

4. Спутниковая система персональной связи ICO

Общие сведения о системе

Спутниковая система персональной связи ICO представляет собой систему подвижной персональной спутниковой связи с зоной обслуживания, обеспечивающей глобальный охват. В системе ICO осуществляется маршрутизация вызовов из наземных систем с помощью наземных станций, выбирающих для передачи вызовов абонентам необходимый КА из орбитальной группировки. В свою очередь, вызовы с АТ маршрутизируются через космический сегмент на системы стационарной и подвижной связи или на другой АТ через КА.

Компания «ICO» («ICO Global Communications») в первоначальном варианте была основана в январе 1995 г. с акционерным капиталом 1,4 млрд. долл. США. Проект ICO в 1995 г. включал 44 организации из 35 стран.

В 1999 – 2000 гг. в компании «ICO Global Communications» была проведена финансовая реструктуризация. По плану реструктуризации, предложенному управляющим «ICO Global Communications» Craig McCaw, были привлечены инвестиции общим объемом 1,2 млрд. USD. Такие средства предложила международная группа инвесторов, список которых возглавляют компании «Teledesic» и «Eagle River Investment». Новая компания, в которой Craig McCaw принадлежит 54%, получила название «New ICO» и вошла в холдинг «ICO-Teledesic-Global». В этот холдинг входят два проекта спутниковой связи Teledesic и ICO. Штаб-квартира холдинга находится в Белью (Вашингтон). Председателем совета директоров является миллионер Craig McCaw, временное управление взял на себя Рассел Дэггатт, генеральный директор «Teledesic».

Таким образом, владельцем ССПС является Международная компания «New ICO», входящая в состав холдинга «ICO-Teledesic-Global».

Головной офис компании «New ICO» расположен в Лондоне, кроме того, имеются региональные представительства в Лос Анжелесе, Пекине, Москве и Сингапуре.

К настоящему времени в рамках реализации проекта решены следующие задачи:

- создан Центр контроля и управления группировкой КА;
- развернуты 12 наземных станций (SAN), расположенных по всему миру;
- проведено тестирование наземной сети ICONET (ICO-Net);
- подписаны роуминговые и дистрибьюторские соглашения более чем с 70 операторами, такими, как «Korea Telecom» в Южной Корее, «SingTel» в Сингапуре, «VSNL» в Индии, «T-Mobile» в Германии, «KPN» в Нидерландах, «British Telecom» в Англии, «Telkom» в Кении, «MTC» в Кувейте, «Telecom» в Мексике и др.;
- получены лицензии более чем в 10 странах, таких, как Южная Корея, Германия, Индия, Кения и др.;
- начато коммерческое предоставление услуг на глобальной основе.

Система ICO является следующим шагом в эволюции средств связи организации «Инмарсат» (Inmarsat-P). Система обеспечивает глобальное покрытие поверхности земного шара, включая полярные районы, улучшив качество связи, сократив временные задержки при распространении сигнала и обеспечив дальнейшую миниатюризацию абонентских станций (до 300 – 400 г, включая автономный источник питания).

Назначение системы ICO. Спутниковая система персональной связи ICO разработана, прежде всего, как служба персональной подвижной спутниковой связи, открывающая возможность немедленной и удобной связи в любой точке планеты. Кроме функции персонального средства связи абонентские станции разработаны для применения на судах, самолетах, поездах и автомобилях, а также для коллективного использования в небольших удаленных поселках (многоканальный вариант).

Система спутниковой персональной связи ICO предоставляет пользователям возможность ведения телефонных переговоров с абонентами земного шара по принципу «каждый с каждым», передачу факсимильных сообщений и данных со скоростями до 9,6 кбит/с, а также пейджинговую связь, включая пейджинг с глубоким проникновением (т.е. с большим запасом по энергетике в специальном канале). При этом имеет место относительно небольшая абонентская плата в размере 1,50 – 1,90 долл. за минуту занятия канала с любым абонентом мира.

Структура системы ICO. Система ICO имеет традиционную для ССПС архитектуру, которая схематично представлена на рисунке 4.1. Она отображает взаимосвязи между элементами системы.

Структура системы ICO объединяет технологию мобильной спутниковой связи с наземными стационарными и мобильными сетями для обеспечения возможности предоставления услуг персональной связи при нахождении пользователя вне помещений в любой точке поверхности Земли. Система способна передавать вызов конечного пользователя на КА, а от него на одну из 12 наземных станций, называемых узловыми станциями спутниковой связи (SAN).

Узловые станции SAN, расположенные по всему миру, образуют сеть ICONET, которая передает вызов в стационарную, мобильную сеть либо через второй КА на другой телефон ССПС ICO. Соответственно, каждый вызов от наземной сети передается в сеть ICONET, а затем через узел SAN и КА к конечному пользователю.

