

"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

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 129090, Москва, Протопоповский пер., 25, к. Б

Тел.: (495) 607-31-18.

E-mail: ref@radio.ru

Приём статей — e-mail: mail@radio.ru

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

Распространение — (495) 607-31-18; e-mail: sale@radio.ru

Подписка и продажа — (495) 607-87-39

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 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 24.07.2025 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—2025. 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. 02147-25 .

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

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

Сайт:
www.rinet.ru

"Голубая птица" выпускает антенны

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

"Мы жаждем новых ощущений, а когда получаем желаемое, то вскоре становимся к ним равнодушными".

Никола Тесла

Как утверждал Илон Маск, более 30 % населения планеты или 2,6 млрд людей не имеют доступа к Интернету, и его спутниковая сеть Starlink может это исправить. Уже сравнительно давно на сайте известного проекта спутникового Интернета Starlink от компании Илона Маска SpaceX имеется раздел о сервисе Direct to Cell, который позволяет напрямую подключать мобильный телефон к спутникам, выступающим в качестве базовых станций сотовой сети, и о котором уже рассказывалось на страницах журнала. Сервис предназначен для отправки через низкоорбитальные спутники текстовых и голосовых сообщений, а также файлов с любых "обычных" смартфонов с поддержкой 4G/LTE. Технологии быстро развиваются, и в отрасли появляется много новостей. Стоило в январе прошлого года успешно организовать через спутник обмен SMS со смартфона на смартфон, как на рынке появились новые игроки. Но обо всём по порядку.

Процесс подключения смартфона к спутниковой сети в Direct to Cell происходит автоматически в тот момент, когда он теряет сигнал наземной инфраструктуры. В этот момент ближайший спутник принимает сигнал устройства, передаёт его на наземную станцию или ретранслирует через другие спутники, обеспечивая доступ к наземной сети мобильной связи какого-либо оператора. В случае Starlink таким оператором является T-Mobile US.

Следует заметить, что для услуг Direct to Cell используются модернизированные спутники проекта Starlink с двумя различными системами связи на борту, которые работают как в привычной для раздачи Интернета части Ku-диапазона (10...12 ГГц), так и в диапазоне работы наземных сетей мобильной связи от 0,45...3,5 ГГц (партнёры-операторы планируют использовать для связи со спутниками диапазон 1,6...2,7 ГГц). На конец апреля SpaceX отправила в космос 23 спутника Starlink с новыми возможностями, среди них 13 спутников (по разным сообщениям их когда-нибудь будет 400 или 840) Starlink V2 mini обеспечивают связь Direct to Cell, что позволяет подключаться к спутникам напрямую с мобильных устройств. Разумеется, для появления таких возможностей приходится преодолевать целый ряд трудностей.

Прежде всего, что касается функциональности и состава размещённой на спутнике базовой станции 4G/LTE, то данный вопрос разработчиками подробно не раскрывается. Сообщается лишь, что спутники оснащены улучшенным модемом eNodeB, который обеспечивает возможность эмуляции наземной базовой станции. Это сделает связь доступной для любого мобильного устройства. Однако же любое дополнительное оборудование на борту приводит к увеличению стоимости запуска. Другое дело, что наземная сеть мобильной связи 4G/LTE со всеми входящими от протоколов до антенн, а также работающие в ней смартфоны были разработаны для обслуживания мобильных пользователей в зоне действия базовой станции на удалении, как правило, не более 15...20 км при перемещении относительно земной поверхности с максимальной скоростью не более 500 км/ч. Напротив, спутниковая базовая станция находится на высоте 550 км, движется со скоростью 8 км/с и покрывает своим сигналом зону обслуживания до 500 км в диаметре. Кроме того, дополнительные серьёзные проблемы появляются под влиянием погодных условий при чрезвычайно большом ослаблении сигнала в атмосфере.

