

**А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва**

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:

АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,

И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,

С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСИЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18.

E-mail: [ref@radio.ru](mailto:ref@radio.ru)

Приём статей — e-mail: [mail@radio.ru](mailto:mail@radio.ru)

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: [advert@radio.ru](mailto:advert@radio.ru)

Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: [sale@radio.ru](mailto:sale@radio.ru)

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,

р/сч. 40703810538090108833

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 3010181040000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 25.10.2022 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.


В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2022. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.

Зак. 04134-22.

**Dr.Web**  Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

[www.drweb.com](http://www.drweb.com)  
Бесплатный номер службы поддержки в России:  
**8-800-333-79-32**

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»**

 **РИНЕТ**

**БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ**

Телефон: +7(495)981-4571  
E-mail: [info@rinet.ru](mailto:info@rinet.ru)  
Сайт: [www.rinet.ru](http://www.rinet.ru)

*"Новый год — это грустное расставание со старыми иллюзиями и радостная встреча с новыми..."*

**Фаина Раневская**

**I**ridium — не единственная система спутниковой связи (ССС), предоставляющая услуги мобильной связи, но пока практически единственная, чья зона покрытия включает полярные зоны Арктики и Антарктики. Система беспроводной телефонной мобильной персональной связи Iridium на низкоорбитальных спутниках изначально обеспечивала двунаправленную передачу речевых сообщений и высокоскоростных данных (9,6 кбит/с) в удалённых районах, где отсутствовали другие виды связи.

20 лет назад, в связи с практически 100 % покрытием, подвижная спутниковая связь Iridium была востребована среди государственных заказчиков и частных компаний, работавших вне зоны покрытия тогдашних GSM-операторов. С тех пор на поверхности планеты не только неимоверно развились сети мобильной связи других стандартов, но и стали доступны гораздо большие скорости передачи данных, что снизило потребность в услугах Iridium, однако далеко не для всех. В частности, на Русском Севере, территориях Сибири и Дальнего Востока, в силу отсутствия пока ещё качественного российского аналога, именно система Iridium остаётся фактически безальтернативным выбором для организации экстренной связи с удалёнными посёлками, стойбищами, геологическими партиями, охотниками и пр.

Первоначально система Iridium была задумана американскими инженерами Б. Бертигером, Р. Дж. Леопольдом и К. Петерсоном в конце 1987 г. (защищена патентами Motorola в 1988 г.), затем она была разработана инженерами компании Motorola в 1993—1998 гг., после чего стала работоспособной и коммерчески доступной.

В название сети и системы положено наименование химического элемента иридия (№ 77 в таблице Менделеева). Первая спутниковая группировка Iridium была задумана ещё в конце 1980-х годов для улучшения связи в высоких широтах Земли, где услуги геостационарных спутников практически недоступны. Расчёты показали, что для достижения полного глобального охвата потребуются 77 спутников, что и было учтено в названии проекта. Впрочем, потом спутников понадобилось меньше, но менять название не стали.

Разработка системы Iridium, включающей космический сегмент и абонентские терминалы, была осуществлена компанией Motorola с контрактом Lockheed Martin на создание спутников. Первые пять спутников Iridium компании Iridium SSC были запущены в мае 1997 г., а полная группировка из 66 активных космических аппаратов и шести запасных была создана в середине мая 1998 г. Для запуска спутниковой группировки Iridium были использованы американские носители Delta II (12 старта), российские ракеты "Протон" (три старта) и "Рокот" (один старт), а также китайские "Великий поход" (семь старта).

Система связи Iridium включает в свой состав три основных элемента: космический сегмент (спутники), наземный сегмент (станции сопряжения для приземления трафика) и абонентское оборудование.

Космический сегмент использует группировку из указанных выше 66 рабочих спутников на низкой околоземной орбите. Спутники располагаются в шести различных плоскостях на орбите высотой около 780 км и совершают полный оборот вокруг Земли приблизительно за 100 мин со скоростью порядка 27088 км/ч. Одиннадцать спутников, равномерно распределённых в каждой плоскости, выполняют в сети связи роль узлов. Каждый спутник использует три антенны с фазированной решёткой (ФАР) для абонентских линий связи и поддерживает связь посредством узконаправленных лучей. ФАР каждого спутника формируют 48 сфокусированных лучей, охватывая район диаметром приблизительно 4700 км. Антенные решётки спроектированы таким образом, чтобы обеспечивать обслуживание абонентских линий связи в полосе радиочастот 1616...1626,5 МГц.