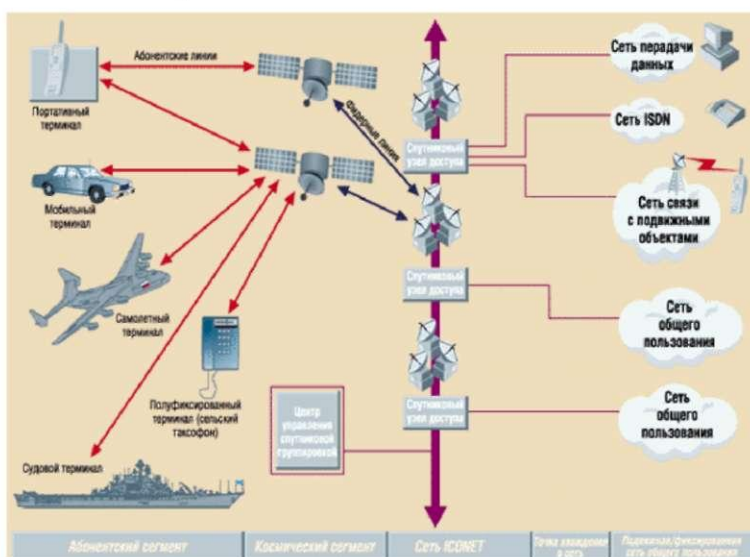


Рисунок 4.1 Общая архитектура спутниковой системы ICO

В системе ICO используется диапазон частот 2 ГГц для абонентской линии связи (АТ –

КА и КА – АТ) и диапазон частот 5/7 ГГц для фидерной линии связи (КА – SAN и SAN – КА).

Телекоммуникационные услуги системы ICO

ССПРС ICO обеспечивает предоставление различных телекоммуникационных услуг индивидуальным потребителям, предпринимателям и коллективным пользователям.

Подвижная мобильная связь. Клиенты могут пользоваться этим видом услуги, используя комплектующие стандартного мобильного телефона, приспособленного для спутниковой связи. Двухрежимный телефон ICO предоставляет возможность при перемещении автоматически переключаться с наземной системы охвата на сеть ICO. Качество речевой связи соответствует стандарту GSM для сотовых сетей.

Потенциальными пользователями являются, прежде всего, лица, работающие в отдаленных отраслях промышленности, таких, как нефтяная, газовая, отрасли добывающей промышленности и сельское хозяйство. Компания «ICO» планирует, что услугами спутниковой мобильной связи будут широко пользоваться в регионах, плохо обслуживаемых сотовой инфраструктурой.

Специализированные мобильные услуги. Компания «ICO» планирует предоставлять услуги в соответствии с потребностями пользователей в морской, авиационной и транспортной индустрии. Клиентам предлагаются специализированные терминалы, с помощью которых они смогут пользоваться голосовыми услугами и услугами данных протокола Интернет в любой точке земного шара.

Фиксированные услуги. Эта услуга основана на управлении инсталляционной наружной антенной, установленной на доме или офисе заказчика. Наружная антенна соединяется с внутренним устройством клиента через проводные или беспроводные средства связи. Таким образом, ССПРС ICO предлагает передачу голоса и данных.

Потенциальными пользователями данного вида услуг являются удаленные центры нефтяной и горнодобывающей промышленности, а также жилые районы, испытывающие затруднения с традиционными наземными услугами связи.

Двухсторонняя передача сообщений. Компания «ICO» планирует спроектировать двухстороннюю передачу сообщений с любой точки земного шара. Предполагается, что основным целевым рынком данного вида передачи сообщений будет транспортная, морская и авиационная промышленность. Под двухстороннюю передачу сообщений будет использоваться модем для интеграции с действующими и планируемыми системами связи, которые предлагают другие провайдеры. В данной системе передачи сообщений не будет пределов длины передаваемых сообщений.

Услуги передачи данных. Усовершенствованный базовый пакет передачи данных сети ICO открывает возможность предлагать услуги передачи данных протокола Интернет. ССПРС ICO предусматривает предоставление данного вида услуг тем клиентам, у которых нет доступа к наземным сетям. Данный вид услуги предоставит доступ в Интернет с любой точки земли со скоростью до 144 кбит/с.

Дополнительные услуги. Предусматриваются такие дополнительные услуги, как речевой вызов, связь с оплатой по кредитной карточке, отображение номера вызывающего абонента на встроенном в терминал индикаторе, определение местоположения абонента. При отсутствии КА в пределах прямой видимости предусматривается оповещение абонентов о вызове, о наличии сообщения электронной почты и отображение на дисплее номера вызывающего абонента. Кроме того, предусматриваются пейджинговая связь с глубоким проникновением (с большим запасом по энергетике канала).

Разработчики видят пять ключевых областей применения системы ICO. К ним относятся:

- расширение спектра услуг для абонентов спутниковой связи в районах, уже охваченных

сотовыми сетями;

- подвижная связь общего пользования через портативные радиотелефонные терминалы в районах, не охваченных сотовой связью или использующих несовместимые стандарты;
- специализированная подвижная связь для грузовых перевозок, а также обеспечение автомобильной, морской и воздушной связи;
- полуфиксированная связь для корпоративных пользователей нефте- и газодобывающей промышленности, малого бизнеса (склады, большие магазины и др.);
- связь для государственных структур.

Пропускная способность системы может составить 1 млн. абонентов при средней продолжительности разговоров 60 мин/мес. Для сравнения в системе Iridium при тех же условиях число пользователей равно 600 – 800 тыс., а в системе Globalstar – 1 млн.

