

УДК 004.514.6

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ НА ИЗДЕЛИЯХ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Е. А. Щелоков, АО «РКЦ «Прогресс», аспирант СГАУ, riddick41666@mail.ru

А. Н. Овсянников, АО «РКЦ «Прогресс», ovsyannikov_an@mail.ru

Рассматривается задача передачи информации по беспроводному интерфейсу в составе изделий ракетно-космической техники. Целью работы является исследование основных характеристик распространения радиосигнала в составе изделий ракетно-космической техники (а именно – в условиях плотной компоновки аппаратуры и металлических конструкций). Выбор режимов работы приёмопередатчиков обоснован доступностью и ограничениями Государственной комиссии радиочастот. В качестве основы для определения доступности приёмопередатчиков в составе плотной компоновки выбраны устройства типа Wi-fi и произведено моделирование в двухмерном режиме дополнительно в условиях металлических конструкций. Приведен вариант конструктивного исполнения приёмопередатчика в составе блока. Приведен вариант схемы включения импортного однокристалльного приёмопередатчика.

Ключевые слова: передача данных, беспроводные линии связи, эффективная мощность, диапазон длин волн, плотная компоновка, распределение сигнала, приёмопередатчик, снижение массы, отсутствие кабелей, ракетно-космическая техника.

DOI: 10.21667/1995-4565-2016-56-2-144-148

Введение

Беспроводные технологии передачи данных продолжительное время применяются в различных информационных сетях. Это и доступ в интернет, и организация локально-вычислительных сетей, персональных сетей для управления различными устройствами, удаленный контроль параметров от беспроводных датчиков и т.д.

Широкое распространение беспроводные технологии получили благодаря своим преимуществам:

- отсутствию проводов и кабелей (передача информации осуществляется в открытом пространстве);
- простоте монтажа/демонтажа оборудования;
- простоте расширения и переконфигурирования сети;
- обеспечению связи с труднодоступными участками.

Наряду с преимуществами, беспроводная связь имеет и свои недостатки по сравнению с проводными технологиями.

- Необходимость учета электромагнитной обстановки и уровня допустимых помех в зоне организации связи.
- Открытый канал передачи данных требует более аккуратного подхода к защите информации.

Преимущества беспроводной передачи данных (БПД) для РКТ:

- снижение массы;
 - отсутствие работ по монтажу кабелей;
 - простота доработки, ремонтных работ, монтажа/демонтажа аппаратуры;
 - стойкость к механическим нагрузкам за счет отсутствия соединителей;
- взрывобезопасность.

Актуальность задачи внедрения БПД в РКТ определяется преимуществами БПД.

В соответствии с решениями ГКРЧ без оформления отдельных решений ГКРЧ и разрешений на использование радиочастот внутри помещений допускается использование частот:

✓ 2400-2483,5 МГц с максимальной эффективной изотропно-излучаемой мощностью 100 мВт.

✓ 5150-5250 МГц с максимальной эффективной изотропно-излучаемой мощностью 200 мВт.

Длины волн этих диапазонов – 125 и 57 мм соответственно, т.е. потенциально пригодны для обеспечения связи на изделиях РКТ.

Вышеуказанные мощности с большим запасом превышают уровни полей, допустимых для аппаратуры РКТ, а значит, можно снизить мощности излучения до допустимых значений.

В данных частотных диапазонах работает большинство беспроводных сетей малого радиу-

са действия (Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth).

Представляется целесообразным при разработке беспроводной сети в РКТ оттолкнуться от известных решений организации беспроводного доступа к ЛВС/интернету в помещении.

Однако внедрение БПД в РКТ будет иметь свои особенности:

- плотная компоновка аппаратуры;
- корпуса аппаратуры и конструкция РН/КА, как правило, изготавливаются из проводящих материалов;
- сложная электромагнитная обстановка, вызванная близостью передатчиков, антенн, кабельных жгутов, плотной компоновкой радиоэлектронной аппаратуры;
- близость чувствительной к внешним электромагнитным полям радиоэлектронной аппаратуры;
- необходимость более аккуратного подхода при шифровании передаваемой информации.