Каждый спутник имеет на борту семь процессоров Motorola/Freescale PowerPC 603E, работающих на частоте 200 МГц, подключённых к оригинальной внутренней сети. По одному процессору выделено на обеспечение каждой из четырёх межспутниковых антенн (HVARC), два процессора (SVARC) осуществляют общее управление и один процессор находится в резерве. В конце проекта был добавлен дополнительный процессор (SAC) для управления ресурсами и для обработки телефонных звонков. Каждый спутник может поддерживать до 1100 телефонных соединений, его масса — около 689 кг. Запасные спутники обычно размещаются на орбите высотой порядка 650 км и переводятся на более высокую орбиту в случае отказа одного из спутников.

Дополнительно каждый спутник имеет четыре ретрансляционные антенны, позволяющие ему поддерживать связь и перенаправлять трафик двум другим спутникам, которые находятся впереди и позади него в той же орбитальной плоскости, а также соседним спутникам в смежных плоскостях вращения в одном направлении. Эти межспутниковые линии связи работают в Ka-диапазоне (около 23 ГГц) и имеют скорость передачи информации 25 Мбит/с. Межспутниковое взаимодействие является важной технической особенностью спутниковой сети Iridium, благодаря которой повышаются надёжность и пропускная способность системы и сокращается число шлюзов, необходимых для обеспечения глобального охвата. С другой стороны, именно это вместе с расположенным на спутниках коммутационным оборудованием делает спутники более тяжёлыми и дорогими, а значит, и запуск их также стоит дороже. Этот фактор сыграл свою роль в дальнейшей судьбе системы Iridium.

Сети Iridium присвоены международные коды +8816 и +8817 из зоны международного кода 881, который выделен Международным союзом электросвязи (ITU). Каждый абонент получает восьмизначный номер, перед которым идёт один из указанных международных

кодов. Для SIM-карт, активированных в РФ, присваивается также номер с DEF-кодом 954.

Наземный сегмент Iridium включает в себя сегмент управления системой и шлюзы (Gateway). Сегмент управления системой является главным элементом системы Iridium, поскольку обеспечивает глобальную эксплуатационную поддержку и услуги управления и контроля спутниковой группировкой, доставляет в шлюзы данные спутникового слежения и выполняет функцию управления окончанием передачи сообщений. Сегмент управления системой включает три основных элемента: четыре узла телеметрии, слежения и управления (TTAC), расположенных в Аризоне и на Аляске (США), в Йеллонайфе и Иквалуите (Канада), сеть эксплуатационной поддержки и оперативный центр спутниковой сети (SNOC), расположенный в Вирджинии (США), со шлюзами в Аризоне и на Гавайях.

Шлюз Iridium осуществляет обработку и контроль вызовов, в частности, идентификацию абонента и управление доступом, применительно ко всем вызовам, а также их биллинг. Шлюз обеспечивает связь между спутниковой сетью Iridium и наземными сетями связи, такими как наземные телефонные сети общего пользования (ТфОП) и сети передачи данных общего пользования (СПДОП, когда-то планировались и такие сети, пока их не вытеснил Интернет). В состав этого сегмента первоначально входило 14 шлюзовых станций, расположенных в разных странах (в том числе и в РФ).

Абонентское оборудование Iridium представляло собой спутниковые терминалы, поддерживающие передачу речевых сообщений и данных. В качестве спутниковых терминалов могут выступать телефонные трубки, персональные трекеры, автономные трекеры, трекеры для подвижных объектов, терминалы для стационарных объектов. Разумеется, из-за весьма "напряжённого" бюджета радиолинии Земля—спутник качественная связь возможна при отсутствии каких-либо препятствий между антенной абонентского терминала и спутником. Иначе говоря, при нахождении в помещении, в отличие от обычной мобильной наземной связи, получить услуги связи от сети Iridium на ненаправленную антенну абонентского терминала/телефона не получится.