Следует заметить, что в сотовой сети размер соты определяется возможностями абонентской станции (в данном случае смартфона), которая, как правило, имеет максимальную мощность передачи сигнала в направлении базовой станции (на самом большом удалении от неё) около 0,2 Вт (на меньших расстояниях в смартфоне работает APM), тогда как базовая станция обычно имеет мощность передачи сигнала в нисходящем канале к смартфону не менее 20 Вт. В Starlink сообщали, что для получения рабочего канала связи пришлось преодолеть серьёзные технологические трудности. Дело в том, что в большинстве современных смартфонов установлены антенны с низким коэффициентом усиления. Поскольку речь идёт о самых обычных смартфонах, на спутнике придётся устанавливать чрезвычайно чувствительную антенну, способную принять их слабый сигнал. Никаких публикаций на этот счёт не встречается, но, судя по всему, подобная разработка удалась. Следует также учитывать, что всё, попавшее на поверхность Земли в диаграмму направленности такой антенны, будет создавать помехи в рабочем диапазоне частот, это и наземные базовые станции, и абонентские телефоны, и различные широкополосные промышленные по-

мехи. Из всего этого нужно будет выделить полезный сигнал.

С точки зрения обслуживания потенциальной клиентской базы, т. е. числа абонентов/смартфонов, ресурс пропускной способности спутника будет делиться между всеми участниками. Его размер ограничен, поэтому при одновременной работе тысяч абонентов (попадающих в огромную зону обслуживания) на каждого из них придётся ресурс в несколько десятков кбит/с, пригодный разве что для передачи SMS и, возможно, голосовых сообщений. Впрочем, области с относительно высокой плотностью населения будут обслуживаться имеющимися там наземными сетями мобильной связи с широким набором услуг, а Direct to Cell останется для удалённых мест с низкой абонентской плотностью.

В общем, Starlink был первым, кто «набил шишки» в области создания спутникового Интернета и спутникового Direct to Cell, и первым, кто сумел преодолеть с различным успехом приведённый выше набор сопутствующих трудностей. При этом работа над преодолением последних продолжается, и не только в SpaceX. Сегодня у Starlink есть сразу несколько конкурентов в части организации доступа в Интернет. Это, например, Project Kuiper от Amazon, OneWeb, целый ряд китайских проектов. Недавно появился и ещё один конкурент — компания AST SpaceMobile, которую уже поддержали Google, AT&T и Vodafone и которая также собирается предоставлять услуги голосовой связи по технологии Direct to Cell.

Как гласят официальные сообщения, AST SpaceMobile — это компания, создающая первую и единственную космическую сотовую широкополосную сеть, доступную непосредственно со смартфонов, предназначенную как для коммерческих, так и для государственных приложений. Первые пять коммерческих спутников под названием BlueBird были запущены с мыса Канаверал, штат Флорида, осенью прошлого года.

Спутники BlueBird («голубая птица») оснащены крупнейшими в истории коммерческими коммуникационными объектами, которые будут развёрнуты на низкой околоземной орбите, на впечатляющей площади 693 квадратных фута или 64,38 м² (рисунок, источник — URL: <https://click.ru/3M86GE>), что является технологическим скачком вперёд в способности AST SpaceMobile обеспечивать бесперебойную сотовую широкополосную связь для миллиардов пользователей мобильной связи по всему миру.

На данный момент компания планирует отправить на орбиту Земли 243 космических аппарата связи. Общие каналы связи, предоставляемые спутниками, поддерживают полосу частот до 40 МГц, что потенциально обеспечивает скорость передачи данных до 120 Мбит/с. В описании спутника AST говорится, что у него большая площадь поверхности антенн с фазированной антенной решёткой, которые работают синхронно, чтобы формировать и направлять сигнал в ячейки покрытия подобно вышкам сотовой связи на Земле.

В течение 2024 г. AST Space Mobile получила дополнительные стратегические инвестиции от AT&T, Verizon, Google и Vodafone, а также заключила новый контракт с правительством США через генерального подрядчика. Компания имеет соглашения с более чем 45 операторами мобильной связи по всему миру, которые имеют более 2,8 млрд существующих абонентов, включая Vodafone Group, AT&T, Verizon, Rakuten Mobile, Bell Canada, Orange, Telefonica, TIM, Saudi Telecom Company, Zain KSA, Etisalat, Indosat Ooredoo Hutchison, Telkomsel, Smart Communications, Globe Telecom, Millicom, Smartfren, Telecom Argentina, MTN, Telstra, Africell, Liberty Latin America и другие. AT&T, Verizon, Vodafone, Google, Rakuten, American Tower и Bell Canada также являются существующими инвесторами AST SpaceMobile.