Теоретическая часть

Для расчета максимально допустимой мощности на выходе антенны необходимо расстояние от антенны до ближайшей аппаратуры, а значит, расчеты невозможны без рассмотрения конкретного варианта компоновки аппаратуры, поэтому оттолкнемся от расположения аппаратуры приборного отсека одного из космических аппаратов.

Расстояние между блоками минимум 80 мм, однако между большинством блоков расстояние 150 – 200 мм и больше. При построении беспроводной сети можно наложить ограничение, например «расстояние от приемопередающей антенны до корпуса ближайшей аппаратуры должно быть не менее 200 мм», при этом допустимая мощность передатчика в направлении ближайшей аппаратуры составит 1,3 мВт (1,14 дБм), что больше мощности передатчиков, используемых в беспроводных сетях технологий Bluetooth или ZigBee [типичная мощность передатчиков в этих технологиях 1 мВт (0 дБм)], т.е. возможно организовать беспроводную передачу данных, не превышая допустимых значений электромагнитных полей.

На рисунке 1 приведено распределение уровня сигнала от одной точки доступа при изотропной антенне.

Из рисунка 1 видно, что приемлемый уровень сигнала обеспечивается не только при условии прямой видимости, но и при небольшом затенении.

При задействовании 4 точек доступа получаем картину распределения сигнала.



Рисунок 1 – Распределение сигнала от одной точки доступа (слева) и от четырех точек доступа (справа)

Таким образом, четырех точек доступа достаточно, чтобы обеспечить связь в отсеке с плотной компоновкой. Однако радиовидимость от каждой точки до каждой по-прежнему не достигается, данный вопрос решается установкой ретрансляторов в точках, до которых доходит сигнал от обоих источников (приемника и передатчика).

Как видно из рисунка 1, уровни полей вблизи корпуса не превышают минус 30 дБм (голубой цвет: -30...-40 дБм, зеленый цвет: -40...-50 дБм) относительно 0 дБм на выходе антенны. С учетом коэффициента экранирования алюминиевого листа толщиной 5 мм порядка 70 дБм получаем коэффициент затухания сигнала между передающими антеннами и внешней поверхностью изделия минимум 100 дБм. При необходимости дополнительной изоляции от внешней среды можно изменять диаграммы направленности, не допускать прямой видимости передатчика и внешней части корпуса, что увеличит затухание на 30 – 40 дБ.

Таким образом, беспроводная сеть на изделиях будет полностью изолированной от внешних воздействий, а передаваемая информация не сможет быть перехваченной.

Этапами внедрения беспроводной передачи данных является следующее.

1. Выбрать систему, имеющую несколько блоков на изделии.

2. Провести измерения электромагнитной обстановки (ЭМО) на изделии в диапазонах 2400-2483,5 МГц, 5150-5250 МГц в месте установки блоков выбранной системы. По возможности измерить ЭМО в как можно больших местах для оценки ЭМО на всем изделии, а также для нахождения зон с максимальными шумами и аппаратуры – источников помех.

3. Провести наземные испытания возможности обеспечения БПД на изделии. Для этого предлагается приобрести демонстрационный набор, например Z430-RF2480 Demo Kit, состоящий из трех беспроводных датчиков температуры, точки доступа с интерфейсом USB и программным обеспечением для персонального

компьютера, обеспечивающим мониторинг беспроводной сети или аналогичный.

4. Разработка магистральной сети коммутаторов.

В случае непревышения допустимых уровней разместить беспроводные датчики в различных точках на изделии, провести мониторинг беспроводной сети и по результатам простейших испытаний определить возможность организации БПД на изделиях РКТ.

Чтобы сделать начальные этапы внедрения БПД на изделие наименее болезненным для устоявшейся архитектуры радиоэлектронной начинки изделия, предлагается на корпусе одного из блоков (или на одном из элементов конструкции изделия) установить автономный приемопередатчик, работающий от батарейки (на начальных этапах предлагается использовать готовые приемопередатчики, построенные на известных технологиях). Рекомендуются технология ZigBee как самая энергосберегающая и защищенная (приемопередатчики, в которых применяется технология ZigBee, потребляют порядка 60 мВт в режиме приема/передачи и порядка 60 мкВт в режиме ожидания).