Интересно, что менее чем через год после того, как сервисы компании были запущены, Iridium SSC обанкротилась, а ценный актив — 66 активных спутников, вращающихся вокруг Земли, был выставлен на продажу. Свой вклад в такую ситуацию внесло и стремительное развитие отрасли связи, к примеру, передача данных со скоростями 9,6 кбит/с (и к тому же не по протоколу IP) на рубеже тысячелетий на глазах становилась анахронизмом, потому что за время разработки этой ССС в отрасли слишком многое изменилось. Положение было настолько тяжёлым, что спутники даже намеревались снять с орбиты, т. е. фактически уничтожить в атмосфере. Буквально в последний момент вмешалось Министерство обо-

роны США. Пентагон назначил новую команду менеджеров и подписал с Iridium крупный государственный контракт. За 3 млн долл. в месяц военное ведомство США получало право на неограниченное использование в своих собственных целях 20000 различных устройств (в основном телефонов и пейджеров). Этого оказалось недостаточно, чтобы система Iridium снова вызвала интерес у инвесторов. Ну а Пентагон за относительно небольшие (и к тому же бюджетные) деньги получил в своё распоряжение систему глобальной мобильной связи ("злые языки" говорят, что это был результат специальной операции американских военных по захвату Iridium).

При этом из 14 станций сопряжения, расположенных по всему миру, было решено сохранить только две в США. Одна из них расположена в Аризоне, другая — на Гавайских островах (эта станция обслуживает главного клиента — Пентагон).

Российская станция сопряжения, располагавшаяся в Центре им. Хруничева, перестала использоваться. В то же время российское законодательство требует от операторов связи наличия оборудования в России, которое обеспечило бы подключение соответствующей сети к СОРМ (система оперативно-розыскных мероприятий, позволяет спецслужбам прослушивать переговоры абонентов).

В результате формально Iridium в России не работал, однако фактически воспользоваться услугами системы с территории России было возможно, а различные дилеры "в серую" продавали спутниковые телефонные устройства. С 2009 г. Iridium начал переговоры о легализации своего присутствия в России. В 2011 г. федеральная комиссия по связи США (FCC) одобрила временную схему работы Iridium в России при условии запуска российской станции сопряжения. Через некоторое время в России начались официальные продажи контрактов с Iridium. В конце 2016 г. в Ижевске была построена новая станция сопряжения в том числе со спутниками Iridium Next, которые в 2018 г. полностью заменили спутники предыдущего поколения.

В новой системе Iridium Next, о запуске которой было объявлено в 2007 г., прежними остались используемый частотный ресурс и принципы построения ССС, а бортовая аппаратура космических аппаратов нового поколения, в дополнение к существующим режимам, поддерживает новые форматы сообщений и протоколы связи на основе IP. Внедрение IP-архитектуры и современных алгоритмов уплотнения позволило более чем в десять раз увеличить общую пропускную способность каналов связи, а также обеспечить высокую гибкость предоставления услуг связи пользователям, в частности развёртывать распределённые частные сети VSAT (Very Small Aperture Terminal) в глобальном масштабе.

Новые спутники Iridium Next, как и спутники предыдущего поколения, оснащаются тремя комплектами антенн. Основная антенна — активная ФАР



(АФАР), имеет на 25 % меньшие размеры по сравнению с ранее используемой. Время жизни спутников — 15 лет.

В качестве дополнительной полезной нагрузки на Iridium Next установлены: аппаратура ADS-B для контроля и управления движением летательных аппаратов, в том числе беспилотных, в реальном масштабе времени; аппаратура AIS для автоматической идентификации и мониторинга морского транспорта; аппаратура GEOScan для изучения атмосферы и гравитационного поля Земли.

Сравнительный анализ тактико-технических характеристик ССС Iridium на основе спутников двух типов приведён в **таблице**.

Космический аппарат	Iridium	Iridium Next
	Без изменений	
Диапазоны частот радиочастот		
Скорость передачи данных в различных режимах, кбит/с:		
— телефония	2,4	2,4
— низкоскоростная передача данных	2,4	9,5—64
— передача данных морским и воздушным судам	до 134	128—512
— широкополосная передача данных	-	64
— высокоскоростная передача данных	-	88, 176, 352, 704
Мощность системы электропитания, кВт	1,2	22
Расчётный срок эксплуатации, лет	8	15
Масса, кг	689	860

14 января 2017 г. с авиабазы Ванденберг ВВС США (Калифорния) был произведён успешный запуск ракеты-носителя Falcon 9, которая вывела на низкую околоземную орбиту первые десять спутников связи Iridium Next новой модели.

Компания Iridium заключила соглашение с французским концерном Thales Alenia Space для производства, сборки и тестирования 81 спутника Iridium Next, причём 75 из них запущены с помощью компании Илона Маска — SpaceX. Поскольку сами спутники относительно лёгкие, в каждый из восьми запланированных стартов ракеты-носителя Falcon 9 на низкую околоземную орбиту выводятся сразу десять аппаратов. Исключением стал только шестой запуск, состоявшийся 22 мая этого года со стартовой площадки SLC-4E космодрома Ванденберг. Тогда Falcon 9 вывела на орбиту пять спутников связи Iridium Next, а также два спутника проекта GRACE-FO.

