

## ЦИФРОВЫЕ СРЕДСТВА СВЯЗИ

В настоящее время в Сухопутных войсках Вооруженных Сил Украины активно используются средства связи иностранного, но, как правило, гражданского производства: транкингового оборудования «Motorola», станций широкополосного доступа фирм Ubiquiti, Mikrotik, коммутаторов и маршрутизаторов фирм Cisco, Mikrotik, оборудование сети «Укртелеком» и т.п., а также радиосредства военного назначения фирм Harris, Aselsan. Это позволило овладеть цифровыми технологиями и объединить в короткие сроки достаточно большое количество узлов разного ранга в единую сеть.

### Цифровые средства транкингового и спутниковой связи Основы передачи информации цифровыми сигналами

Современные аналоговые радиостанции в большинстве своем используют частотную модуляцию. Аналоговые сигналы широко используются в современных радиостанциях, но их использование уменьшается при появлении более надежных цифровых систем передачи звука и данных.

*Аналоговый сигнал* – сигнал непрерывный по всему промежутку времени, как правило, выраженный синусоидальным колебанием.

Цифровые сигналы представлены двоичными числами 1 и 0. Числа 1 и 0 соответствуют разным уровням напряжения. С использованием цифровых методов передачи данных, коррекции ошибок и контрольных битов можно гарантировать доставку каждого передаваемого пакета данных. Программное обеспечение включает в себя алгоритмы, которые различают полезный сигнал и фоновый шум.

Беспроводная цифровая передача данных обеспечивает такую же надежность доставки данных, как и ведущие цифровые системы.

*Цифровой сигнал* – дискретный сигнал с определенным значением информативного параметра, определяемого в цифровой форме.

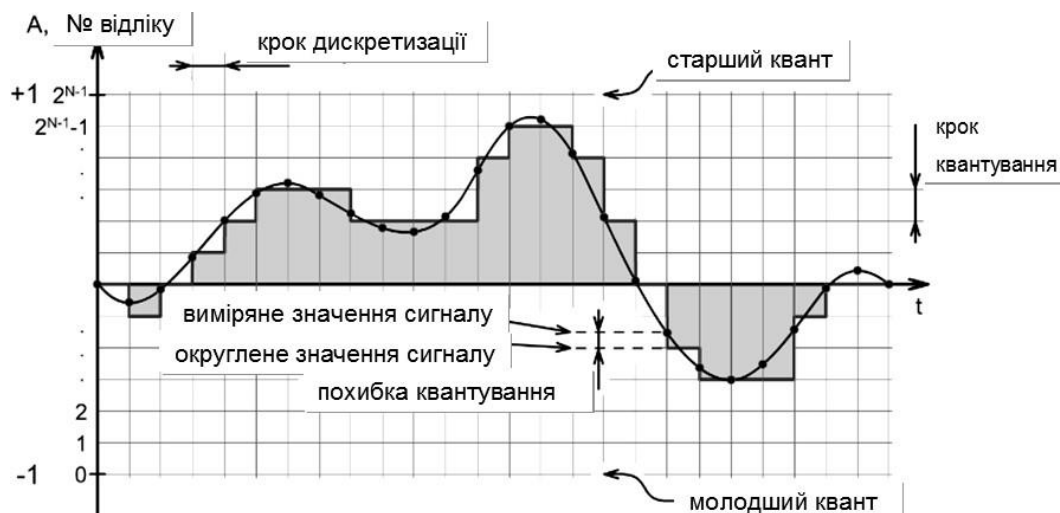


Рис. 1. Квантование и дискретизация аналогового сигнала

Цифровые сигналы представляют собой цифровое отображение

дискретного сигнала, который можно получить путем квантования аналогового сигнала (рис. 4.1).

В компьютерах и других цифровых системах сигнал передается в виде двоичных чисел (0 и 1).

На практике сравним обычный стационарный телефон – аналоговая связь с сотовым телефоном – цифровая связь. Для первого примера характерен звук помех, возможна нечеткость в передаче. А в сотовом телефоне нет шумов, голос передается четко, без искажений, недостатки фактически отсутствуют, но могут быть провалы при передаче, когда определенная часть сигнала не дошла.

Цифровая передача значительно выигрывает по качеству от аналоговой. Также цифровая связь достаточно хорошо шифруется.

*Преимущества аналоговых радиостанций* : аналоговые радиостанции передают звук в незакодированном виде, принимаемом большинством пользователей; существует множество типов радиостанций и аксессуаров. Использование частот хорошо описано в большом количестве литературы, процесс формирования сигналов и создание аналоговой аппаратуры более простой для понимания большинства пользователей.

*Недостатки аналоговых радиостанций* : на одном канале одновременно может проводиться только один разговор; аналоговые радиостанции должны быть настроены на определенную частоту несущего сигнала; с аналоговыми радиостанциями невозможно использовать программные приложения.

*Преимущества цифровых радиостанций* : цифровые радиостанции обеспечивают лучшее подавление шумов и сохраняют качество звука на большем расстоянии по сравнению с аналоговыми, особенно на граничных расстояниях связи; возможно одновременное проведение нескольких разговоров на одном канале; возможность передавать дополнительную информацию: персональный идентификатор радиостанции, краткие сообщения; экономное использование частотного диапазона (плотность каналов вдвое выше, чем в аналоговых радиостанциях; современные радиостанции работают гораздо дольше на тех же источниках питания; цифровые сигналы могут приниматься с помощью стандартных антенн; цифровая обработка голоса позволяет уменьшить влияние внешнего фонового шума во время передачи, что особенно актуально для громких производственных помещений, для цифровых радиостанций разработаны специальные программы, существенно расширяющие функциональные возможности, цифровые радиостанции поддерживают работу в аналоговом режиме, то есть совместимы с аналоговыми радиостанциями, реализована возможность отслеживать перемещение сотрудников в пределах одной сети.