Указанные передатчики имеют размер двух спичечных коробок, при этом могут не иметь никаких разъемов и внешних антенн (в случае использования РСВ антенн), а только крепежные отверстия.

На стороне, принимающей и обрабатывающей полезный сигнал, устанавливается аналогичный приемопередающий модуль, но уже с централизованным питанием и информационным выходом, с которого в систему телеметрии будет передаваться информация о работоспособности сети и качестве сигнала. После завершения этого этапа можно приступить к полноценному повсеместному внедрению беспроводных технологий на изделиях РКТ.

Самым целесообразным для первоначально этапа внедрения БПД представляется заменить датчики на ракетносителях.

Период времени с момента начала сборки ступеней до конца непосредственной эксплуатации невелик, кроме того, период опроса датчиков может достигать нескольких секунд, а время выхода из «спящего» состояния и непосредственной передачи – единицы миллисекунд, а на этапе сборки – вовсе большую часть времени датчики находятся в спящем режиме, то есть потребуется незначительное электропитание, поэтому потенциально датчики можно сделать автономными на батареях, при этом уменьшится масса за счет отсутствия информационных кабелей и кабелей питания, упростится схема электропитания.

Для внесения минимальных изменений в имеющуюся аппаратуру предлагается нижеописанный подход.

Практически во всех соединителях присутствуют цепи питания, что дает возможность, абсолютно не изменяя блок, установив лишь трансивер вместо кабельной части соединителя, обеспечить беспроводной обмен данными. В сборке с блоком трансивер будет иметь вид (рисунк 2):

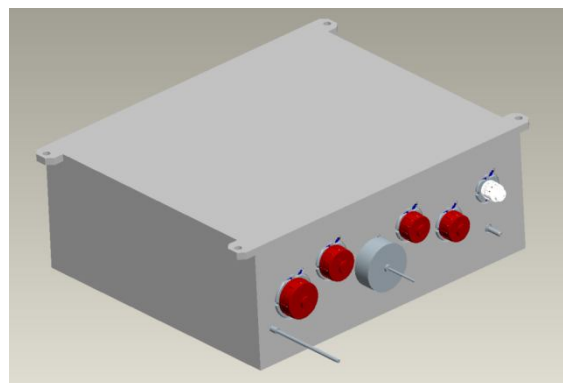


Рисунок 2 – Блок с приёмопередатчиком в сборе

Представляет большой интерес, прежде всего, с экономической точки зрения, создать универсальные адаптеры для датчиков и трансиверы с интерфейсами стандартных соединителей.

Замена проводных датчиков с внешним питанием на беспроводные датчики с автономным питанием позволят значительно снизить массу, упростить монтаж, при этом отпадет надобность в аппаратуре мультиплексирования, коммутации и кроссирования.

Для повсеместного внедрения беспроводных технологий необходимо несколько «точек доступа», выполняющих роль коммутаторов, между которыми ожидаются достаточно большие скорости передачи. Эти «коммутаторы» целесообразно разместить в блоках одной системы.

Для увеличения живучести, надежности, виброустойчивости, технологичности монтажа, уменьшения массы, энергопотребления и стоимости предлагается использовать:

- кольцевые структуры оптических сетей, соединяющих локальные коммутаторы, что снизит количество линий связи в 2 раза при той же надежности;

- пакетную передачу данных, позволяющую интегрировать функции маршрутизатора в приемопередатчик беспроводного модуля, что дает возможность обмениваться данными между любыми узлами сети, расширяя возможности беспроводной передачи данных и повышая её отказоустойчивость.

В дальнейшем кольцевая магистральная высокоскоростная сеть системы телеметрии послужит основой сети всего изделия с возможно-

стью обмена информацией между любой аппаратурой. Будет лишь достаточно подключить её к магистральному кольцу через ближайший локальный коммутатор. За счет пакетной коммутации никакой доработки не понадобится.

