

УДК 621.396.253

А.А. Смирнов¹, В.Н. Сай², А.В. Коваленко¹¹Кировоградський національний технічний університет, Кировоград²НЦ боевого применения РВиА Сумського державного університета, Сумы

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ РАДИОСИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И СВЯЗИ С ОРГАНИЗАЦИЕЙ МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА

Анализируются перспективы развития систем связи, автоматизированных и информационных систем ВС Украины, приведены результаты сравнительных исследований различных технологий реализации много-стационарного доступа для построения мобильной компоненты системы связи. Показано, что обеспечение требуемых показателей помехозащищенности, имитостойкости и скрытности радиоканалов управления может быть достигнуто за счет применения широкополосных систем радиосвязи с использованием больших ансамблей слабокоррелированных дискретных сигналов.

Ключевые слова: информационные системы, ансамбли слабокоррелированных дискретных сигналов.

Введение

Постановка проблемы в общем виде и анализ литературы. В современных условиях комплексного совершенствования систем управления и связи автоматизация и цифровизация процессов сбора, обработки, обмена и доведения информации во всех звеньях управления являются важнейшими задачами Государственной программы развития ВС Украины [1].

Первоочередным направлением в решении комплекса поставленных задач есть создание базовой информационно-телекоммуникационной сети (ИТС) ВС Украины, развертывание цифровых систем связи с требуемыми показателями помехозащищенности, имитостойкости и скрытности радиоканалов управления [2 – 9].

В данной работе проанализированы перспективы развития систем связи, автоматизированных и информационных систем ВС Украины, приведены результаты сравнительных исследований различных технологий реализации многостанционного доступа для построения мобильной компоненты системы связи.

Показано, что обеспечение требуемых показателей помехозащищенности, имитостойкости и скрытности радиоканалов управления может быть достигнуто за счет применения широкополосных систем радиосвязи с использованием больших ансамблей слабокоррелированных дискретных сигналов.

Проанализированы требования, предъявляемые к современным системам военной связи, критерии и показатели выбора ансамблей дискретных сигналов для построения широкополосных радиосистем управления и связи с множественным доступом по технологии кодового разделения каналов.

Основной раздел

Перспективы развития системы связи, автоматизированных и информационных систем Вооруженных Сил Украины

Основу системы связи, автоматизированных и информационных систем (ИС) Вооруженных Сил Украины на сегодняшний день составляют комплексы средств автоматизации (КСА) оперативно-стратегического, оперативно тактического и тактического уровней. Но, как показывает проведенный анализ и опыт эксплуатации [1], они не позволяют создать современную высокоэффективную АСУ, а могут обеспечить лишь частичное автоматизированное решение задач управления в локальных группировках тактического уровня.

Значительной проблемой остается старение существующего парка техники связи и АСУ. Ее техническое состояние из года в год ухудшается из-за физического старения, пребывания на открытых площадках и отсутствия достаточного финансирования для содержания [1]. Средства отображения, обмена и документирования информации, средства связи морально и физически устарели [1]. На сегодняшний день на вооружении находится техника связи, радиотехнического обеспечения и автоматизации управления, срок эксплуатации которой составляет [1]: до 15 лет – 7,2 %; от 15 до 20 лет – 32 %; свыше 20 лет – 60,8 %.

Таким образом, существующее состояние систем связи, радиотехнического обеспечения и автоматизации управления, с учетом современных требований, нуждается в поиске путей и направлений качественного совершенствования на основе перспективных информационно-телекоммуникационных технологий.

Учитывая стремительное внедрение новейших информационных технологий в телекоммуникаци-

онные сети Украины, основными направлениями развития системы связи, радиотехнического обеспечения и автоматизации управления ИС ВС Украины являются [1]: внедрение в систему управления ВС Украины цифровых средств обмена информацией и технологий; создание автоматизированной системы управления войсками и оружием, совместимой с другими автоматизированными системами; обеспечение обмена и отображения информации на пунктах управления ВС Украины в реальном масштабе времени.