*Недостатки цифровых радиостанций* : как и все новые цифровые технологии, современные радиостанции имеют большую стоимость, чем аналоговые; через дополнительные настройки и усовершенствование функциональности увеличивается время обучения новых пользователей; цифровые сигналы чувствительны к радиочастотным шумам, присутствие которых может явиться результатом ошибки.

## **Система транкинговой связи «Mototrbo»**

В настоящее время в Вооруженных Силах Украины радиосвязь организована на основе комплексов ультракоротковолновой транкинговой связи компании «Motorola», которые характеризуются высоким качеством и функциональными возможностями. Эффективность применения этих средств связана, прежде всего, с небольшими габаритами и помехоустойчивостью, возможностью технической маскировки при ведении радиообмена.

Система «Mototrbo», соответствующая европейскому стандарту DMR (Digital Mobile Radio), успешно внедрена в 150 странах мира. В ней реализована технология TDMA (англ. Time Division Multiple Access множественный доступ с распределением по времени), которая обеспечивает высокую эффективность использования радиочастотного ресурса путем создания двух разговорных логических каналов (два временных слота) в пределах одного физического канала.

Такой способ организации связи позволяет обеспечить радиотелефонную связь со временем установления соединения менее 300 мс и возможностью передачи коротких текстовых сообщений и небольших файлов (со скоростью передачи около 1,8 Кбит/с).

*Транкинговые системы* (англ. Trunking – объединение в пучок) – радиальнозоновые системы связи, осуществляющие автоматическое распределение каналов связи между абонентами. Под термином «транкинг» понимают метод доступа абонентов к общему выделенному числу (пучка) каналов, при котором свободный канал выделяется абоненту во время сеанса связи.

Число каналов определяется канальной емкостью базовой станции (ретранслятора). В стандарте «Mototrbo» базовые станции не используются, элементами системы транкинговой связи являются абонентские станции (автомобильные и портативные) и ретранслятор (один или несколько). Внешний вид абонентских станций представлен (приложение 1).

*Ретранслятор* – приемопередатчик, имеющий большую мощность и более эффективную антенну (антенны), чем абонентские станции. Он принимает сигнал абонентской станции на частоте F1, усиливает и передает корреспонденту на другой частоте – F2.

Удаленность связи (зона покрытия ретранслятора) зависит от местности (рельефа и плотности застройки), размещения ретранслятора, его антенно-фидерного тракта и т.д. Ориентировочные значения дальности связи при размещении ретранслятора на значительном повышении и равнинной местности: - 20 км между портативными станциями, 80 км- между автомобильными.

Если высота подъема антенн до 15 м ретранслятор располагается не на повышении, а на равнинной местности, – к 20 км автомобильными, к 8 км – с портативными. При использовании направленных антенн в ретрансляторе удаленность связи возрастает ориентировочно до 30%.

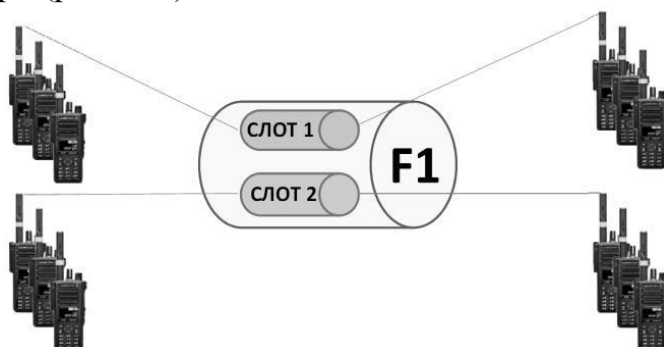
*Односайтовая система с одним ретранслятором* . Простейшей

конфигурацией системы транкинговой связи "Mototrbo" является односайтовая система с одним ретранслятором.

*Работа в режиме прямой связи.* Если известно, что абонент будет преимущественно разговаривать с находящимися неподалеку корреспондентами (например, до 1 км), целесообразно, чтобы его станция была настроена на канал прямой связи, созданный в интересах его разговорной группы. Это обеспечит большую вероятность занятости каналов ретранслятора.

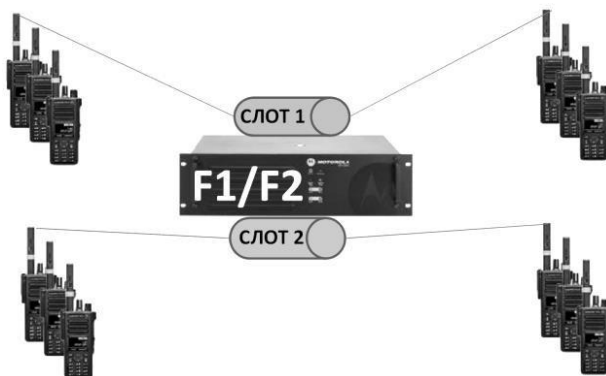
При необходимости связаться с корреспондентом, не находящимся в зоне досягаемости на канале прямой связи, необходимо перейти на канал ретранслятора. Для того чтобы абоненты, находящиеся на разных каналах, могли вызывать друг друга, при настройке параметров канала предполагается установка режима сканирования необходимых каналов. Для каналов прямой связи предназначается только одна частота.