Основываясь на успехе спутника BlueWalker 3, первые пять коммерческих спутников AST SpaceMobile будут иметь десятикратное увеличение мощности. Это достижение закладывает основу для предоставления глобальной космической сотовой широкополосной связи непосредственно на повседневные смартфоны, начиная с непрерывного покрытия на всей континентальной части Соединённых Штатов с использованием более чем 5600 сотовых сетей в премиальном низкочастотном спектре.

Что касается спутника BlueWalker 3, то он был запущен в 2022 г. компанией AST Space Mobile в качестве прототипа для предполагаемой сети спутников, которая должна была обеспечить доступ к мобильному широкополосному Интернету почти в любой точке планеты. Спутник имеет огромную антенну также площадью 64 м² и окрашен в белый цвет, чтобы отражать солнечный свет, делая его видимым даже в сумерках.

Первый звонок через космос с использованием обычного смартфона компания совершила в апреле 2023 г. Компания продемонстрировала возможность совершать звонки и обмениваться



данными. В частности, при подключении к спутнику связи BlueWalker 3 обычного смартфона скорость передачи составила 14 Мбит/с. Позже был совершён телефонный звонок. Вызов был реализован на номер в сети японского оператора Rakuten. В ходе тестов применялся оригинальный смартфон Samsung Galaxy S22.

Что касается антенны BlueWalker 3, то сейчас в ночном небе есть объект, который не является ни планетой, ни звездой и светит иногда ярче 99 % звёзд, видимых с ночной стороны Земли. И это ещё одна трудность, с которой придётся столк-

включая возможные оперативные вмешательства". Компания также избегает передачи в районах, чувствительных к радионаблюдениям, сказал представитель, а также контролирует ориентацию спутника для минимизации яркости и разрабатывает антиотражающие покрытия для своего следующего поколения спутников, которых, по его словам, будет около 90.

23 января 2025 г. компания AST SpaceMobile (после продолжительного ожидания) получила временное разрешение от Федеральной комиссии связи США (FCC) на совершение звонков в сотовой сети AT&T через свои

решение от FCC на тестирование космической сотовой связи ещё в середине прошлого года, но всё ещё не организовала этот процесс. Компания AST Space Mobile пока не обнародовала планы по организации тестирования и его результаты, впрочем, и разрешение FCC она получила лишь недавно. Проверка будет проходить с использованием запущенных осенью пяти спутников AST SpaceMobile BlueBird первого поколения. Каждый из пяти спутников BlueBird Block 1 массой 1500 кг рассчитан на обеспечение пропускной способности, в 10 раз превышающей пропускную способность прототипа BlueWalker 3.

Для полного покрытия территории США космической сотовой связью понадобится запустить ещё десятки спутников, которые, надо отметить, светятся в небе как одни из самых ярких звёзд. Как отмечалось выше, это усложнит работу астрономов с поверхности Земли как в оптическом, так и в радиодиапазоне. Более того, спутники BlueBird второго поколения станут ещё больше и ярче, что только усугубит проблему научных наблюдений. Будет ли найден компромисс, неизвестно, но каждый технологический прогресс имеет свою цену.

Кстати, SpaceX как конкурент AST SpaceMobile, планирует предоставить первые услуги текстовых сообщений в этом году. Основная идея в том, чтобы запустить бета-версию сервиса к концу этого года. Полноценное коммерческое обслуживание откроется для потребителей в начале 2026 г. Планируется включить в сервис текстовые сообщения, Интернет, передачу данных и доступ к таким приложениям, как видеоконференции.

Клиенты T-Mobile US в рамках программы бесплатного бета-тестирования уже могут пользоваться аналогичными услугами SpaceX Starlink. В июле оператор наземной связи готовился официально запустить услугу T-Satellite, которая обойдётся большинству потребителей в 10 долл. в месяц, включая абонентов других операторов. AST же пока вывела на орбиту лишь пять спутников собственной группировки BlueBird, и для полноценного обслуживания клиентов ей потребуется от 45 до 60 аппаратов. Кроме того, прежде чем предложить услуги спутниковой связи абонентам своих партнёров, включая AT&T и Verizon, компании необходимо получить разрешение от FCC.