Первоначально планировалось использовать для запуска спутников сразу две системы, ракету "Днепр" и Falcon 9, однако в феврале 2016 г. из-за очень длительных процедур получения лицензии от российских властей компании Iridium пришлось принять решение о пересмотре последовательности за-

пусков группировки. А контракт, заключённый с компанией SpaceX, принёс Илону Маску в итоге 492 млн долл.

Ещё шесть аппаратов, произведённых компанией Thales Alenia Space, останутся на Земле и будут использоваться в качестве запасных.

Новая группировка Iridium обеспечит высокие скорости передачи данных: в диапазоне L до 128 кбит/с для мобильных терминалов и до 1,5 Мбит/с для терминалов класса Iridium Pilot marine; в диапазоне Ka — до 8 Мбит/с для фиксированных/мобильных терминалов.

Существующая группировка спутников Iridium продолжит свою работу вплоть до того времени, пока система Iridium Next не будет доведена до ста-

за воздушными судами. Она позволяет в реальном времени определять местоположение самолётов, осуществляет передачу информации о состоянии всех систем, обеспечивает передачу сигналов бедствия и сохранения аварийной информации.

Iridium Next сможет также использоваться для обеспечения соединения для передачи данных на другие спутники, что позволит осуществлять управление и контроль других космических средств, независимо от положения наземных станций и шлюзов.

Сообщается, что группировка Iridium Next предназначена для осуществления высокоскоростной связи с мобильными объектами, а также для поддержки сервисов Интернета вещей. Впрочем, скорости передачи данных не столь уж велики (как видим, отраслевой прогресс и здесь сыграл против модернизированной системы), и, очевидно, поэтому в последнее время Iridium Next нечасто упоминается в СМИ, где предпочитают говорить о системах скоростного спутникового Интернета StarLink Илона Маска, OneWeb из Великобритании и других с сотнями и многими тысячами низкоорбитальных спутников.

Тем не менее, развёртывание спутниковой группировки Iridium Next в полном объёме позволит оператору, в частности, запустить в коммерческую эксплуатацию услуги передачи данных по всей поверхности планеты. Ну, а данные отнюдь не всем нужны столь уж скоростные.

Сервис Iridium RUDICS представляет собой расширенную услугу, которая позволяет клиентам, с требованиями к передаче данных больших объёмов, передавать данные по надёжному, доступному, мультипротокольному исходящему мобильному вызову и входящему мобильному вызову по коммутируемому каналу через спутниковую сеть Iridium. Скорость передачи данных — до 2,4 кбит/с.

Direct Internet — прямое подключение к сети Интернет с помощью спутникового телефона Iridium при использовании его в качестве модема. Поддерживается Windows XP, Windows Vista, Windows 7 и операционными системами Mac OS.

Iridium Burst позволяет передавать данные на сотни, тысячи, даже миллионы совместимых устройств, используя самые надёжные в мире спутниковые сети. Может передавать данные в любом желаемом формате. Закрытые группы пользователей гарантируют, что только авторизованные устройства могут видеть полученные данные. Собственно, это и есть инструмент для Интернета вещей.

Услуга Iridium SMS предлагает пользователям мобильных устройств надёжный путь быстро и легко общаться в критически важных ситуациях с сотрудниками и близкими в любой точке планеты. Служба сообщений двухсторонняя, что позволяет пользователям Iridium отправлять, получать и отвечать на сообщения, которые хранятся в сети до семи дней и автоматически доставляются, когда телефоны включены.

дии полной операционной готовности. Прежние спутники пока останутся в эксплуатации. Система Iridium Next, расширяющая повышенную пропускную способность, будет обладать обратной совместимостью с существующей.

Если же коснуться вопроса стоимости этого глобального спутникового проекта, то в 2008 г. для участия в конкурсе были выбраны две компании — американский производитель Lockheed Martin и европейский концерн Thales Alenia Space (штаб-квартира расположена в городе Канны, Франция). 2 июня 2010 г. победителем контракта стоимостью 2,1 млрд долл. была объявлена европейская Thales Alenia Space. Добавив стоимость контракта с компанией SpaceX, получим в итоге 2,6 млрд долл. (не такая уж большая сумма для подобной системы связи).

