

Rodzaj interfejsu	Przepustowość	Medium	Protokół warstwy łącza danych	Ocena przydatności w NNEC
V.35	256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192 kbit/s	światłowód wielomodowy	PPP lub MLPP	zalecany
1000BASE-SX	1000 Mbit/s	światłowód wielomodowy	MAC (ethernet)	zalecany
100BASE-FX	100 Mbit/s	światłowód wielomodowy	MAC (ethernet)	zalecany
100BASE-TX	100 Mbit/s	skrętka UTP	MAC (ethernet)	zalecany
10BASE-T	10 Mbit/s	skrętka UTP	MAC (ethernet)	nie zalecany
10BASE-FL	10 Mbit/s	światłowód wielomodowy	MAC (ethernet)	nie zalecany

Ocenia się, że zbiór dostępnych interfejsów systemu STORCZYK jest wystarczający do świadczenia usług transmisji danych w postaci IP.

System sieci rozległej WAS zbudowanej na wzór urządzenia systemu STORCZYK może wykorzystywać łącza radioliniowe lub linie kablowe. Dostępna przepustowość zależy będzie od warunków pracy urządzeń radioliniowych — w najbardziej sprzyjających warunkach wynosić może 34 Mbit/s, natomiast w przypadku linii światłowodowych brak jest ograniczeń przepustowości, natomiast występuje ograniczenie zasięgu transmisji.

Oceniając obecnie eksploatowane elementy systemu STORCZYK można stwierdzić, że system STORCZYK jest zdolny do obsługi ruchu IPv4.

### 3.3.5. Ocena zdolności obsługi użytkownika mobilnego

System STORCZYK nie obsługuje użytkowników mobilnych rozumianych jako użytkownicy realizujący usługi w ruchu. System STORCZYK w obecnie eksploatowanej wersji nie wspiera także mobilności IP.

### 3.3.6. Ocena zdolności do interoperacyjności

System STORCZYK umożliwia pełną współpracę z systemami narodowymi państw członkowskich NATO w dziedzinie realizacji usług telefonii komutowanej.

Obecność interfejsów ISDN typu PRI należy ocenić pozytywnie, gdyż podnoszą one możliwości współpracy z innymi systemami telekomunikacyjnymi, jak również z systemami telekomunikacji publicznej. Należy tu także zaznaczyć, że interfejs typu PRI umożliwia także realizację transmisji danych, w tym transmisji IP.

Ocenia się, że system STORCZYK będzie w stanie współpracować z innymi systemami udostępniającymi interfejs optyczny 1000BASE-SX.

### 3.3.7. Ocena zarządzania systemem STORCZYK

Pierwotnie opracowane urządzenia systemu STORCZYK 2000 wykorzystywały własny protokół zarządzania oraz własne oprogramowanie o nazwie SZAŁ (System Zarządzania Aparatowniami Łączności) [4]. Obecnie większość urządzeń posiada protokół SNMP w wersji 2 lub 3. W dostępnej dokumentacji brak jest informacji na temat obsługi protokołu SNMP w urządzeniach typu WP-40A3, ZZO-12 oraz KO-2p2.

## 4. Wnioski

System STORCZYK jest obecnie podstawowym systemem łączności wykorzystywanym w Wojskach Lądowych SZ RP. System jest stopniowo modernizowany pod kątem obsługi ruchu IP. System STORCZYK zawiera kilka elementów umożliwiających budowę sieci transmisji danych z protokołem IP. Obecnie eksploatowane urządzenia systemu są w stanie przenosić jedynie ruch IPv4. Wykorzystując środki radioliniowo-przewodowe możliwe jest tworzenie sieci szkieletowej oraz umożliwianie dostępu do takiej sieci użytkownikom innych systemów.