*Режим двойной емкости.* При создании каналов прямой связи предполагается возможность за счет уплотнения во времени на одной частоте создать два разговорных канала, что позволяет более экономно расходовать частотный ресурс (рис. 4.2).



**Рис. 2. Режим двойной емкости в прямом канале**

Интервал времени, отведенный на передачу одного канала, называют *тайм-слотом*. Все время делится на два тайм-слота, каждый из которых может быть отдан отдельной группе разговоров.



**Рис. 3. Работа через ретранслятор**

При этом одна из станций-участников одной из этих групп назначается ответственной за синхронизацию (главная станция), еще одна – ее

заместителем (отвечает за синхронизацию, если главная не работает). Все остальные абонентские станции синхронизируют время по сигналам главной.

*Работа через ретранслятор* . Один ретранслятор типа DR3000 обеспечивает два канала на одной паре частот (передача F1 и прием F2). Два канала также снабжаются за счет разделения времени на два тайм-слота (рис. 4.3). В каналах ретранслятора за синхронизацию времени отвечает сам ретранслятор .

*Capacity Plus*. Для увеличения канальной емкости необходимо устанавливать вместе несколько (при передаче речи до восьми ) ретрансляторов, каждому из которых назначается своя пара частот. Такая конфигурация системы называется Capacity plus и доступна при наличии соответствующей лицензии.

Пусть на сайте установлено 2 ретранслятора. Они обеспечивают создание 4 каналов. Все незанятые абоненты находятся на канале ожидания (один из четырех). Когда по необходимости одна из радиостанций инициирует вызов, этот канал автоматически становится разговорным, а все незадействованные в вызове абоненты переходят на новый канал ожидания. К примеру, на рис. 4.4 показано использование каналов разговорными группами "А", "В" и "С", следующий свободный канал (обозначен как слот 4) - канал ожидания, на котором находятся все неактивные абоненты.

Таким образом, 2 ретранслятора обеспечивают 3 разговорных канала, 3 ретранслятора – 5, а 4 ретранслятора – 7 разговорных каналов и т.д.

*IP connect*. При необходимости расширения зоны покрытия или обеспечения связи между территориально рассредоточенными абонентами (структурными подразделениями одной организации) создается несколько сайтов. Ретрансляторы сайтов одной системы соединяются между собой по IP каналам. Такая конфигурация называется IP site connect. Всего в системе может быть до 15 сайтов. Ретранслятор одного из сайтов назначается главным («Master»), а другие – подчиненными («Slave»). При объединении ретрансляторов можно создать между ними защищенные каналы VPN (Virtual Private Network).

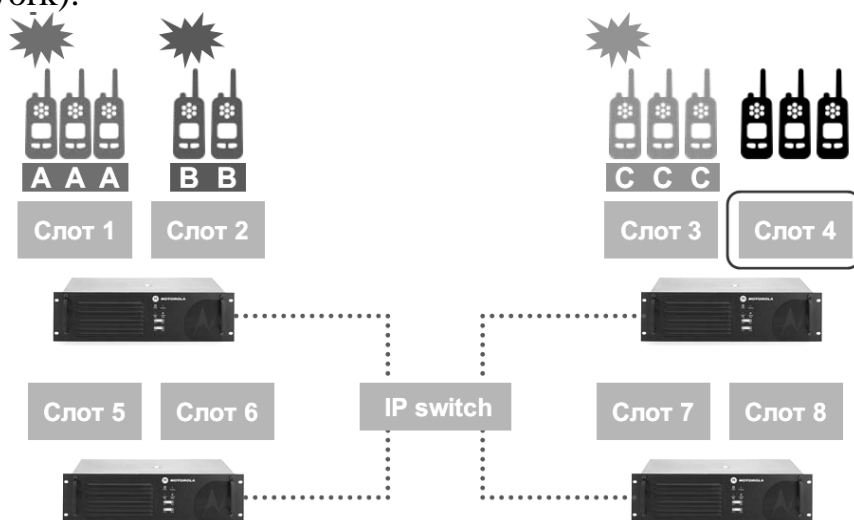


Рис. 4. Принцип работы системы Capacity Plus

Ретрансляторы периодически отправляют пилот-сигналы для оценки уровня их абонентскими станциями. Если предполагается, что абоненты могут изменять местоположение и переходить в зону действия других ретрансляторов, у абонентских станций должны быть настроены каналы всех обслуживающих их ретрансляторов и списки роуминга, где указаны каналы этих ретрансляторов.

Станция автоматически настроится на канал ретранслятора с сигналом наибольшей интенсивности после того, как уровень сигнала ретранслятора, канал которого установлен на ней в данный момент, опустится ниже порогового значения («Порог RSSI»). Режим роуминга приводит к более быстрой разрядке АКБ (примерно на 20%), поэтому целесообразно его выключать, если местонахождение не меняется.

Если абонент, находящийся в зоне одного ретранслятора, инициирует вызов абонента (абонентов) в зоне действия другого, все ретрансляторы получают запрос абонента на установку соединения, посылают запрос, чтобы определить, где находится нужен или нет, и ретранслирует сигнал только тот ретранслятор, на канале которого находится абонент, которого вызывают.