Как отмечалось выше, аппараты Iridium Next несут дополнительную полезную нагрузку для Aireon, Inc., которая получает данные системы ADS-B (англ. Automatic Dependent Surveillance-Broadcast — автоматическое зависящее наблюдение-вещание, используемое лётчиками и авиадиспетчерами для управления воздушным движением) и сервиса FlightAware для использования авиакомпаниями. В частности, AireonSM — глобальная сеть слежения

Iridium SBD — простой и эффективный сетевой транспорт для передачи коротких сообщений между оборудованием и централизованной системой главного компьютера. Сервис интегрирован поставщиками комплексных услуг Iridium в приложения для рынка с вертикальной структурой в таких отраслях, как добыча нефти и газа, железнодорожная, морская, авиационная промышленности, предприятия коммунального хозяйства, правительственные и военные учреждения.

Iridium Voice — собственно голосовая связь.

Iridium OpenPort Broadband Service — широкополосная связь в любой точке мира. Экипаж судна может выходить в Интернет, социальные сети, пользоваться электронной почтой, звонить домой семье и друзьям или использовать Iridium OpenPort как резервный канал связи VSAT. Iridium OpenPort даёт большие возможности для связи даже с бюджетом маленького судна.

Iridium Certus — это универсальная платформа, предназначенная для разработки специализированных приложений, которая предлагает постоянно расширяющийся спектр сервисов, способных масштабироваться под потребности бизнеса клиента и повышать его эффективность. Услуга обеспечивает функциональность мобильного офиса для групп людей и двустороннюю связь для автономных транспортных средств, поездов, самолётов и судов в море, поддержку спутниковых раций Push-To-Talk, стриминговой передачи данных и широковещательной передачи данных.

Certus также включает услуги по обеспечению безопасности жизни.

11 января 2019 г. ракета-носитель Falcon 9 успешно вывела на орбиту последние десять спутников системы связи Iridium Next. Тем самым был завершён проект по формированию спутниковой группировки Iridium Next из 75 космических аппаратов.

В число постоянных клиентов Iridium сегодня входят сотрудники крупнейших мировых корпораций, работающих в сфере добычи полезных ископаемых, морского, наземного и воздушного транспорта, строительства, туризма, других отраслях и службах спасения и экстренной помощи, а также владельцы различных судов. Одним из главных пользователей сети является правительство США.

Компания Iridium Communications Inc. — поставщик услуг спутниковой связи получила в сентябре 2019 г. нелIMITированный контракт на низкоорбитальную спутниковую связь для Пентагона. Она получила семилетний контракт стоимостью 738,5 млн долл. от космического командования ВВС США на поставку услуг низкоорбитальной спутниковой группировки. Значение контракта вырастет после завершения формирования космических войск США. К тому же низкоорбитальные спутниковые сети будут играть ключевую роль в военной машине будущего, когда между политиком, принимающим решение о применении военной силы, и ударной мощью боевых роботов не будет промежуточных человеческих звеньев.

Как уже отмечали специалисты, низкоорбитальные спутниковые системы могут стать большим оборонным рынком, а Iridium может стать одним из главных бенефициаров этого рынка. Компания может выжить и преуспеть в конкуренции с такими гигантами, как SpaceX, поскольку, к примеру, в некоторых случаях военные предпочитают узкоспециализированных поставщиков услуг. Семилетний контракт предполагает дополнительную выручку в среднем в 105,5 млн долл. ежегодно, что является заметной прибавкой к доходу Iridium. При этом контракт, напомним, нелIMITированный, т. е. список услуг может быть в будущем расширен, а сеть спутников превратится в постоянно действующую дорогостоящую военную систему. Впрочем, надеемся, что это будет не единственная спутниковая система подобного рода.

По материалам <https://www.marsat.ru/technologies-iridium-network?ysclid=16xnfl8bc1801842521>, <https://www.connect-wit.ru/iridium-next-ne-tolko-golos-no-i-dannye.html>, <https://elitetrader.ru/index.php?newsid=473799&ysclid=16xnyx5nwj636909100>, [https://www.cnews.ru/news/top/2016-11-18\\_rossijskie\\_siloviki\\_smogut\\_proslushivat\\_abonentov?ysclid=16ympyosfe805217822](https://www.cnews.ru/news/top/2016-11-18_rossijskie_siloviki_smogut_proslushivat_abonentov?ysclid=16ympyosfe805217822).