Перспективная система связи Вооруженных Сил Украины предусматривает стационарный и мобильный компоненты (рис. 1) [1]. Стационарный компонент системы связи будет создан на основе цифровой интегральной сети связи (ЦИСС) и предусматривает развертывание информационно-телекоммуникационных узлов (ИТУ) (рис. 2):

– центрального ИТУ ВС Украины – ИТУ Вооруженных Сил Украины, к которому подключены все региональные ИТУ, территориальные ИТУ центрального региона и периферийные ИТУ района размещения. На нем осуществляется коммутация каналов и маршрутизация пакетов между ИТУ разных регионов, территориальными ИТУ центрального региона и между периферийными ИТУ района размещения;

– региональных ИТУ ВС Украины – ИТУ с помощью которых осуществляется подключение к ИТС Вооруженных Сил территориальных ИТУ одного региона, периферийных ИТУ и абонентских пунктов района размещения. На нем осуществляется коммутация каналов и маршрутизация пакетов между территориальными ИТУ своего региона, периферийными ИТУ и абонентскими пунктами района размещения;

– территориальных ИТУ ВС Украины – ИТУ с помощью которых осуществляется подключение к ИТМ Вооруженных Сил периферийных ИТУ и абонентских пунктов района размещения. На нем осуществляется коммутация каналов и маршрутизация пакетов между ИТУ и абонентскими пунктами района размещения;

– периферийных ИТУ ВС Украины – ИТУ пункта управления или военной части. Они предоставляют информационно-телекоммуникационные услуги в интересах служебного персонала управления или воинской части.

ИТУ с помощью опорной сети связи, линий прямой связи между ИТУ и линий привязки объединяются в информационно-телекоммуникационную сеть (рис. 3). Привязка ИТУ осуществляется двулучевым способом с использованием волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) к стационарной или полевой телекоммуникационной сети общего (государственного) пользования. Резервирование

телекоммуникационных сетей (ВОЛС) осуществляется с использованием цифровых радиорелейных и тропосферных средств связи, имеющих пропускную способность от 256 до 8448 кБ/с.

Мобильный компонент системы связи и автоматизированного управления войсками ВС Украины запланировано строить по трехуровневой схеме: ИТУ стратегического уровня; ИТУ оперативно – стратегического уровня; ИТУ тактического уровня.

ИТУ мобильного компонента состоит из специализированных комплексных аппаратных (цифрового каналообразования, сетей доступа, радиосвязи и радиодоступа). Использование новых комплексов цифровой связи позволит повысить качество и достоверность связи, уменьшить количество аппаратных связей на пунктах управления и сделать их универсальными, обеспечить помехозащищенность, имитостойкость и скрытность радиоканалов управления.

Проведенный анализ качественных характеристик современных систем связи и АСУ показывает, что обеспечение требуемых показателей помехозащищенности, имитостойкости и скрытности радиоканалов управления мобильной компоненты системы связи и автоматизированного управления войсками ВС Украины может быть достигнуто за счет применения широкополосных систем радиосвязи с организацией множественного доступа по технологии кодового разделения каналов [2 – 7].

Реализация динамического режима функционирования, использование больших ансамблей дискретных сигналов с улучшенными свойствами позволит обеспечить требуемые показатели эффективности каналов управления и связи [8, 9]. С точки зрения эффективного использования частотно-временных и энергетических ресурсов каналов связи широкополосные системы с шумоподобными дискретными сигналами и прямым расширением спектра является наиболее перспективным направлением совершенствования мобильной компоненты системы связи [2 – 9].

Передаваемые сообщения в таких каналах приобретают вид шумоподобных последовательностей, а за счет большой мощности ансамблей дискретных сигналов и прямого расширения частотного спектра обеспечивается высокая имитостойкость, помехозащищенность и скрытность радиоканалов управления [8].

Разделение абонентских каналов и реализация многостанционного доступа обеспечивается по технологии кодового разделения каналов за счет использования больших ансамблей дискретных сигналов (псевдослучайных последовательностей (ПСП)) с улучшенными ансамблевыми, корреляционными и структурными свойствами [2 – 9].