Схемы включения импортных однокристальных приемопередатчиков практически универсальны (т.е. при необходимости замены одной микросхемы на другую потребуется минимальная доработка). На рисунке 3 приведен пример схемы включения приемопередатчика CC1150 фирмы Texas Instruments, к выводам RF_N и RF_P подключается согласующая цепь с антенной.

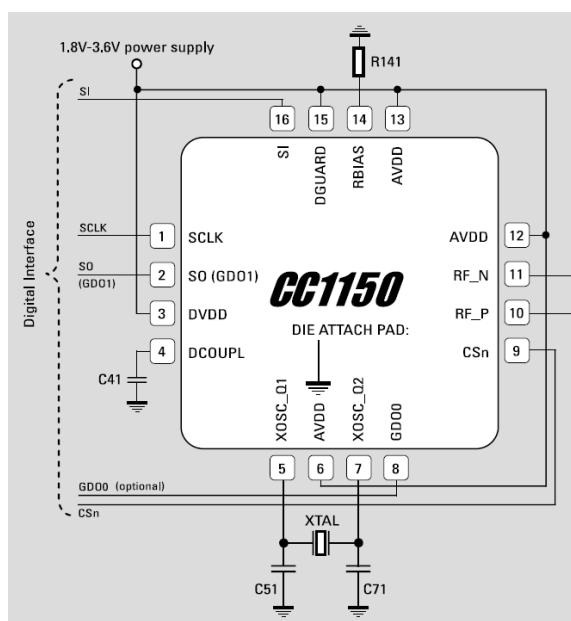


Рисунок 3 – Пример схемы включения приемопередатчика фирмы Texas Instruments

Также в настоящее время в микросхемах приемопередатчиков внедряют процессорные модули, благодаря чему в дальнейшем можно будет реализовывать не только передачу данных, но и управление какими-либо устройствами. Энергопотребление таких приемопередающих устройств составляет десятки миллиампер в условиях передачи (26.4 мА, при максимальной мощности выходного сигнала и для приведенной выше микросхемы), при этом ток потребления в режиме ожидания составляет 200 нА (для микросхемы CC1150), что не вызывает совершенно никакой нагрузки, и, как правило, подобные технологии используются в таких устройствах, как «умный дом», в котором питание от стандартной миниатюрной батарейки может осуществляться до двух лет.

Также, в связи с предложением применения данной технологии в условиях космического пространства требуется защита информации. Например, радиочастотный трансивер CC1100, в состав которого, помимо самого трансивера,

входит процессорное ядро, а также внутренняя Flash-память, обладает возможностью шифрования данных с помощью сопроцессора AES-шифрования, а также позволяет реализовывать интерфейс передачи аналоговых сигналов с использованием аналогово-цифрового преобразователя, который является составной частью процессорного модуля.

Кроме этого, CC1110 отличает чрезвычайно быстрый переход из режима пониженного потребления в активный режим. Выход из режима пониженного потребления может производиться либо по сигналу внешнего прерывания (который может подаваться на любой из выводов микросхемы), либо с помощью события от счетчика, работающего в режиме реального времени.

Также для исключения ошибок в настоящее время очень широко используются квазиоптимальные фильтры, которые работают на основе псевдослучайных последовательностей и позволяют избежать случайных ошибок при передаче данных.

Заключение

Беспроводная связь дает большие преимущества для ракетно-космической техники. Прежде всего, это значительное снижение массы изделия за счет отсутствия проводов, и соответственно экономия на изготовлении кабелей и их монтаже.

Беспроводной обмен данными позволяет легко (без доработки), переконфигурировать сеть, добавлять новую аппаратуру, что в случае проводной связи требует изготовления новых жгутов.

Беспроводная связь более надежна и взрывобезопасна в условиях значительных механических нагрузок, так как не имеет проводных контактов, которые могут нарушаться и вызывать искрение.

Внедрение беспроводной связи облегчит проектирование бортовой кабельной сети изделий за счет снижения количества информационных кабелей, требующих экранирования, заземления и т.д.