Если предполагается перемещение абонентов между зонами обслуживания нескольких ретрансляторов, не соединенных в единую сеть IP site connect, для возможности ведения связи между собой и с абонентами в зоне действия текущего ретранслятора целесообразно запрограммировать их станции на несколько зон (каждая зона отвечает определенному ретранслятору). Если это станция типа DP4400, которая позволяет поддерживать только 2 зоны, а ретрансляторов больше 2-х, нужно дополнительно записать каналы ретрансляторов на свободные позиции в зонах.

*Smart PTT.* Через маршрутизаторы можно объединять несколько сетей IP site connect. Для этого необходима минимальная пропускная способность каналов 64 Кбит/с на 2 тайм-слота. Один тайм-слот глобальный, 2-й – локальный, без выхода в Ethernet. Всего в системе может быть до 256 ретрансляторов. Для этого необходимо приобрести программное обеспечение Smart PTT (продукт Motorola) и соответствующую лицензию.

*Linked Capacity plus.* Для наращивания абонентской емкости и зоны покрытия одновременно может создаваться система «Linked Capacity plus» (многосайтовая система с несколькими ретрансляторами на каждом сайте, в IP site connect – один ретранслятор на одном сайте). Такая возможность есть при наличии соответствующей отдельной лицензии.

*Connect Plus.* Многосайтовая система с применением контроллеров для подключения сайтов к ней. В системе поддерживается до 100 сайтов, в каждом до 15 ретрансляторов. Для этого режима необходимо осуществить дооснащение радиостанций опциональной платой и приобрести соответствующую лицензию.

*Шифрование.* В оборудовании Motorola реализовано 3 варианта шифрования информации: базовое с длиной ключа 16 бит; улучшен по алгоритму ARC4 с длиной ключа 40 бит; AES-256 (устанавливается

программно при покупке соответствующей лицензии).

### Телекоммуникационный комплект ТК-1

Постепенное внедрение альтернативных способов каналообразования, например таких как DSL-модемы, позволило с помощью полевого кабеля П-274 создавать каналы со скоростью передачи до 2 Мбит/с, а использование двух кабелей – увеличить скорость даже до 7 Мбит/с. Помимо обычного ТА-57, широко начала применяться IP-телефония.

Сегодня приказом Генерального штаба Вооруженных сил Украины внедрены в эксплуатацию и используются телекоммуникационные комплекты (ТК) тип-1, тип-2.

В тактическом звене управления (как правило, в составе командно-штабных машин) активно используются телекоммуникационные комплекты тип-1 и тип-2. Основные тактико-технические характеристики приведены (приложение 7).

**Телекоммуникационный комплект ТК-1** – полевой маршрутизатор тактического звена управления с поддержкой VoIP телефонии (далее – ТК-1), предназначенный для обеспечения открытой телефонной связи и передачи данных на блокпостах и взводных (ротных) опорных пунктах и законченным телекоммуникационным устройством.

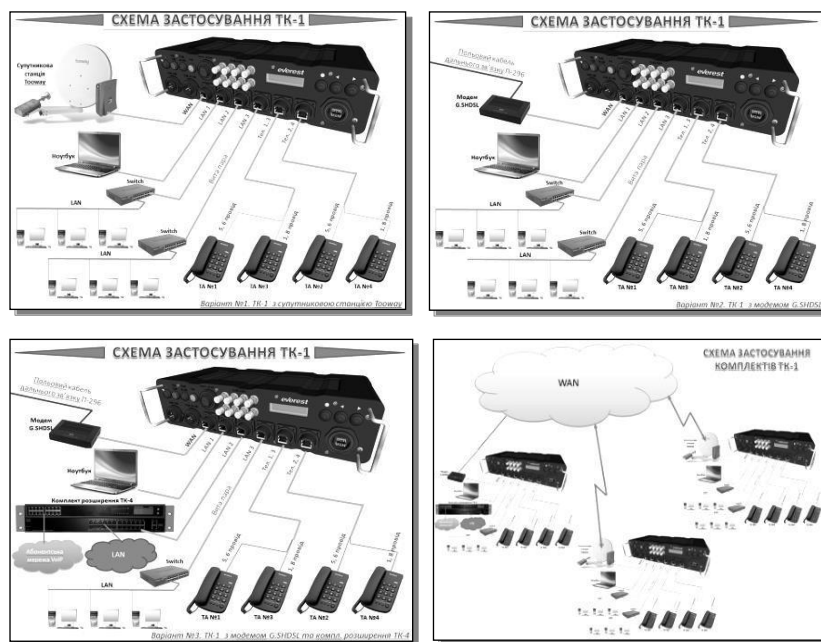


Рис. 6. Варианты схем применения телекоммуникационного оборудования и подключения средств связи и телекоммуникации к ТК-1

**Батальонный телекоммуникационный комплект ТК-2** (в контейнерном исполнении) предназначен для обеспечения должностных лиц командно-наблюдательного пункта батальона (дивизиона) услугами открытой телефонной связи и открытой передачи данных, а также предоставления телекоммуникационного ресурса сетям специальной связи.

Варианты схем применения телекоммуникационного оборудования и

подключения средств связи и телекоммуникации к ТК-1 приведены (рис. 4.6).