Цена абонентской аппаратуры составляет 750 – 1500 долл., а стоимость минуты разговора – 2 долл.

Российский сегмент сети ICO

В последнее время российский рынок становится все более привлекательным для зарубежных поставщиков средств и услуг спутниковой связи.

В России для предоставления услуг связи ICO еще в 1998 г. была учреждена операторская компания «ICO-R» в виде совместного предприятия. Ее создали «Вымпелком» (50%), «Морсвязьспутник» (15%) и американская «ICO Global Communications» (35%). Цель создания организации состоит в развертывании системы персональной спутниковой связи на базе среднеорбитальной группировки КА.

Система ICO предлагает на российском рынке три вида услуг:

- персональную связь для бизнесменов;
- обеспечение грузовых автомобильных и морских перевозок;
- персональную связь для средств массовой информации, министерств и других правительственных учреждений.

Состав спутниковой системы персональной связи ICO

Система ICO включает в себя космический сегмент, наземный сегмент, в состав которого входят земные станции, и абонентский сегмент, образованный абонентскими мобильными терминалами (АТ) (см. рисунок 4.1)

Космический сегмент

Космический сегмент образован группировкой из 12 КА (10 рабочих и два резервных), расположенных в двух орбитальных плоскостях по шесть КА в каждой на круговых орбитах с наклоном 45° и высотой 10355 км (рисунок 4.2, таблица 4.1). Орбитальные плоскости взаимно перпендикулярны. Период обращения КА составляет 6 ч. Такое число КА и их расположение на орбите обеспечивают трехкратное перекрытие всех районов земного шара. Из каждой точки земной поверхности постоянно доступны от двух до четырех КА, причем один или два КА под углом более 50° , что значительно уменьшает секторы затенения от высоких зданий в больших городах. Один КА обслуживает приблизительно 25% поверхности Земли. Диаграмма мгновенной зоны покрытия поверхности Земли системой ICO при использовании 10 рабочих КА представлена на рисунке 4.3.

Средняя продолжительность обслуживания абонентов составляет 50 мин, при этом максимальное время пребывания одного КА в зоне радиовидимости может достигать 1,5 – 2 ч.

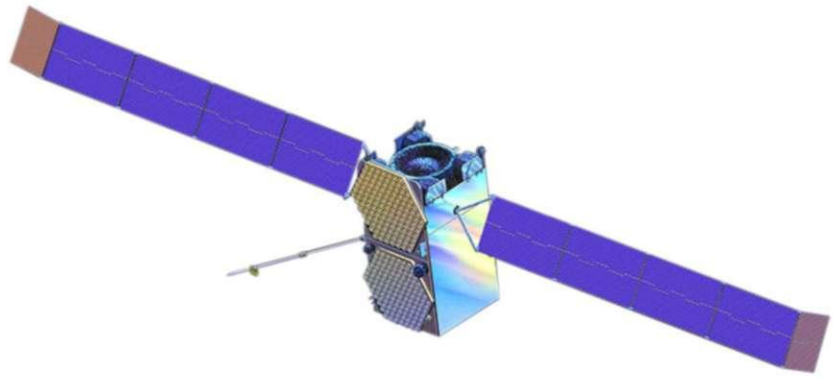


Рисунок 4.2 Группировка КА и внешний вид КА ССППС *ICO*.

Таблица 4.1.

Параметры ССППС *ICO*

Система	КА	Параметры орбиты	Число КА	
			Всего в системе	В зоне доступности РФ
<i>ICO</i>	<i>ICO</i>	<i>MEO</i> , $h = 10355$ км $i = 45^\circ$	10 – основн.	10
			2 – резерв.	2
	Всего в системе			12