Ocena zapewnienia bezpieczeństwa systemu STORCZYK jest niejednoznaczna. Brak zatwierdzonych urządzeń IP Crypto jest faktem, który decyduje o braku bezpiecznej transmisji IP w systemie. Jednocześnie system STORCZYK umożliwia bezpieczną transmisję, korzystając z urządzeń utajnających strumień grupowy (komutacyjny), co w pewien sposób podnosi poziom bezpieczeństwa świadczonych usług. Ale z drugiej strony docelowo w NNEC zakłada się przeniesienie wszystkich usług na płaszczyznę IP, co pociągnie za sobą eliminację urządzeń utajnających strumień grupowy. Pozytywną cechą systemu STORCZYK jest wprowadzanie usług VoIP (*Voice over IP*).

Analizując rozwój systemu STORCZYK można zauważyć, że stosowanie rozwiązań niestandardowych (na przykład modulacja CVSD) powoduje potencjalne trudności z kompatybilnością urządzeń. Późniejsze wprowadzanie do systemu interfejsów rodziny ISDN świadczy o przewadze rozwiązań wykorzystywanych powszechnie.

Obecny poziom dojrzałości systemu STORCZYK dobrze rokuje na jego wykorzystanie dla świadczenia usług w NNEC. Stopień wykorzystania systemu STOR-

CZYK w Siłach Zbrojnych, realizujących zadania w kraju i za granicami jest na tyle duży, że należy rozważyć doprowadzenie do takich unowocześnień w systemie, które sprostać wszystkim wymaganiom NNEC.

Zasadniczą trudność w ocenie dojrzałości systemu STORCZYK do zastosowań w NNEC sprawia brak wiedzy o wytycznych taktyczno-technicznych, narzucających kierunek transformacji systemu lub brak takich wytycznych. Obecnie eksploatowana wersja systemu STORCZYK (określana potocznie jako STORCZYK 2005) ma za zadanie udostępniać zarówno usługę telefonii komutowanej oraz umożliwiać transmisję danych. Całkowite zaprzestanie realizacji usług klasycznej telefonii pozwoliłoby na eliminację niektórych urządzeń oraz — co istotniejsze — pozwoliłoby na wykorzystanie innych (efektywniejszych) struktur sygnałów transmisyjnych, niż wymagane do transmisji ruchu komutowanego (zwiększenie PDH).

JAŚMIN jest stosunkowo młodym systemem teleinformatycznym, dedykowanym dla mobilnych (polowych) stanowisk i punktów dowodzenia szczebli taktycznych i operacyjnych. W szczególności system JAŚMIN może być wykorzystywany do rozwijania podsystemu lokalnego (LAS), wykorzystując zdolności transportowe systemu STORCZYK 2000. Zastosowana w systemie JAŚMIN technologia jest w pełni kompatybilna ze stacjonarnym wyposażeniem rozległej sieci teleinformatycznej MIL WAN wykorzystującym protokoły TCP/IP. Takie podejście ułatwia rozwijanie polowych stanowisk i punktów dowodzenia oraz dołączenie ich do istniejącej i rozbudowywanej aktualnie, stacjonarnej infrastruktury teleinformatycznej. Biorąc pod uwagę wymagania i potrzeby operacji sieciocentrycznych, należy stwierdzić, że w perspektywie najbliższych lat system JAŚMIN będzie spełniał powyższe wymagania. Wynika to z wyboru technik i standardów wykorzystywanych w systemie, które przewidywane są równocześnie jako podstawowe rozwiązania dla NNEC. W szczególności dotyczy to techniki Ethernet, protokołu IP w wersji 6 oraz mechanizmu zarządzania opartego na protokole SNMP. Warto również zauważyć zgodność systemu JAŚMIN ze standardami TACOMS Post 2000. W artykule nie przeprowadzono analizy zgodności oprogramowania zastosowanego w systemie JAŚMIN, bo autorzy skoncentrowali się jedynie na analizie systemu w aspekcie wykorzystywanych technik teleinformatycznych.