### **Цифровые средства радиосвязи военного назначения**

В настоящее время развитие системы связи и автоматизации Вооруженных сил Украины имеет устойчивую тенденцию к всестороннему развитию и модернизации, переоснащению войск связи новейшими высокотехнологичными средствами и переходу на современные цифровые технологии. В рамках реализации положений Стратегического оборонного бюллетеня Украины руководством ВС Украины ведется работа по созданию эффективной системы оперативного управления, связи, разведки и наблюдения (C4ISR), отвечающей стандартам НАТО.

### **Цифровые средства радиосвязи военного назначения «Harris», «Aselsan»**

Сегодня в Вооруженных Силах Украины уже на протяжении многих лет успешно проходит эксплуатацию немалое количество радиостанций Harris Falcon II и Falcon III, которые зарекомендовали себя как надежные и стабильные средства связи, совместимые между собой.

В настоящее время допущены к эксплуатации следующие КВ и УКВ радиостанции и средства связи:

- носимая многодиапазонная радиостанция Harris RF-7800H-MP (20 Вт);
- многодиапазонная радиостанция Harris RF-7800H-MP (150 Вт);
- портативная многодиапазонная радиостанция Harris RF-7850M;
- автомобильная коротковолновая радиостанция MPR-9600-MP (125 Вт);
- коротковолновая радиостанция MPR-9600-MP (20 Вт); радиостанция Harris RF-7800V-VS511;
- радиостанция Harris RF-7800V-VS501;
- радиостанция солдата "Aselsan" PRC-5712 (125 мВт);
- система внутренней связи и коммутации ICS 6680; система внутренней связи и коммутации ICS 6680 с поддержкой протокола IP;
- радиостанция ультракоротко-волновая портативная "Aselsan" PRC-9651 (5 Вт), 30-512 МГц;
- радиостанция ультракоротковолновая автомобильная VRC-9661.

Внешний вид и основные характеристики ультракоротковолновых автомобильных радиостанций VRC-9661 «Aselsan» приведены в приложении 3.

*Harris Corporation* – общепризнанный мировой лидер в производстве высокотехнологичных тактических средств связи. Оборудование этой компании, которое принадлежит II поколению, по своим характеристикам, надежности и защищенности не уступает самым современным разработкам III поколения других мировых компаний, тем более превосходит лучшие российские образцы.

КХ радиостанции типа Harris Falcon II на сегодняшний день является основным тактическим средством связи в подразделениях американской армии. Активно проходят опытную эксплуатацию радиостанции типа Falcon III, которой оборонное ведомство США планирует замены предыдущих



образцов техники.

Радиостанции Harris Falcon II и Falcon III для Вооруженных Сил Украины не являются новинкой. Эти средства уже длительное время применяют некоторые украинские подразделения, в частности 95-я отдельная аэромобильная бригада. Также, еще до рассмотрения вопроса о закупке радиостанций американские партнеры в качестве военно-технической помощи передали Вооруженным Силам определенное количество радиосредств, ставших основой организованной связи между командирами ряда частей (в том числе и во время проведения АТО). Поэтому закупка оборудования Harris Corporation вполне логична, так как она позволит продолжить развертывание цифровой тактической сети радиосвязи без необходимости решать проблему совместимости.

Сегодня Harris выпускает широкий спектр средств радиосвязи от маленьких портативных раций уровня солдата RF-7800S (SPR – secure personal radio) до спутниковых терминалов INMARSAT BGAN RF-7800B.

Характерные особенности радиостанций корпорации Harris .

*SDR* (Software-Defined Radio). Современные радиостанции могут передавать не только голосовые сообщения, но и обмениваться данными, включая изображения и видео, с достаточно большой скоростью. Такой обширный функционал обеспечивается использованием технологии SDR. Радиостанция с программируемыми параметрами SDR открывает новые горизонты возможностей в условиях сражения.

Принцип SDR-технологий – слияние возможностей компьютера и радиостанции. Радиостанция с SDR, используя несколько уровней программного обеспечения для выполнения различных задач, равно как и настольный компьютер, может, например, проводить обработку текста, обеспечить просмотр Интернет-ресурсов, а также управление базами данных в зависимости от предпочтений пользователя.

Операционная система SDR, используемая в США, называется коммуникационным программным обеспечением с открытой архитектурой, и это позволяет SDR-устройствам обмениваться информацией друг с другом. Шифрование сигналов является перепрограммированным и гибким. Система SDR подразумевает большую функциональную гибкость, основанную на единой аппаратной платформе.

*Преимущества SDR :*

- Ключевым преимуществом SDR является взаимодействие между средствами радиосвязи предыдущих поколений и современными системами. То есть обеспечение совместной работы и адаптацию к спектру протоколов так, что в результате могут взаимодействовать разные модели радиостанций и сети;

- улучшенный интерфейс радиостанций Оператору не нужно иметь специальное образование или проходить дополнительное обучение, чтобы пользоваться устройством;

- новейшие технологии выполняют свои задачи автоматически, не требуя ввода данных пользователем (например, станция может выступать как

ретранслятор или участвовать в создании беспроводных сетей передачи данных во время движения. При этом оператор об этом ничего не знает и может использовать станцию для связи в любой момент);

- возможность получения многих функций и сервисов в одном компактном корпусе (например, данные о военнослужащих, имеющих SDR-радиостанцию и встроенные системы глобального позиционирования GPS могут транслироваться в сети так, что все корреспонденты сети, или, например, только командир, могут знать и даже видеть на реальной карте местности (при подключении планшета или компьютера), где они находятся.

Рассмотрим некоторые режимы работы радиостанций фирмы Harris.