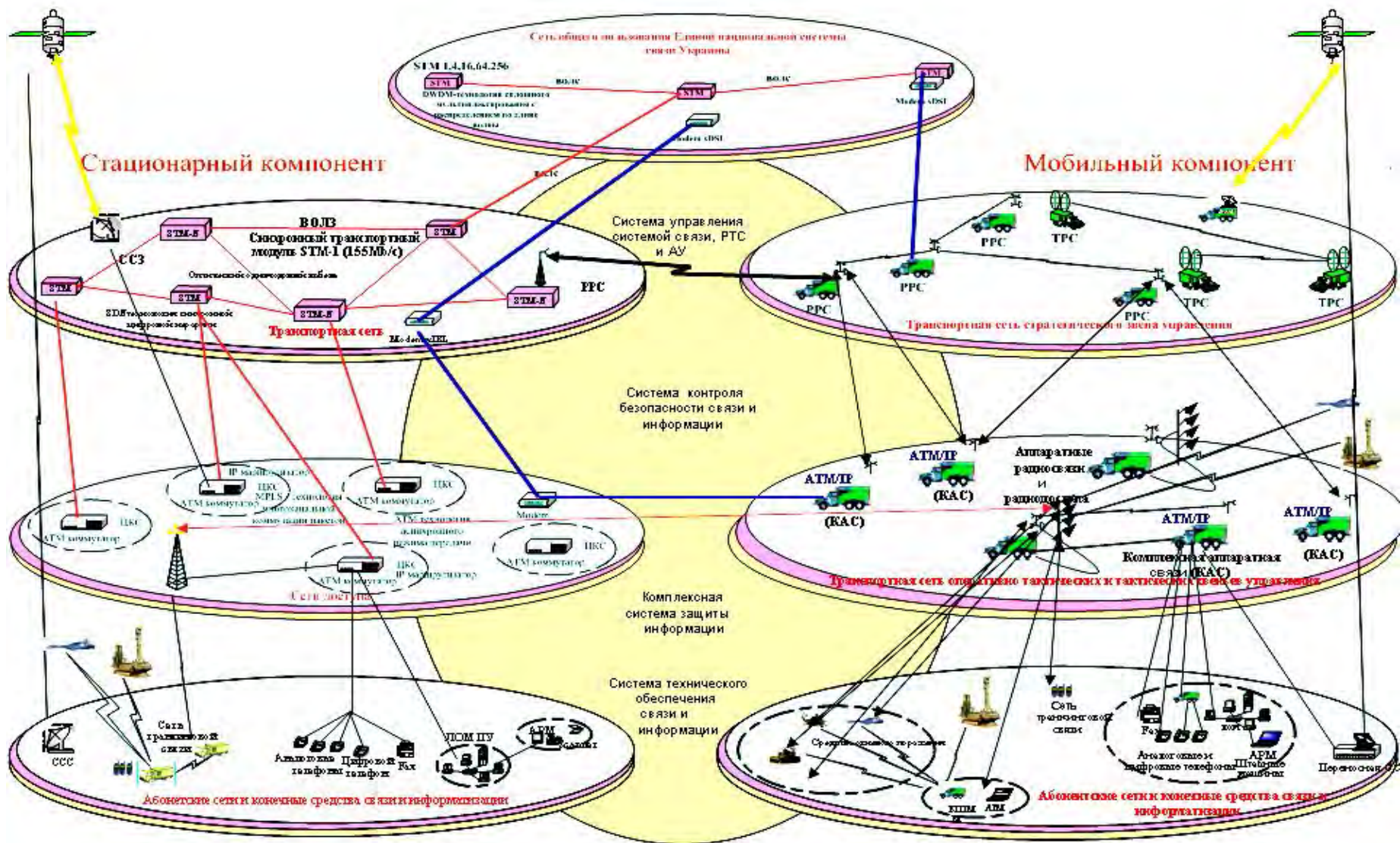


Рис. 1. Перспективы построения цифровой системы связи Вооруженных Сил Украины

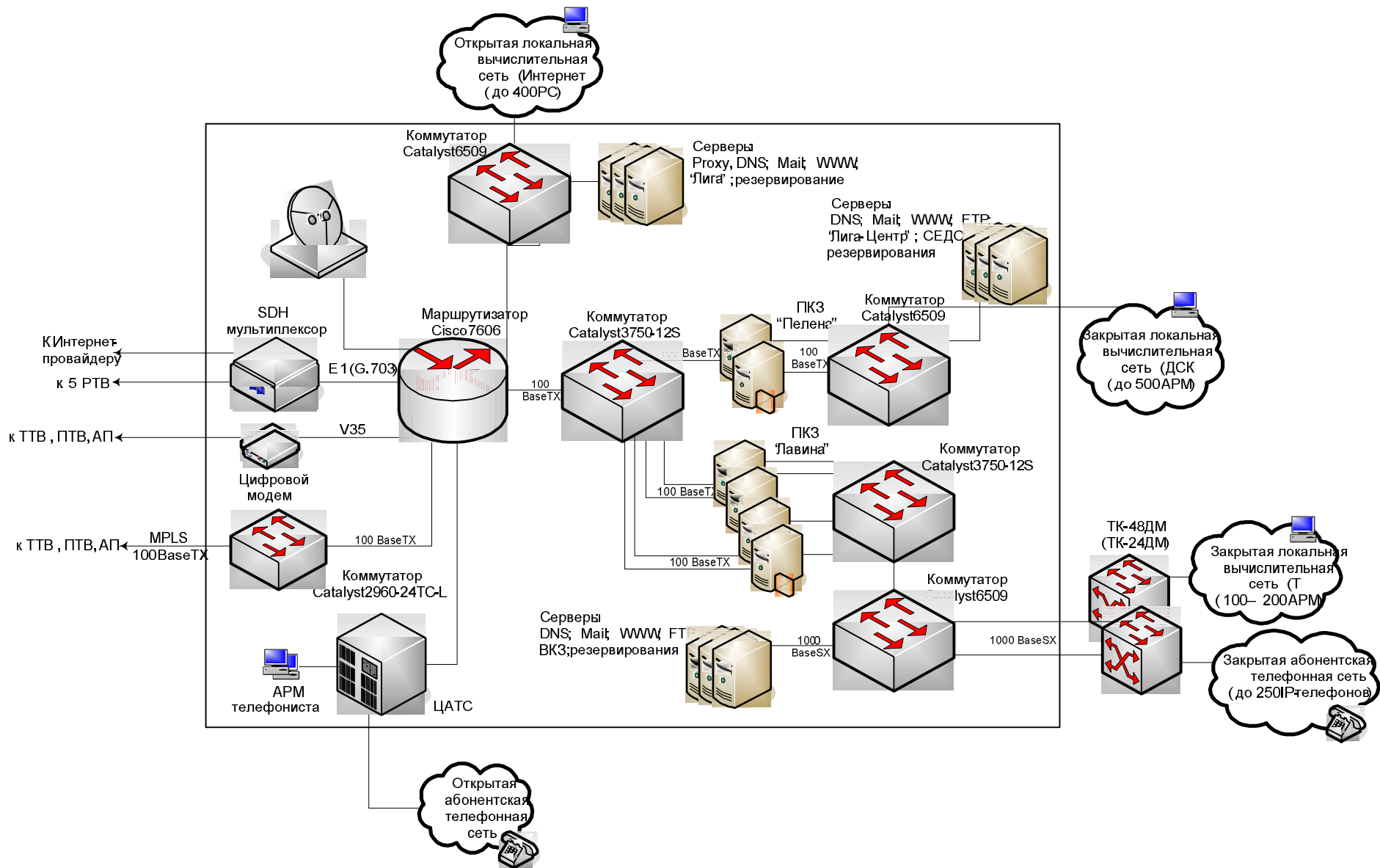


Рис. 2. Структура информационно-телекоммуникационного узла ВС Украины

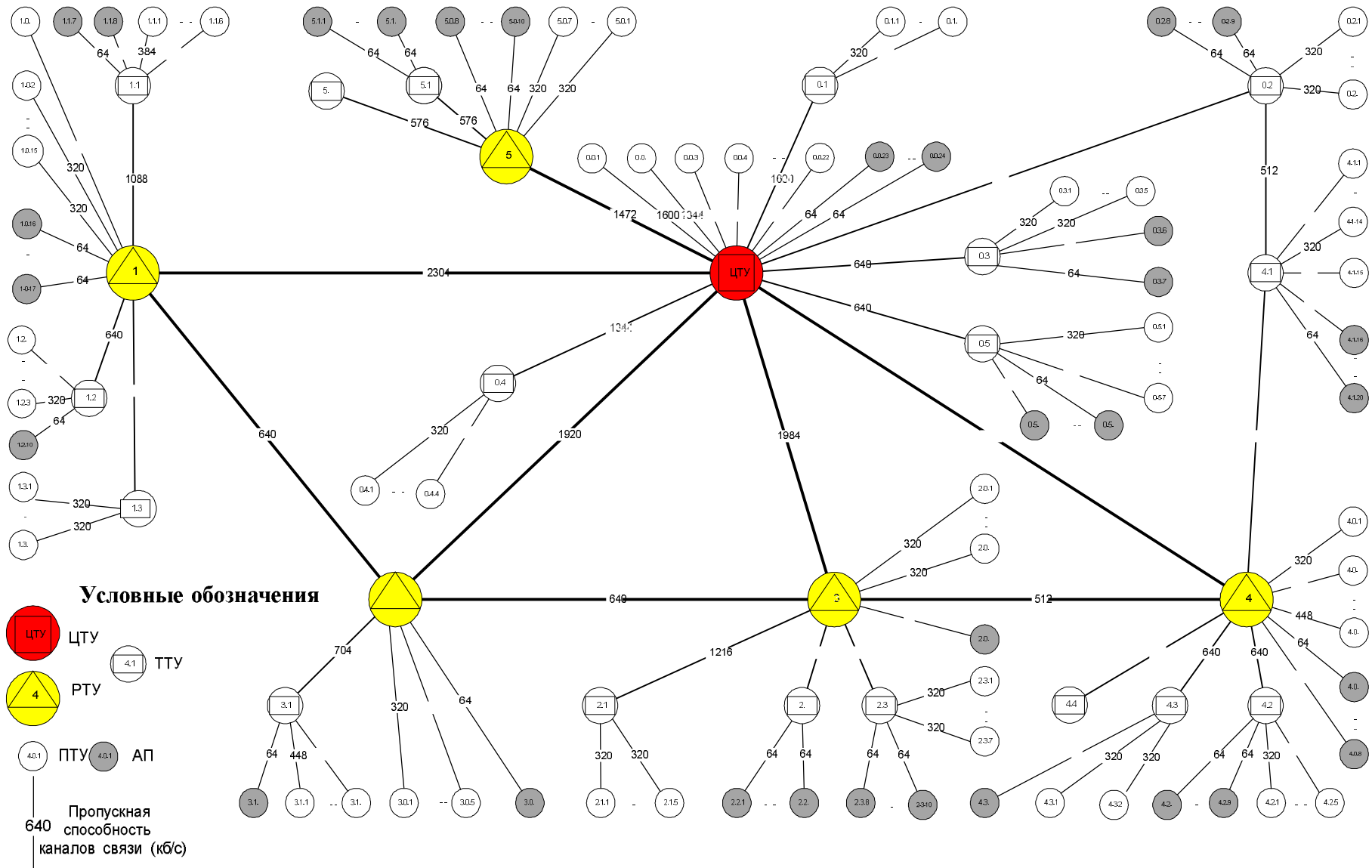


Рис. 3. Схема информационно-телекоммуникационной сети ВС Украины

Основные возможности современных систем связи с обеспечением многостанционного доступа с кодовым разделением каналов (Code Division Multiple Access – CDMA) приведены в табл. 1 [6]. Сравнительные характеристики систем связи, построенных по технологиям кодового (CDMA) и временного (TDMA) разделения каналов, приведены в табл. 2 [4, 6].

Анализ данных табл. 1, 2 показывает, что цифровые системы связи с обеспечением множественного доступа по технологии кодового разделения каналов обеспечивают возможность использования