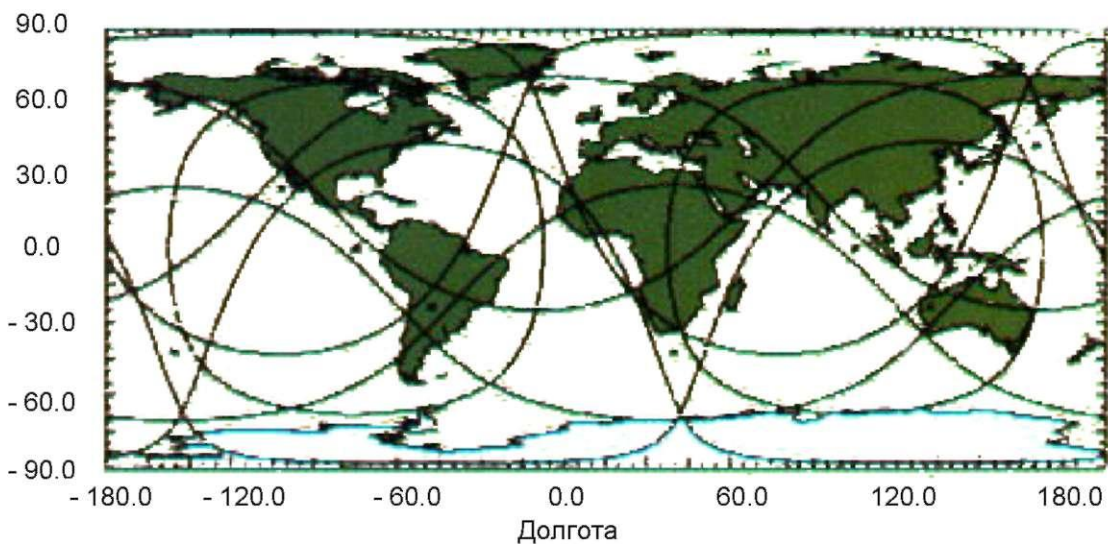


Рисунок 4.3. Диаграмма мгновенной зоны покрытия поверхности Земли системой *ICO* при использовании 10 КА.

Продолжительность обслуживания абонентов определяется следующими величинами:

- временем пролета одного КА над зоной обслуживания;
- средним временем, затрачиваемым на переключение абонента с уходящего за горизонт КА на восходящий КА;
- продолжительностью установления соединения, определяемого схемой организации

связи.

Геометрия расположения КА обеспечивает несколько преимуществ с точки зрения качества услуг, а именно:

- большой средний угол возвышения от пользователя к КА, снижающий до минимума вероятность затенения рельефом местности или зданиями;
- высокую вероятность наличия в поле зрения пользователя одновременно нескольких КА и, таким образом, наличия альтернативного пути в том случае, если используемый КА уходит за горизонт;
- медленное (около 1 град/мин) перемещение КА в поле зрения пользователя, что снижает до минимума вероятность сбоя и возможной потери связи.

Указанные выше преимущества означают, что пользователям системы ICO требуется меньшее время ожидания соединения, и их вызовы реже прерываются.

Выбранный вариант КА и расположение группировки КА обеспечит оптимальное сочетание высокого качества обслуживания пользователей, технического риска, сроков внедрения и простоты управления системой.

Общая характеристика КА. В системе ICO применены, главным образом, уже известные и проверенные технические решения. Так, КА разработан на базе облегченного варианта космической платформы HS-601 корпорации «Hughes Space and Communications» (США), которая раньше использовалась для создания крупногабаритных КА на геостационарной орбите. При этом в конструкцию внесены ряд изменений, в частности переработана программа ориентации бортовых антенн и панелей солнечных батарей и установлены упрощенные двигательные установки.

Масса КА составляет 2300 (2750) кг. Применение солнечных батарей из арсенида галлия обеспечит в конце эксплуатации потребляемую мощность 8,5 кВт. Из них примерно 1,5 кВт обеспечивает подзарядку бортовых аккумуляторов, 1 кВт излучается антеннами и 6 кВт выделяется в виде тепла и рассеивается. Солнечные батареи дискретно ориентируются на Солнце. Расчетный срок службы КА составляет 12 лет.

Антенны абонентской радиолинии выполнены в виде многолучевых управляемых цифровых АФАР. Приемная и передающая АФАР имеют идентичные размеры (2,1 м) и одинаковое число излучателей (127 шт.). Число лучей – 163. Полоса частот каждого луча – 2,5 МГц. В результате достигается многократное использование отведенного рабочего диапазона частот, и эффективная эквивалентная рабочая полоса увеличивается до 200 МГц. Потенциальная пропускная способность КА составляет 4500 каналов. Для обработки сигналов применяют цифровые процессоры, обеспечивающие коммутацию информации и ее распределение по лучам с учетом загрузки.

Зона обслуживания. ССПС ICO обеспечивает глобальную зону обслуживания, ограниченную 75°с.ш. и 75°ю.ш. при минимальном рабочем угле места 10°. Каждый КА создает локальную рабочую зону, положение которой поддерживается постоянным при его движении по орбите. Локальная рабочая зона состоит из парциальных ячеек диаметром примерно 813 км, число которых составляет от 85 до 163 (рисунки 4.4).

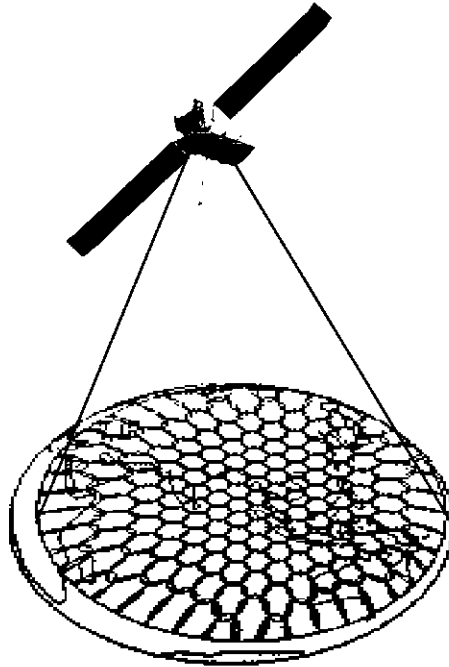


Рисунок 4.4 Формирование зоны обслуживания КА *ICOS*.