**Режим ( HOP )** – метод передачи информации по радио, особенность которого заключается в частом изменении несущей частоты. Частота изменяется в соответствии с псевдослучайной последовательностью чисел, известной как отправителю, так и получателю. Метод повышает помехозащищенность канала связи.

Режим HOP обеспечивает эффективную защиту от подслушивания, помех и радиопеленгации противником. При работе в этом режиме частоты связи изменяются в зависимости от диапазона (КВ или УКВ), определенное количество раз в секунду (от 8 до 2000 скачков) в псевдослучайном режиме, в заданном диапазоне частот. Быстрое изменение частоты предотвращает несанкционированный перехват сообщений со стороны противника, а также делает невозможным постановку помех. В режиме ППРЧ передаются как голосовые сообщения, так и обеспечивается обмен данными. Цифровое шифрование также может использоваться в режиме ППРЧ.

**Режим (ALE)** – автоматическая установка связи значительно упрощает процесс коммуникации с радиостанцией. Связь автоматически устанавливается на лучшем доступном авторизованном канале, что делает связь более надежной и качественной.

В связи с тем, что ALE автоматически сканирует и выбирает лучшую частоту для радиосвязи, операторы могут использовать радиостанции эффективно, не имея при этом глубоких навыков при работе с радиостанцией. Но опция ALE не поддерживается в режиме ППРЧ.

**Режим (FIX)** обеспечивает работу радиостанции на одной фиксированной частоте.

**Режимы шифрования (AES)** обеспечивает высокий уровень безопасности всех режимов передачи. Режим шифрования – метод применения блочного шифра (алгоритма), позволяющий преобразовать последовательность блоков открытых данных в последовательность блоков зашифрованных данных. При этом для шифрования одного блока могут использоваться данные другого блока. Обычно режимы шифрования используются для изменения процесса шифрования так, чтобы результат шифрования каждого блока был уникальным, независимо от шифруемых данных и не позволял сделать выводы об их структуре.

*Современные батареи* . Батареи радиостанций прогрессировали от никель-кадмиевых, через никель-металлогидридные, до наиболее распространенных

сегодня – литий-ионных. Основные преимущества литий-ионных батарей:

- высокая плотность энергии и, как следствие, большая емкость при тех же габаритах по сравнению с аккумуляторами на основе никеля;
- низкий саморазряд;
- высокое напряжение единичного элемента, упрощающего конструкцию, и, как правило, аккумулятор состоит только из одного элемента;
- низкая стоимость обслуживания (эксплуатационных расходов), поскольку отсутствует эффект памяти и ненужны периодические циклы разряда для восстановления емкости.

Технология элементов питания является еще одной областью, влияющей на мобильность радиостанций.

### Цифровые системы радиосвязи стандарта GSM и CDMA

*Мобильная связь* – один из видов мобильной радиосвязи, в основе которой лежит сотовая сеть. Особенность сотовой связи состоит в том, что зона покрытия делится на «соты», с зонами покрытия отдельных базовых станций. Соты частично перекрываются и вместе образуют сеть. На идеальной (ровной и без застройки) поверхности зона покрытия одной базовой станции представляет собой круг, поэтому сложенная из них сеть имеет вид шестиугольных зон (пчелиных сот) (рис. 4.7).

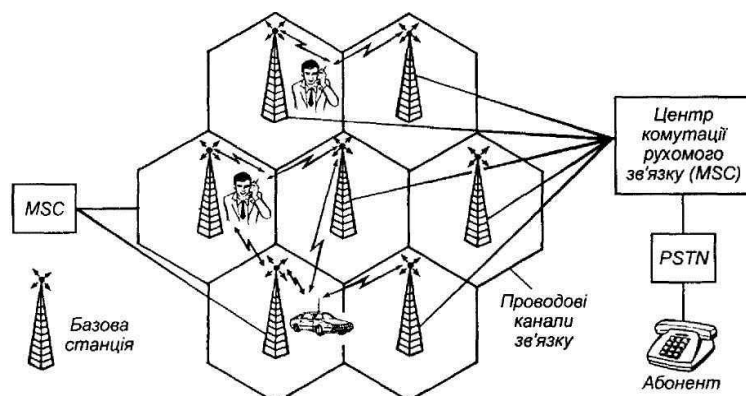


Рис. 7. Основные составляющие систем сотовой связи

Сеть составляют разнесенные в пространстве приемники-передатчики, работающие в том же частотном диапазоне, и коммутационное оборудование, позволяющее определять текущее местоположение подвижных абонентов и обеспечивать непрерывность связи при перемещении абонента из зоны действия одного приемопередатчика в зону действия другого.

Соты технологии прошли несколько этапов развития:

1G технологии. Начало 80-х. Первое поколение сотовых сетей использовало аналоговые технологии.

2G технологии. Середина 90-х. Цифровая кодировка и передача речи и коротких текстовых сообщений.

2.5G технологии. 2001 год ( США ). Цифровые сети с передачей речи, текста, подключения к Internet.