Современные беспроводные технологии и бурное развитие микроэлектроники открывают возможность создания автономных датчиков, работающих многие годы от миниатюрных батареек. Такая энергоэффективность достигается за счет быстрого перехода в спящий режим и выхода из него, составляющего единицы миллисекунд, и потребления в спящем режиме единиц/десятков микроампер. Таким образом, беспроводные технологии наиболее эффективны в датчиковой аппаратуре.

Повсеместное внедрение беспроводной свя-

зи приведет к возможности обеспечения резервирования основных линий связи, что сделает информационные сети изделия более живучими без дополнительного резервирования.

Беспроводной обмен данными имеет и недостатки по сравнению проводным, а именно: необходим учет электромагнитной обстановки и уровня допустимых помех в зоне организации связи. Кроме того, открытый канал передачи данных требует более аккуратного подхода к защите информации.

В проекте рассчитана изолированность электромагнитных полей от внешних электромагнитных полей, доказана неподверженность умышленным электромагнитным воздействиям противника, показана реализуемость её внедрения без значительных доработок и с соблюдением требований радиоэлектронной защиты.

Вопросы защиты и шифрования данных решены на данный момент для сетей общего пользования. Для обеспечения повышенной защищенности передаваемой информации необходимо провести анализ существующих алгоритмов шифрования, выбрать подходящий либо разработать новые алгоритмы. Данная работа проводится единожды на этапе НИОКР и в дальнейшем не требует затрат (при развитии технологий шифрования, возможно, придется искать новые

пути защиты данных).

Таким образом, в данном проекте предложено и обосновано применение беспроводного обмена изделий данными внутри РКТ. Показана актуальность и перспектива данного вида связи, реализуемость её внедрения без значительных доработок и с соблюдением требований радиоэлектронной защиты. Приведена модель, показывающая, что в случае применения беспроводной связи внутри отсеков космических аппаратов информация является защищенной в связи с тем, что за пределами космического аппарата мощность излучения на уровне шумов.

Предложен план «безболезненного» внедрения беспроводных технологий в информационные сети на примере системы сбора телеметрической информации. Показано уменьшение массы и увеличение надежности беспроводной сети по сравнению с проводной электрической связью.

Библиографический список

1. Планирование и обслуживание Wi-Fi сетей, <http://www.tamos.ru/products/wifi-site-survey/>.
2. Однокристалльные приемопередатчики ISM диапазона, <http://www.symmetron.ru/suppliers/wireless/ism-nordic.pdf>.
3. What is ZigBee? <http://www.zigbee.org/>.

UDC 004.514.6

WIRELESS DATA TECHNOLOGIES APPLICATION ON ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY PRODUCTS

E. A. Schelokov, JSC RSC «Progress», Samara State Aerospace University graduate student, rid-dick41666@mail.ru

A. N. Ovsyannikov, JSC RSC «Progress», ovsyannikov_an@mail.ru

The problem of data transmission over wireless interface as part of rocket and space technology is considered. The aim is to study the main characteristics of radio signal propagation in the composition of rocket and space technology (namely, in a dense arrangement of hardware and metal structures). The choice of operating modes of transceivers is justified by the availability and limitations imposed by State Radio Frequencies Commission. As a basis for determining the availability of receiver-transmitters as part of a dense arrangement the devices of Wi-fi type are selected and the simulation in a two-dimensional mode is produced, in addition to the conditions of metal structures. The variant of receiver-transmitter design embodiment as part of a block is given. An option scheme incorporating imported single-chip receiver-transmitter is considered.

Key words: data transmission, wireless communication links, effective power, wavelength range, dense layout, distribution of signal, receiver-transmitter, weight reduction, cables absence, rocket and space technology.

DOI: 10.21667/1995-4565-2016-56-2-144-148

References

1. Planirovanie i obsluzhivanie Wi-Fi setej, <http://www.tamos.ru/products/wifi-site-survey/>.
2. Odnokristal'nye priemopredatchiki ISM diapazo-

na, <http://www.symmetron.ru/suppliers/wireless/ism-nordic.pdf>.

3. What is ZigBee?, <http://www.zigbee.org/>.