Для исключения взаимовлияния трактов приема и передачи на КА применяются отдельные антенны для каждого диапазона частот. Использование многолучевой диаграммообразующей схемы обеспечивает многократное назначение частот. В системе *ICOS* для приема/передачи используются 163 отдельных луча, при этом запас по энергетике составляет 8-10 дБ, зона обслуживания одного КА – примерно 7 тыс. км.

На ретрансляторах МЕО многолепестковая антенна имеет многокольцевую конфигурацию с большим числом лучей (на КА *ICOS* $pk = 7$ и $NICO = 163$ луча) с узкой диаграммой направленности ($4 - 5^\circ$) и значительным усилением сигналов в луче $G_{л} = 800 \dots 1500$ для $\beta > 30^\circ$. Такие параметры необходимы для обеспечения энергетике при высоте орбиты $H_0 = 10390$ км и наклонной дальности $d = 12500$ км.

В ретрансляторе *ICOS* бортовая ФАР по структуре и числу формируемых лучей имеет гексагональную конфигурацию с усечением угловых элементов внешнего кольца. В полной гексагональной структуре число элементов равно:

$$NГ = 1 + 3pk (pk + 1).$$

В свою очередь, в усеченной структуре число элементов на шесть угловых антенных элементов меньше, т.е.

$$NГУ = 3pk (pk + 1) - 5.$$

Для МЛА гексагональной структуры с $pk_{АЭ} = 6$ в ФАР используется

$$N_A = 3pk_{АЭ} (pk_{АЭ} + 1) + 1 = 127$$

активных антенных элементов, а число антенных элементов ФАР и формируемых лучей МЛА, соответствующих усеченной гексагональной структуре с $pk = 7$, равно

$$NICO = 3pk (pk + 1) - 5 = 163.$$

При этом отсутствуют угловые антенные элементы, а центральный антенный элемент один ($NГ0 = 1$) и формирует кольцо p_0 .

При высоте круговой орбиты МЕО $NICO = 10390$ км максимальный радиус пятна спутниковой

ССПС ICO при $\beta = 0^\circ$ достигает 7500 км, а при $\beta = 30^\circ$ – 4500 км. Пятно с помощью МЛА разделено на 163 ячейки (рисунок 4.4), и весь частотный ресурс WICO = 30 МГц распределен на 16 частотно-канальных групп. Величина частотного ресурса частотно-канальной группы составляет 1,875 МГц. Узкополосный МДЧР-канал шириной 25 КГц вмещает МДВР-сигнал, содержащий до шести низкоскоростных (4,8 кбит/с) ТК при полной скорости на несущей 36 кбит/с на основе QPSK-модуляции. Несущие группируются в субполосы по 170 кГц (шесть частотных каналов). Один КА ICO имеет емкость до 4500 ТК, т.е. абонентскую емкость до 450 тыс. абонентов, а сеть из 10 КА – до 4.5 млн. абонентов.

Результаты расчета наблюдаемости КА системы ICO приведены на рисунке 4.5. Из них следует, что орбитальная группировка системы создает гарантированное глобальное однократное равномерное покрытие. С вероятностью около 90% реализуется глобальное двукратное покрытие. Для ряда регионов велика вероятность реализации 3- и 4-кратного покрытия, и соответственно при планировании алгоритма функционирования системы необходимо принимать во внимание это обстоятельство для минимизации внутрисистемных помех.

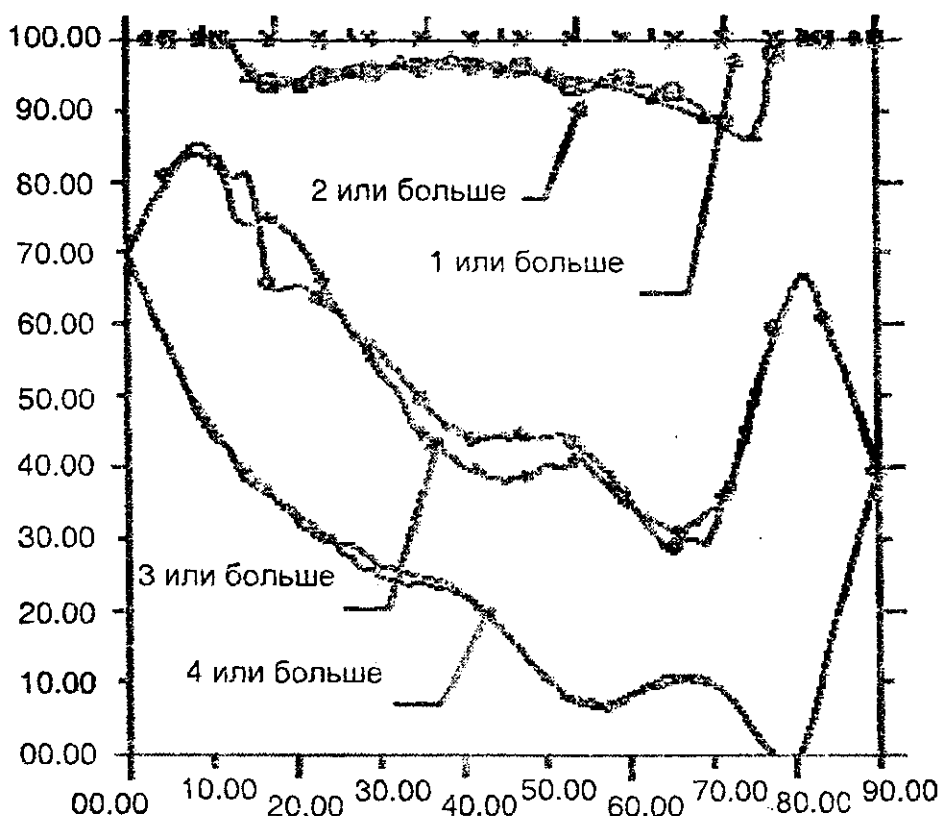


Рисунок 4.5 Наблюдаемость КА системы ICO.