3G технологии. 2005 г. Скорость передачи – до 2 Мбит/с. Передача

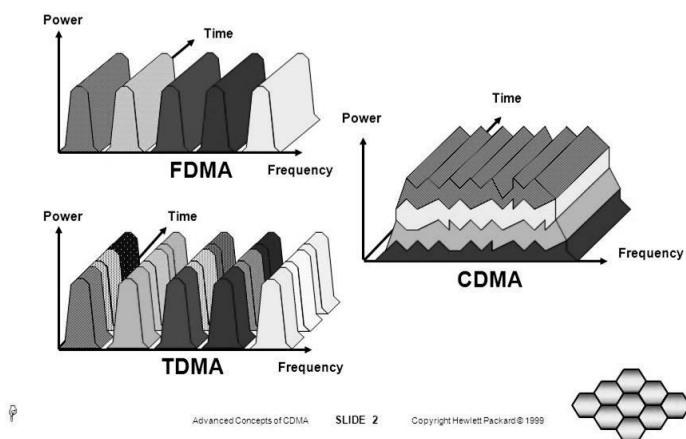
мультимедийных данных и голоса.

4G-технологии (LTE). 2012 г. Скорость передачи – до 0,5 Гбит/с. Передача мультимедийных данных и голоса.

5G-технология 2020 г. – глобальный спутниковый интернет со скоростью 1 Гбит/с.

Основные составляющие сотовой сети – это сотовые телефоны и базовые станции. Базовые станции обычно размещают на крышах домов и отдельных башнях. Включенный сотовый телефон прослушивает радиоэфир, отыскивая сигнал базовой станции. После этого телефон отправляет станции свой уникальный идентификационный код. Телефон и станция поддерживают постоянный радиоконтакт периодически обмениваясь пакетами данных. Связь телефона со станцией может идти по аналоговой ( AMPS, NAMPS ) или цифровой ( DAMPS, CDMA, GSM , UMTS ) протоколом.

Сотовые сети разных операторов соединены друг с другом, а также со стационарной телефонной сетью. Это позволяет абонентам одного оператора совершать звонки абонентам другого оператора с мобильных телефонов на стационарные и со стационарных на мобильные.



**Рис. 8. Принцип распределения каналов: частотный, частотно-временный, кодовый**

**Базовая станция** . Антенна базовой станции разделена на несколько секторов (англ. Sector-antenna ), каждый из которых направлен в свою сторону. Каждый сектор может обслуживать до 72 вызовов одновременно, в зависимости от настройки и конфигурации. Всего может быть 6 секторов («граней соты»), таким образом, одна базовая станция может обслуживать до 432 звонков.

Обычно на большинстве станций по нецелесообразности установлено меньшее количество передатчиков и секторов, вместо этого предпочитают ставить больше базовых станций для улучшения качества связи. Вертикальная антенна связывает связь с телефонами, круглая – соединяет станцию с контроллером. Сотовые сети могут состоять из базовых станций разного стандарта, что позволяет оптимизировать работу сети и улучшить ее покрытие.

Базовые станции проектируются так, чтобы обеспечить оптимальное покрытие радиосигналом на уровне земли. Некоторые авиакомпании уже

начали устанавливать на своих самолетах маломощные базовые станции, обеспечивающие покрытия внутри самолета, они соединяются с наземной сетью с помощью спутникового канала. В тоннеле метрополитена покрытие сотовой связи происходит специальным излучающим кабелем.

Если сотовый телефон выходит из поля действия базовой станции (радиус – до 35 км), он налаживает при активном участии самой базовой станции связь с другой. Телефон может измерять уровень сигнала от 32 базовых станций одновременно. Информацию о 6 наилучших по уровню сигнала он отправляет по служебному каналу и происходит передача сигнала одной станции на другую (хендовер).

Телефон может опрокинуть сигнал на базовую станцию с худшим сигналом или где все голосовые линии заняты, в этом случае разговор обрывается. На Украине наибольшее распространение получили CDMA и GSM протокол.

Итак, рассмотрим, в чем состоит разница между GSM и CDMA стандартами связи.

**GSM** – стандарт связи, активно используемый нашими операторами «Киевстар», «Vodafone» и «Life». GSM стандарт связи основан на алгоритме частотного разделения диапазона канала, а общие частоты делятся по времени (используется технология TDMA (рис. 4.8). Существует четыре основных диапазона частот GSM: 850/900/1800/1900 МГц. Услуги, доступные пользователю GSM телефона – голосовые вызовы, обмен SMS, факсами, роуминг (удобный переход от сети к сети в других странах при сохранении мобильного номера абонента), обмен пакетными данными по технологиям WAP/GPRS/EDGE.

**CDMA** – стандарт связи, где каждая частота используется в течение всего времени всеми абонентами, для доступа используются специальные коды. Обладает высокой степенью безопасности, что исключает возможность перехвата сообщения, так как весь спектр занят шумом, а каждый сигнал сопровождается уникальным кодом. Общая полоса позволяет занимать одну частоту и обслуживать большее количество абонентов. Перегрузка сети может вызвать лишь ухудшение связи, но никак не возможность не дозвониться (таковой особенностью отличается GSM). Второй особенностью являются более тихие и безвредные частоты абонента.

**CDMA2000** – современный стандарт связи, активно развивающийся. Используется частота 1,23 МГц и скорость передачи пакетных данных 2 Мбит в секунду. Мощность самого излучения намного меньше по сравнению с GSM (250 mW против 2W для GSM900).

Сравнительная характеристика стандартов GSM и CDMA предоставлена (табл. 4.1).