Компания также собиралась запустить спутник второго поколения BlueBird Block 2, который в два раза больше Block 1 и в десять раз грузоподъемнее. Точ-



нуться всем, кто в дальнейшем будет развивать технологию Direct to Cell. При этом Международный астрономический союз, группа профессиональных астрономов отмечают, что BlueWalker 3 превышает этот лимит допустимой яркости в несколько раз. А это нешуточная угроза для наземной астрономии. Астрономы также обнаружили, что яркость BlueWalker 3 колебалась со временем в зависимости от угла, под которым он был направлен к Солнцу. Такие компании как AST SpaceMobile могут контролировать этот угол, поэтому они играют решающую роль в реализации того, чтобы спутник отражал минимальное количество света. Зато компания, выступающая против предоставления услуг непосредственно на смартфонах, уже предупреждают о грядущем световом загрязнении из космоса и возможных помехах в работе наземных сетей.

В заявлении представитель AST SpaceMobile сказал, что компания "сотрудничает с NASA и некоторыми рабочими группами по астрономии для разработки передовых отраслевых решений,

спутники, минуя наземные вышки сотовой связи. Разрешение действовало до 30 мая 2025 г. В компании рассчитывали подключить к тестированию услуги до 2000 абонентов. Согласно лицензии, компания сможет использовать частоты диапазонов V, S и UHF в космосе для поддержки операций шлюза и управления для своего космического корабля BlueBird.

FCC также заявила, что в интересах общественности надо начать развёртывание спутников AST с целью тестирования системы, способной обеспечить дополнительное покрытие из космоса. FCC также считает, что развёртывание пяти спутников позволит AST запросить разрешение на дальнейшее тестирование этой всё ещё развивающейся технологии.

Своим первым звонком через космос компания AST Space Mobile вошла в историю. Интересно, что SpaceX, также претендующая на этот спектр услуг и первой развернувшая группировку интернет-спутников связи, совершила свой первый звонок через космос позже. Примечательно, что SpaceX получила раз-

нее, у них будет антенна значительно большей площади.

В ближайшие несколько месяцев AST намерена провести ещё пять запусков спутников нового поколения BlueBird Block 2 с индексом FM1. Это будет ранний прототип массой почти 6 т (5830 кг), что примерно в десять раз тяжелее спутников Starlink V2 Mini. Серийные аппараты BlueBird V2 имеют массу 4210 кг благодаря использованной композитных материалов. Ранее компания SpaceX критиковала спутники AST SpaceMobile за их большую массу и связанную с этим угрозу увеличения объёма космического мусора. В AST SpaceMobile ответили, что каждый аппарат будет сведён с орбиты и сожжён в атмосфере после семи лет работы.

До конца текущего года она изготовит 40 спутников BlueBird второго поколения, а всего их станет более 50. Размер первоначальной группировки в AST не уточнили, но отметили, что для предоставления непостоянной услуги достаточно будет 25 аппаратов. Всего же в планах компании запустить 243 гигантских спутника до 2028 г., о чём она сообщила в своём отчёте для FCC.

Кстати, трамповские пошлины ударили по компании AST SpaceMobile, как и по другим игрокам технологической отрасли. Если ранее один спутник стоил от 19 млн до 22 млн долл., то теперь производство и запуск аппарата обходятся уже в сумму до 23 млн.

Ниже приведены результаты деятельности AST SpaceMobile за первый квартал 2025 г. и планы на ближайшее будущее из опубликованного финансового отчёта компании.

Объявлен план запуска спутников на орбиту от нескольких провайдеров с пятью контрактными запусками в течение следующих нескольких месяцев:

Ожидаются орбитальные запуски в среднем каждые один-два месяца в течение 2025 и 2026 г.

Параллельно с производством 40 спутников Block 2 BlueBird и произведена закупка компонентов и материалов для более чем 50 спутников.

Ожидается, что в течение 2025 г. производство спутников достигнет 6 шт. в месяц, а производство фазированных антенных решёток достигнет этого показателя в третьем квартале текущего года.

Графики производства и орбитальных запусков поддерживают цели непрерывного покрытия сотовой широкополосной связью на ключевых рынках, таких как США, Европа, Япония и другие стратегические рынки в течение 2026 г.