современных информационно-телекоммуникационных услуг и имеют существенные преимущества по сравнению с другими технологиями многостанционного доступа, например, TDMA. Преимущество технологии CDMA обеспечивается за счет функционирования абонентских терминалов в одной полосе частот, число организуемых каналов связи определяется числом используемых псевдослучайных последовательностей (мощностью ансамбля дискретных сигналов) и порядок которых для современных систем составляет $10^6 \dots 10^9$ [4, 6].

Таблица 1

Основные возможности современных систем связи с кодовым разделением каналов

Вид услуги	Скорость передачи, кбит/с	Услуги
Голосовая связь	4 – 32	Речь, голосовая почта
Низкоскоростной обмен данными	9,6 – 14,4	SMS, определение местоположения
Передача к коммутируемым данным (ISDN)	до 64	Услуги сетей ISDN
Интерактивный обмен мультимедиа-данными	128 – 384	Видеотелефонная связь, передача изображений и больших объемов информации
Асимметричная передача мультимедиа-данных	384 – 2048	Работа с сетями Internet и интрасетями

Таблица 2

Сравнительные характеристики систем CDMA и TDMA

Стандарт, тип системы	IS-136, подвижная/фиксированная	GSM, подвижная/фиксированная	CDMA, мобильная	CDMA, мобильная	CDMA, фиксированная
Полоса, МГц	0,03	0,2	1,23	1,23	1,23
Скорость вокодера, Кбит/с	8	13	8	13	8
Число каналов трафика на несущую	3	8	23	12	35
Число каналов трафика на соту при полосе 3 МГц	42	30	138	72	258
Емкость (каналов трафика на 1 МГц на соту)	14,3	10	56,1	29,6	86,2

Кроме того, использование слабокоррелированных последовательностей с высокой структурной скрытностью обеспечивает достижение высоких показателей имитостойкости и помехоустойчивости [2 – 9].