Каждый КА оборудован ретранслятором с двумя многолучевыми антеннами, одна из которых обеспечивает работу по радиолинии «АТ – КА», другая – по «КА – СЗ». Каждый ретранслятор может обеспечить одновременную работу 4500 телефонных каналов, передаваемых на 750 несущих частотах с временным уплотнением (шесть каналов на несущую).

В системе ICO не предусмотрена бортовая обработка сигнала в полном объеме. Однако управление назначением частот и маршрутизация сигнала осуществляются с помощью бортового процессора.

Антенны радиолинии выполнены по двузеркальной схеме с механической системой

наведения. Предполагается, что будет использоваться рабочий диапазон частот 5/7 ГГц. Рассматривается также возможность перехода к диапазону частот 20/30 ГГц.

Основные радиотехнические параметры ретрансляционной аппаратуры КА системы приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Радиолиния	Абонентская	Фидерная
Рабочий диапазон частот, МГц:		
при приеме	1980-2010	5,2
при передаче	2170-2200	6,9
Коэффициент усиления, дБ:		
для передающей АФАР (мин/макс)	28/31,8	11
для приемной АФАР	26,5	11
Добротность G/T ($T_{ш\text{ станции}} = 500\text{ К}$), дБ/К	1,4 – 3	-16
ЭИИМ, отнесенная к цифровому потоку 136 Кбит/с с полосой частот 25 кГц, дБВт	33,6	-1,8
Число цифровых потоков (макс.)	750	–
Число каналов в цифровом потоке	6	8
Общая мощность излучения, Вт	600	600
Тепловые потери в трактах, дБ	1	1,5
Канальная скорость передачи, кбит/с	4,8	4,8

Наземный сегмент

В состав наземного сегмента входят центр управления спутниковой группировкой SCC (Satellite Control Centre), центр управления наземной сетью (Network Management Centre) и наземная сеть ICONET (ICO-net) (рисунок 4.1). Задача сети ICONET (ICO-Net) состоит в выборе наиболее рационального маршрута передачи сообщения с максимально возможным качеством обслуживания, включая режим межспутникового хэндовера и взаимодействие с внешними сетями связи.

Организация связи осуществляется через 12 центральных земных станций (SAN), расположенных по всему миру, при этом на каждом континенте имеется как минимум две станции. Наземные станции размещены на территории следующих государств: Австралия (Brisban), Бразилия, Германия (Usingen), Индия (Chattarpur), Индонезия, Китай, Корея, Мексика, ОАЭ, США (Brewster), Чили (Longovilo), Южная Африка (Hartebeesthoek). Планируется строительство 13-й SAN в России.

Каждая ЗС из сети ICO-Net включает пять полноповоротных антенн (одна из них резервная) с диаметром зеркала 7,6 м для непрерывной связи с видимыми КА и обеспечивает вход/выход в различные наземные сети связи общего пользования (телефонные, сотовые телефонные, цифровые).

Все ЗС SAN объединены в наземную сеть ICONET (ICO-Net). Координация работы сети осуществляется из сетевых центров MNC, а управление и контроль орбитальной группировкой – двумя станциями из единого SCC. Центры управления космической группировкой SCC расположены в Uxbridge (Великобритания) и в Японии и включают сетевые центры Network

Management Center (MNC). Работа сетевых центров координируется из SCC. Например, по запросу в MNC возможно увеличить пропускную способность лучей, в зонах которых наблюдается повышенная плотность трафика.

Основная идея управления космической группировкой состоит в независимости от других систем. Поэтому для орбитального контроля не используется система GPS, а все измерения проводятся наземными станциями контроля и управления совмещенными с SAN, которые расположены на шести континентах. Данные стекаются в SCC (Великобритания), где обрабатываются и выдаются поправки для наведения наземных антенн SAN с целью непрерывного слежения за КА от горизонта до горизонта.

Сеть разработана для передачи вызова таким образом, чтобы обеспечить абоненту самое высокое достижимое качество и коэффициент готовности обслуживания. Она также обеспечивает бесперебойный глобальный роуминг и обладает техническими возможностями для обеспечения возможности интерфейса с сетями сотовой и персональной связи (PCS) построенными как по стандарту GSM, так и по стандартам США, Японии и другим.

Кроме того, в функцию наземных станций входит определение местоположения абонента ICO, фиксация трафика, связь с международными телепортами разных стран. На некоторых станциях установлены центры телеметрии и слежения за КА. Основные сведения о ЗС приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3.