Происходит наращивание деятельности в рамках ранее объявленного контракта с NASA на сумму 43 млн долл. и подписание нового контракта с Подразделением оборонных инноваций (DIU — Defense Innovation Unit) на сумму до 20 млн долл. для использования возможностей SpaceMobile с несколькими правительственными учреждениями США в поддержку правительственной связи на суше, море и в воздухе.

В первом квартале 2025 г. объём заказов шлюзового оборудования, необходимого для коммуникации с наземными сетями мобильной связи, у поставщиков оборудования составил 13,6 млн долл., при этом ожидается, что заказы шлюзового оборудования составят в среднем около 10 млн в квартал в течение 2025 г., что станет предпосылкой для развёртывания сервиса SpaceMobile.

Был успешно выполнен широкополосный видеозвонок, организованный Rakuten Mobile перед живой аудиторией с использованием обычных смартфонов в сети SpaceMobile с помощью спутника Block 1 BlueBird. Аналогичные видеозвонки были выполнены с сетями операторов AT&T, Vodafone и Verizon.

Заклучено соглашение AST SpaceMobile о координации с Национальным научным фондом США в области спутниковой и наземной астрономии. Имеются хорошие перспективы для получения полных разрешений регулирующих органов на коммерческое обслуживание AST SpaceMobile в США и Европе.

Подписаны окончательные соглашения AST SpaceMobile о долгосрочном доступе к премиальному нижнему среднечастотному спектру шириной до 45 МГц в США для приложений прямого подключения спутников к абонентским устройствам.

В общем, появившийся серьёзный (по своим намерениям) конкурент Starlink намерен добиться цели во что бы то ни стало. Что будет потом?

Потом сеть плотно охватит околосреднее пространство, связь со смартфоном со спутником станет технически возможной для большой аудитории с предоставлением обширного пакета различных услуг мобильной связи, обитатели планеты привыкнут к такому сервису (к хорошему быстро привыкают) и даже не будут задумываться о том, с помощью каких технических знаний и инженерных усилий всё это получается (4G/LTE — оно и в космосе 4G/LTE).

Возможно, очередное поколение "голубых птиц" начнёт предоставлять уже услуги сетей связи 5G, а неугомонный Илон Маск

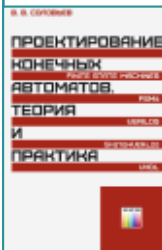
придумает что-нибудь новое, развернув аналогичную сеть вокруг Марса и Луны.

И есть не просто надежда, а даже уверенность, что и наши специалисты в стороне не останутся.

По материалам

<https://clck.ru/3M86L4>,
<https://clck.ru/3M86N6>

Вышла в свет новая книга



Соловьев В. В.

Проектирование конечных автоматов. Теория и практика. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024. — 360 с.: ил. ISBN 978-5-9912-1092-8.

Конечные автоматы (Finite State Machines — FSMs)

занимают важное место в разработке цифровой аппаратуры, поскольку в каждом устройстве их приходится проектировать всякий раз заново.

Показано место конечных автоматов в методике проектирования цифровых устройств. При этом внимание концентрируется на проблемах, с которыми сталкивается инженер при разработке устройств управления. Рассмотрены способы представления конечных автоматов, которые наиболее часто используются на практике. Освещена современная элементная база цифровых систем (CPLD, FPGA SoC). Особое внимание уделено реализации конечных автоматов в программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС — FPGA). Дан обзор методов синтеза, реализованных в средствах проектирования (Quartus). Подробно рассмотрены стили и способы представления конечных автоматов на языках описания аппаратуры (Verilog, SystemVerilog, VHDL). Представлены популярные коды, используемые для кодирования состояний конечных автоматов. Особо отмечены моменты, когда используемое кодирование состояний конечного автомата не соответствует ожидаемому результату. Продемонстрировано использование значений входных и выходных переменных конечного автомата для кодирования состояний.

Излагаемый материал сопровождается большим количеством примеров, листингов кодов конечных автоматов и рисунков с результатами синтеза и моделирования.

Для специалистов в области разработки цифровых систем — инженеров-практиков, научных работников, аспирантов, преподавателей и студентов соответствующих специальностей.

Адрес издательства в Интернет
WWW.TECHBOOK.RU