Таким образом, эффективное функционирование цифровых систем связи с обеспечением множественного доступа по технологии кодового разделения каналов непосредственно зависит от ансамблевых, корреляционных и структурных свойств формируемых дискретных сигналов.

Проведем анализ требований, предъявляемых к современным системам военной связи, проанализируем критерии и показатели выбора ансамблей дискретных сигналов для построения широкополосных шумоподобных радиосистем управления с реализа-

цией множественного доступа по технологии кодового разделения каналов.

Анализ современных требований к перспективным широкополосным радиосистемам управления с множественным доступом

Проведенный анализ показал, что основными требованиями, предъявляемыми к перспективным широкополосным радиосистемам управления с множественным доступом являются [2 – 9]:

– помехоустойчивость, характеризующая способность военной связи обеспечивать управление войсками (силами) и оружием в условиях воздействия помех всех видов;

– помехозащищенность, характеризующая способность военной связи обеспечивать управление

войсками или силами и оружием в условиях воздействия преднамеренных помех противника (зломшленика);

– имитостойкость, характеризующая способность военной связи ее способность противостоять вводу в нее ложной информации, несанкционированному доступу к передаваемой или принимаемой информации, навязыванию ложных режимов работы средствам связи;

– абонентская емкость системы связи, характеризующая ее способность обеспечивать доступ к услугам связи различного числа абонентов информационного обмена.

Система военной связи предназначена для обеспечения системы управления войсками (силами) и оружием качественной военной связью [1, 10]. Качество военной связи характеризует ее способность обеспечивать своевременную, достоверную и скрытую передачу (прием) и доставку сообщений [1, 10]:

– под своевременностью понимают способность военной связи обеспечивать передачу (прием) и доставку сообщений в заданные сроки;

– под достоверностью понимают способность военной связи обеспечивать воспроизведение передаваемых сообщений в пунктах приема с заданной точностью;

– под скрытностью понимают способность военной связи обеспечивать сохранение в тайне от противника содержания передаваемой информации и факт ее передачи.

Проанализируем основные показатели и критерии оценки помехоустойчивости, имито- и помехозащищенности, абонентской емкости системы военной связи, а также частные показатели и критерии оценки качества военной связи: своевременности, достоверности и скрытности.

Основным показателем оценки своевременности военной связи является вероятность доведения $P_{\text{дов}}$ информации до получателя за время T , не превышающее требуемое $T \leq T_{\text{тр}}$, где T – реальное время доведения сообщения до получателя, характеризующее оперативность военной связи и зависящее от времени подготовки, передачи и обработки сообщения на принимающей стороне. Современные требования по своевременности и оперативности составляют [2 – 9]:

$$P_{\text{дов}} \geq 0,999; \quad T \leq T_{\text{тр}} = 2с.$$

Общим показателем оценки достоверности связи является вероятность правильного приема сообщения в процессе передачи $P_{\text{п.п.}}$. Более удобным для количественной оценки является показатель потери достоверности, в качестве которого используют ошибочного приема $P_{\text{ош}} = 1 - P_{\text{п.п.}}$ сообщения. Современные требования по достоверности составляют [2 – 9]:

$$P_{\text{ош}} \leq 10^{-9}, \quad P_{\text{п.п.}} = 1 - P_{\text{ош}}.$$

Скрытность военной связи оценивают с помощью отдельных показателей, характеризующих пространственную $S_{\text{п.с.}}$, частотную $S_{\text{ч.с.}}$, временную $S_{\text{в.с.}}$, энергетическую $S_{\text{э.с.}}$ и структурную $S_{\text{с.с.}}$ скрытность. Интегральный показатель скрытности S военной связи можно оценить по критерию минимального риска $S = \min \{S_{\text{ч.с.}}, S_{\text{в.с.}}, S_{\text{э.с.}}, S_{\text{п.с.}}, S_{\text{с.с.}}\}$. Скрытность военной связи оценивается в относительных величинах, современные требования к перспективным системам зависят от функционального назначения системы управления и связи и лежат в диапазоне [2 – 9]: $0 \leq S \leq 1$.

Основным показателем помехоустойчивости γ системы военной связи является минимально необходимое соотношение энергии передаваемых сигналов к спектральной плотности мощности шума E/N_0 , требуемое для достижения заданной достоверности передачи информации, т.е.

$$\gamma = \min(E/N_0 | P_{\text{ош}} \leq P_3),$$

где P_3 – заданная (допустимая) величина потери достоверности.