Наименование параметра	Значение
Рабочий диапазон частот, ГГц:	
при приеме	6,975-7,075
при передаче	5150-5,250
Коэффициент усиления антенны, дБ;	
при приеме	45,0
при передаче	47,6
Шумовая температура станции, К	125
Добротность G/T, дБ/К	26,6
ЭИИМ, отнесенная к цифровому потоку 36 кбит/с, дБВт	48/7
Полоса частот цифрового потока, кГц	25,0
Канальная скорость передачи, кбит/с	4,8

Поставка оборудования для указанных наземных центров, а также для центров управления сетью ICONET осуществляется фирмой «NEC» (Япония) в кооперации с другими ведущими компаниями в области средств связи и телекоммуникаций («Hughes Network Systems» (США) и «Ericsson» (Швеция)).

Абонентский сегмент. Абонентские мобильные станции персональной связи предусматривают как возможность работы в сотовой системе связи (стандарт GSM), так и автоматический вход в спутниковую систему (при отсутствии вызываемого абонента в сотовой сети). Основные технические характеристики абонентского терминала приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4.

Наименование параметра	Значение
Рабочий диапазон частот, ГГц:	
при приеме	6,975-7,075
при передаче	5150-5,250
Коэффициент усиления антенны, дБ;	
при приеме	45,0
при передаче	47,6
Шумовая температура станции, К	125
Добротность G/T, дБ/К	26,6
ЭИИМ, отнесенная к цифровому потоку 36 кбит/с, дБВт	48/7
Полоса частот цифрового потока, кГц	25,0
Канальная скорость передачи, кбит/с	4,8

В спутниковой сети ICO в качестве базового абонентского терминала используется портативный двухрежимный терминал, совмещенный с сотовым телефоном стандарта GSM (или CDMA, D-AMPS, PDC) и способный работать в двух режимах, а именно: в системе спутниковой связи и в наземных сетях сотовой персональной связи (рисунок 4.6).



Рисунок 4.6. Абонентские телефоны ССПС ICO.

Пользователи могут выбирать предпочтительную для них сотовую систему при приобретении телефона.

Основные характеристики базового терминала следующие:

- масса – менее 750 г;
- объем – около 500 см³;

– стоимость – 750 – 1500 долл.

Отдельная батарея обеспечивает одночасовую передачу и 24-часовой режим дежурного приема.

Существуют также однорежимные радиотелефонные терминалы, работающие только через КА системы ICO.

Портативный радиотелефонный терминал ICO отвечает всем требованиям безопасности, связанным с работой в ВЧ-диапазоне. Средняя мощность передатчика не превышает 0,25 Вт (для сравнения мощность сотовых радиотелефонов равна 0,25 – 0,6 Вт).

Абонентские терминалы ССПС ICO обеспечивают передачу речи, данных, факсимиле, коротких сообщений и имеют широкий набор портов для подключения внешних устройств. Идентификация абонентов осуществляется на основе SIM-карт.

На основе технологии, используемой в базовом терминале, могут быть созданы различные модификации абонентских терминалов. Например, терминалы только для передачи данных, терминалы в автомобильном, морском и воздушном исполнении, полустационарные («сельский таксофон») и стационарные, а также необслуживаемые (SCADA-unit) терминалы.

Компания «ICO» заключила соглашение на разработку трех миллионов портативных терминалов с тремя ведущими компаниями «Panasonic», «NEC» и «Mitsubishi», обладающими обширным опытом работы на современном рынке сотовой связи.

Принципы сигналообразования в спутниковой системе персональной связи ICO

Частотное обеспечение.

В системе ICO для связи используются L- и C-диапазоны частот. При этом для абонентской радиолинии выделены следующие поддиапазоны:

- для радиолинии «АТ – КА» – 1980 – 2010 МГц;
- для радиолинии «КА – АТ» – 2170 – 2200 МГц.

Указанные поддиапазоны частот шириной по 30 МГц, используемые для абонентской радиолинии, разбиты на 12 поддиапазонов по 2,5 МГц каждый. В пределах одной ячейки используется один поддиапазон частот, а в одном поддиапазоне может быть реализовано 100 значений несущей частоты с шагом 25 кГц. Таким образом, в поддиапазоне шириной 30 МГц формируется сетка из 1200 частот (25×1200 кГц).

В свою очередь, для организации связи между КА и узловыми станциями SAN предназначены фидерные линии, для которых Всемирная конференция по радиосвязи WRC-95 рекомендовала диапазон частот 5/7 ГГц. Действительно, для связи с наземными станциями используются следующие поддиапазоны частот:

- для радиолинии «ЗС – КА» – 5150 – 5250 МГц;
- для радиолинии «КА – ЗС» – 6975 – 7075 МГц.

Организация связи

Каналы, используемые в системе, делятся на служебные и информационные. Служебные каналы применяются для установления и поддержания связи, информационные – для непосредственной передачи информации. В структуре информационного канала предусмотрена возможность организации внутриволновой сигнализации для управления режимами передачи информации.