Artykuł powstał w ramach realizacji projektu PBZ-MNiSW-DBO-02/I/2007.

Artykuł wpłynął do redakcji 14.07.2008 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w październiku 2008 r.

#### LITERATURA

- [1] P. BARTOLOMASI, T. BUCKMAN, A. CAMPBELL, J. GRAINGER, J. MAHAFFEY, R. MARCHAND, O. KRUIDHOF, C. SHAWCROSS, K. VEUM, *NATO Network Enabled Capability, Feasibility Study*, vol. 1: Overview of NATO network-centric operational needs and implications for the development of net-centric solutions, version 2.0, NATO Command, Control and Consultation Agency, 2006.



- [2] *NATO Network Enabled Capability, Feasibility Study*, vol. 2: Annex C to volume II, Communication Technology For NII: Detailed report covering a strategy and roadmap for realizing an NNEC Networking and Information Infrastructure (NII), ver. 2.0, NATO Command, Control and Consultation Agency, 2005.
- [3] P. COPELAND, M. WINKLER, *Analysis of NATO communications standards for the NNEC*, Technical Note 1197, NATO Command, Control and Consultation Agency, 11, 2006.
- [4] Transbit Sp. z o.o., *System zarządzania podsystemem cyfrowej łączności utajnionej sił zbrojnych RP SZAŁ-99*, Opis techniczny, Trb-SZ110-00, Instrukcja Eksploatacji, Trb-SZ140-00 (wersja programu 5.xx), wyciąg dla operatora, Warszawa, 2007.
- [5] Norma obronna, NO-06-A005.2000, Wojskowy system katalogu komunikacyjnego NATO — numeracja siedmiocyfrowa w systemie łączności wojskowej.
- [6] Zalecenie ITU-T G.703, Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces, 11, 2001.
- [7] Zalecenie ITU-T G.705, Characteristics of plesiochronous digital hierarchy (PDH) equipment functional blocks, 10, 2000.
- [8] W. ZAWADZKI, *JAŚMIN wkracza do armii*, Nowa Technika Wojskowa, 5, 2007, 42-48.
- [9] T. WACHOWSKI, *Mobilny JAŚMIN*, Nowa Technika Wojskowa, 1, 2008, 38-42.
- [10] H. KRUSZYŃSKI, M. CICHOCKI, *Zintegrowany węzeł teleinformatyczny JAŚMIN*, Teldat Sp. J., materiały firmowe.
- [11] H. KRUSZYŃSKI, M. CICHOCKI, *Wan Box*, Teldat Sp. J., materiały firmowe.
- [12] H. KRUSZYŃSKI, M. CICHOCKI, *Lan Backbone Box*, Teldat Sp. J., materiały firmowe.
- [13] H. KRUSZYŃSKI, M. CICHOCKI, *Lan Access Box*, Teldat Sp. J., materiały firmowe.
- [14] H. KRUSZYŃSKI, M. CICHOCKI, *Router Box*, Teldat Sp. J., materiały firmowe.
- [15] H. KRUSZYŃSKI, M. CICHOCKI, *Server Box*, Teldat Sp. J., materiały firmowe.

P. ŁUBKOWSKI, J. DOŁOWSKI

### The features of JAŚMIN and STORCZYK 2000 systems in the light of Network Enabling Capabilities environment requirements

**Abstract.** The process of running the military operations in thought of NEC concept requires to access to the information from different sources in aim of achievement of informative superiority. The well-organized communication infrastructure capable to service the IP traffic it's necessary in such environment. The paper presents the NEC basic requirements that are introduced on communication infrastructure. The basic features of Polish Military communication systems such as STORCZYK 2000 and JAŚMIN are presented as well. A special focus is put on the capabilities of transferring the IP services with a satisfactory level of QoS. The presented systems were also analyzed according to the possibility of using them in the NEC operations.

**Keywords:** communication and information systems, NNEC, military communication systems

**Universal Decimal Classification:** 355.077.1