Современные требования к помехоустойчивости системы связи дифференцированы по способам организации передачи данных, видам модуляции и способам обработки сигналов [2 – 9]. В общем виде требования к помехоустойчивости запишем в виде:

$$\gamma = \min(E/N_0 | P_{\text{ош}} \leq 10^{-9}).$$

Для важнейших систем боевого управления, предназначенных для организации связи с военными объектами в чрезвычайно сложной помеховой обстановке, требования к помехоустойчивости выражаются в минимально необходимом (для обеспечения требуемой величины достоверности) соотношении мощности полезного сигнала P_c к мощности шума $P_{\text{ш}}$. В соответствии с современными положениями эта величина должна достигать – 40 дБ, т.е. требуемая достоверность связи должна быть обеспечена даже при условии, когда мощность шума превышает мощность полезного сигнала в 10 000 раз [2 – 9].

Помехозащищенность оценивается с использованием вероятностного показателя $P_{\text{под}}$, характеризующего вероятность подавления каналов связи и зависящего как от вероятности разведки противника, постановки им специально организованных (структурных) помех, так и от вероятностей успешного решения задач средствами связи, при условии воздействия преднамеренных и естественных помех. Современные требования по помехозащищенности составляют [2 – 9]: $P_{\text{под}} \leq 10^{-5}$.

Имитостойкость системы военной связи оценивается с помощью вероятностного показателя навязывания ложной информации, несанкционированному доступу к передаваемой или принимаемой информации, навязыванию ложных режимов работы средствам связи P_n . Вероятность навязывания зависит от отдельных показателей навязывания ложных сигналов, кодовых последовательностей, несанкционированного доступа к передаваемой или принимаемой информации. Современные системы связи должны обеспечивать имитостойкость радиоканалов управления на уровне [2 – 9]: $P_n \leq 10^{-9}$.

В качестве показателя абонентской емкости системы связи используют максимальное число абонентов L , которые могут одновременно участвовать в процессе информационного обмена. Для современных систем радиосвязи характерно постоянное повышение требований к числу абонентских каналов и интенсификация информационного обмена данными. На практике, при проектировании системы связи показатель абонентской емкости L максимизируют (при обеспечении требований эффективности по остальным частным показателям).

Таким образом, проведенный анализ показал, что эффективность функционирования системы военной связи оцениваются через совокупность отдельных (частных) показателей помехоустойчивости, имито- и помехозащищенности, своевременности, достоверности и скрытности управления и связи. В общем виде показатель эффективности системы связи можно записать в виде функционала:

$$\Phi = f(\gamma, P_{\text{под}}, P_n, P_{\text{дов}}, T, P_{\text{ош}}, S, L),$$

где вид функции $f(\gamma, P_{\text{под}}, P_n, P_{\text{дов}}, T, P_{\text{ош}}, S, L)$ определяется целевым назначением системы связи, а условия ее функционирования и предъявляемые требования выражаются в виде системы ограничений на отдельные (частные) показатели, выступающие в роли аргумента функции f .

Задача повышения эффективности системы связи математически может быть записана в виде целевой функции:

$$\max [f(\gamma, P_{\text{под}}, P_n, P_{\text{дов}}, T, P_{\text{ош}}, S, L)],$$

где экстремум (максимум обобщенного показателя эффективности) находится по возможным реализациям системы связи с учетом накладываемой системы ограничений на отдельные (частные) показатели.

Аналитических методов решения указанной задачи в виду ее чрезвычайной сложности на сегодняшний день не разработано [2 – 9], эффективность системы управления и связи повышают за счет улучшения отдельных (частных) показателей системы.

Таким образом, проведенный анализ показал, что повышение абонентской емкости системы связи,

помехозащищенности, имитостойкости и скрытности радиоканалов управления широкополосных систем с прямым расширением спектра и организацией множественного доступа посредством кодового разделения каналов может быть основано на использовании дискретных сигналов с улучшенными ансамблевыми, корреляционными и структурными свойствами [2 – 9].

Выводы

Проведенный анализ состояния и перспектив развития систем связи, автоматизированных и информационных систем ВС Украины показал, что техническую основу стоящих на вооружении систем управления составляют комплексы средств автоматизации, техника связи и АСУ, морально и физически устаревшие и способные обеспечить лишь частичное решение задач управления в локальных группировках тактического уровня. Подавляющее большинство (более 75%) составляет устаревшая техника автоматизации и связи, срок эксплуатации которой составляет 20 и более лет.