Таблица 1

**Сравнительная характеристика стандартов GSM и CDMA**

Критерии	GSM	CDMA
Излучение	600mWatt	180mWatt

Скорость передачи данных	Стандартное – 43.2 кбит/с EDGE – 474 Кбит/с	Стандартное – 153 Кбит/с EVDO Rev0 – 2,4 Мбит/с EVDO, RevA – 3,1 мбит/с
Качество голоса	Среднее	Высокое
Емкость базовой станции	300-400 абонентов	1000 абонентов
Радиус покрытия базовой станции (при идеальных условиях)	35 км	70-90 км
Стоимость затрат на поддержку работы сети	высокая	низкая
Устойчивость к перегрузке	низкая	высокая

Разница в принципах работы: более широкая полоса частот, выделяемая на CDMA-абонента, превращается в определенные преимущества CDMA над GSM и заключается в:

- лучшего качества передачи языка – большая полоса частот устойчива к препятствиям;
- безопасности – перехваченный CDMA сигнал выглядит как шум, выделить из него отдельного абонента тяжело;
- меньшем энергопотреблении устройства связи – мощность сигнала в сети CDMA меньше, по сравнению с GSM и линейно зависит от расстояния до базовой станции. Это влияет и на безопасность, так как сигнал меньшей мощности тяжелее зафиксировать.

Для операторов преимущества CDMA заключаются в большей емкости базовых станций, их радиусе действия, более простой настройке сети, устойчивости к перегрузкам и возможности адаптации под конкретные задачи. CDMA-операторы могут покрывать большую площадь меньшим количеством легче конфигурируемого оборудования.

### **Спутниковые системы позиционирования**

*Спутниковые радионавигационные системы (СРНС)* являются специализированными системами, которые позволяют определять координаты с очень высокой точностью и большой надежностью, определение координат в них осуществляется пассивным способом, что позволяет существенно уменьшить габариты и стоимость аппаратуры потребителя. Возможность определять координаты предоставляется на бесплатной основе всем владельцам аппаратуры потребителя. Кроме координат, СРНС позволяют определять в реальном масштабе времени следующие параметры: скорость, точное время и направление движения.

СРНС II поколения – системы ГЛОНАСС (Глобальная Навигационная Спутниковая Система) в СССР и NAVSTAR (Navigation Satellite providing Time And Range) в США. Позже появилось другое общепринятое название GPS (Global Positioning System), когда система стала использоваться не только для военных, но и для гражданских нужд. Несколько позже в профессиональную лексику был введен термин GNSS (Global Navigation Satellite System) –

глобальная навигационная спутниковая система.

Принцип определения своего места в глобальной системе позиционирования состоит в одновременном измерении расстояния до нескольких навигационных спутников (не менее трех) с известными параметрами их орбит в каждый момент времени и вычислении по этим параметрам своих координат.

СРНС включают в себя три сегмента: орбитальная группировка навигационных спутников; наземный комплекс управления орбитальной группировкой; навигационную аппаратуру пользователей.

Принципы построения СРНС ГЛОНАСС и GPS в общих чертах идентичны, но отличаются техническим исполнением подсистем.

**Точность измерений** профессиональных GPS-приемников может достигать нескольких сантиметров. Конкретно такие устройства употребляют вооруженные силы ведущих государств мира.

Использование систем глобального позиционирования основано на том же принципе, что и радиопеленгация. У теории достаточно двух спутников в зоне прямого видения для того, чтобы определить географические координаты.

Практика указывает другое. Общее правило таково: чем большее количество спутников находится в зоне прямого видения приемника, тем точнее может быть определение координат. Измеряя время прохождения сигнала к спутнику и обратно, приемник GPS должен учитывать текущую орбиту спутника.

Отражаясь от окружающих предметов, радиоволны искажают расчет приемника о времени прохождения сигнала. Вблизи сооружений, под покровом деревьев, в горах, а также препятствия в ионосфере (даже при нахождении приемника на открытой местности) оказывают влияние на прохождение и отражение радиоволн (рис. 4.9), поэтому ошибка может достигать нескольких метров. В сумме такие измерения могут дать погрешность до нескольких десятков метров.



Рис. 9. Факторы, влияющие на точность GPS-приемников

То есть многие факторы могут понижать точность GPS-приемников. Из

нисходящей проекции (от орбиты до уровня земли) эти факторы можно разместить в следующем порядке:

– *ошибки-эфемериды* : ошибки эфемериды случаются, когда спутники некорректно передают данные о своем точном нахождении на орбите;

– *состояние ионосферы* : ионосфера находится на высоте 70-80 км над поверхностью Земли и простирается на сотни километров. Сигнал от спутников, проходя через ионосферу, замедляется в среде плазмы (газ низкой плотности). Хотя GPS приемники пытаются учесть эту задержку, однако неожиданная активность плазмы может внести ошибки в расчеты;

– *состояние тропосферы* : тропосфера – самый низкий слой атмосферы Земли – простирается от земли до высоты примерно 12- 18 км. Колебания температуры, давления и влажности могут вызвать изменения в скорости движения сигнала, тем самым внося незначительные ошибки в точность определения координат.

Наиболее проблемными районами для устойчивого приема сигнала от спутников являются помещения в зданиях, улицы, окруженные высотными домами, каньон и горная местность. В случае плохого спутникового покрытия попробуйте изменить местонахождение для улучшения приема сигнала.

Облака, дождь, снег и другие метеорологические условия не снижают мощность GPS-сигнала настолько, чтобы вызвать ошибки в расчете местонахождения. Только в одном случае метеоусловия могут повлиять на ослабление сигнала, когда значительное количество дождевой воды или снега накапливается на антенне GPS-приемника или на верхушках кроны деревьев.