Протоколы ССПС ICO подобны протоколам стандарта GSM с учетом того, что КА-ретранслятор объединяет в себе совокупность базовых станций и контроллер базовых станций, размещенных в космическом пространстве. Основные процедуры состоят в осуществлении входящих вызовов, исходящих вызовов, хэндовера и обновления местоположения АТ.

В ССППС ICO в каждом частотном канале по схеме МДВР формируется шесть временных окон трафик-канала по 6,67 мс. При этом длительность пакета составляет 40 мс. Цифровой поток на основе QPSK-модуляции передается с канальной скоростью 36 кбит/с, скорость в каждом индивидуальном канале связи с учетом помехоустойчивого кодирования составляет 4,8 кбит/с. В прямом общем канале управления используется кадр длительностью 166,7 мс, состоящий из 25 временных окон по 6,67 мс. В свою очередь, в обратном канале задействуется 8 или 12 временных окон из 25 возможных. Обобщенные характеристики логических каналов приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5.

Характеристика логических каналов системы ICO.

Тип логического канала	Тип сверточного кодера	Канальная скорость, кбит/с	Информационная скорость, кбит/с	Ширина канала, кГц	Вид модуляции
ТСН (речь)	$r = 3/4, k = 7$	36	4,8	25	QPSK ¹⁾
ТСН (данные)	$r = 1/2, k = 7$	36	4,8	25	
BCCH	$r = 1/2, k = 7$	18	4,8	25	BPSK
RACH	$r = 1/6$	18	4,8	25	BPSK ²⁾
1 SDCCH	$r = 1/4$	18	4,8	25	BPSK
¹⁾ GMSK в RRL «вверх»; ²⁾ SBPSK в RRL.					

Реализация исходящего вызова АТ происходит следующим образом:

- по каналу случайного доступа RACH в составе кадра доступа АТ посылается запрос канала связи, после чего АТ в ожидании ответа на запрос наблюдает за сообщениями канала разрешения доступа;
- соответствующий радиоканал назначается среди доступных ресурсов аппаратурой КА-ретранслятора, о чем сообщается АТ;
- одновременно с этим оповещается центральный контроллер системы о местоположении АТ;
- в центральном контроллере инициируются процедуры аутентификации и шифрования;
- после успешного проведения процедуры аутентификации и запуска шифрования АТ посылается сообщение, содержащее указатель требуемой службы носителя, номер вызываемого и номер вызывающего абонентов, которые проверяются, после чего АТ оповещается о результатах проверки через КА-ретранслятор;
- центральный контроллер направляет на КА запрос о назначении трафик-канала с указанием его параметров, в соответствии с этим на КА выделяется ресурс, данные о котором сообщаются на АТ;
- в ответ на это АТ посылает подтверждение и инициирует процедуру установления канального соединения;
- центральный контроллер, получив от КА сообщение о завершении процесса назначения канального ресурса, по номеру вызываемого абонента формирует запрос в соответствующую сеть стационарной или мобильной связи на установление соединения и по получении ответа посылает команду АТ на соединение;

- АТ подтверждает КА выполнение этой команды;
- в образованном канале осуществляется информационный обмен.

В системе используется комбинированный метод многостанционного доступа МДВР-МДЧР. Применяются сигналы с фазовой манипуляцией ФМн-4 и ФМн-2.

При передаче данных информация подвергается сверточному кодированию со скоростью $1/2$ и длиной кодового ограничения $k = 7$, а также скремблируется аддитивным скремблером с начальной установкой в начале каждого подкадра.

При телефонной связи используется вокодерный алгоритм преобразования речи на основе кодирования с линейным предсказанием и возбуждением от кода (CELP), а для факсимильных передач используются известные протоколы связи из группы G3. Канальная скорость передачи, как в абонентской радиолинии, так и в радиолинии передачи данных составляет 4,8 кбит/с, а скорость группового потока, состоящего из шести абонентских трафиков, составляет 36 кбит/с. Применяется сверточное кодирование со скоростью $3/4$ и длиной кодового ограничения $k = 7$. При передаче речи используется датчик речевой активности, позволяющий экономить энергию (типичное значение коэффициента речевой активности составляет примерно 40%).

Предусмотрено использование известных протоколов связи, в частности для факсимильных передач – протоколов группы G3. Обеспечивается такое же качество предоставляемой связи, как в существующей системе Inmarsat-M и в сотовых телефонных системах связи.

При организации связи на борту КА осуществляется преобразование сигналов. В приемниках реализуется преобразование частоты с переносом сигнала на частоту 400 МГц. После этого в блоке цифровой обработки происходит демультимплексирование цифрового потока и распределение по 163 лучам S-диапазона без демодуляции и регенерации.

Контрольные вопросы и задания

1. Назначение и структура спутниковой системы персональной подвижной связи ICO.
2. Назовите телекоммуникационные услуги, приведите архитектуру построения системы ICO.
3. Приведите общую характеристику КА.
4. Приведите характеристики наземного оборудования системы ICO.
5. Приведите характеристики абонентского оборудования.
6. Сформулируйте основные принципы сигналообразования в ССППС ICO.
7. Приведите основные протоколы связи в ССППС ICO.