Учитывая стремительное внедрение новейших информационных технологий в телекоммуникационные сети Украины, основным направлением развития систем связи и АСУ является автоматизация и цифровизация процессов сбора, обработки, обмена и доведения информации во всех звеньях управления, создание базовой информационно-телекоммуникационной сети ВС Украины, развертывание цифровых систем связи с требуемыми показателями помехозащищенности, имитостойкости и скрытности радиоканалов управления.

Проведенный анализ качественных характеристик современных систем связи и АСУ показывает, что обеспечение требуемых показателей помехозащищенности, имитостойкости и скрытности радиоканалов управления мобильной компоненты системы связи и автоматизированного управления войсками ВС Украины может быть достигнуто за счет применения широкополосных систем радиосвязи с организацией множественного доступа по технологии кодового разделения каналов. Реализация динамического режима функционирования, использование больших ансамблей дискретных сигналов с улучшенными свойствами позволит обеспечить требуемые показатели эффективности каналов управления и связи.

Список литературы

1. Кушнір О.І. Перспективи розвитку системи зв'язку, РТЗ, автоматизованих та інформаційних систем Повітряних Сил / О.І. Кушнір // Восьма наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба «Новітні технології – для захисту повітряного простору», 18 – 19 квітня 2012 року: тези доповідей – Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2012. – С. 150-151.

2. Стасев Ю.В. Основы теории побудови сигналів / Ю.В. Стасев. – Х.: ХВУ, 1999. – 87с.
3. Варакин Л.Е. Теория систем сигналов / Л.Е. Варакин. – М.: Сов. радио, 1978. – 304 с.
4. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр. – М.: Вильямс, 2003. – 1104 с.
5. Горбенко И.Д. Теория дискретных сигналов. Ортогональные сигналы / И.Д. Горбенко, Ю.В. Стасев, А.А. Замула. – М.: МО СССР, 1988, 119 с.
6. Гряник М.В. Технология CDMA – будущее сотовых систем в Украине / М.В. Гряник, В.И. Фролов // Мир связи. – 1998. – № 3. – С. 40-43.
7. Цифровые методы в космической связи / Под ред. С. Голомба. – М.: Связь, 1969. – 272 с.

8. Горбенко И.Д. Анализ производных ортогональных систем сигналов / И.Д. Горбенко, Ю.В. Стасев // Радиотехника. – 1989. – № 9. – С. 16-18.
9. Свердлик М.Б. Оптимальные дискретные сигналы / М.Б. Свердлик. – М.: Сов. радио, 1975. – 200 с.
10. ДСТУ В 3265 – 95. Зв'язок військовий. Терміни та визначення. – К.: УкрНДІССІ, 1995. – 23с.

Поступила в редколлегию 20.06.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасев, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ В УДОСКОНАЛЮВАННІ РАДІОСИСТЕМ КЕРУВАННЯ Й ЗВ'ЯЗКУ З ОРГАНІЗАЦІЄЮ МНОЖИННОГО ДОСТУПУ

О.А. Смірнов, В.М. Сай, О.В. Коваленко

Аналізуються перспективи розвитку систем зв'язку, автоматизованих і інформаційних систем ЗС України, наведені результати порівняльних досліджень різних технологій реалізації багатовантажного доступу для побудови мобільного компонента системи зв'язку. Показано, що забезпечення необхідних показників перешкодозахищеності, імітативності й скритності радіоканалів управління може бути досягнуто за рахунок застосування широкополосних систем радіозв'язку з використанням великих ансамблів слабокорельованих дискретних сигналів.

Ключові слова: інформаційні системи, ансамблі слабокорельованих дискретних сигналів

ANALYSIS OF PROMISING DIRECTIONS IN ENHANCING RADIOSYSTEMS CONTROL AND COMMUNICATION WITH THE MULTIPLE ACCESS

A.A. Smirnov, V.N. Say, A.V. Kovalenko

The prospects of development of communications, automation and information systems of the Armed Forces of Ukraine, the results of comparative studies of different ways of doing a lot station permission to build a mobile communication system components. It is shown that the provision of the required indicators interference protection, durability simulation and stealth radio control can be achieved using a wide band-pass radio communication systems using large ensembles of weakcorrelated digital signals.

Keywords: information systems, ensembles of weakcorrelated digital signals.