

На правах рукописи



Якубовский Родион Михайлович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ**

Специальность 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Владимир – 2019

Работа выполнена в ФГУП "Научно-исследовательский институт радио",

г. Москва.

Научный руководитель: **САРЬЯН Вильям Карпович**
академик РАН РА, доктор технических наук, профессор МТУСИ, научный консультант Научного центра ФГУП «Научно-исследовательский институт радио», г. Москва

Официальные оппоненты: **ПАРАМОНОВ Александр Иванович**
Доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет телекоммуникаций им. МА. Бонч-Бруевича, г. С. Петербург.

САМОЙЛОВ Сергей Александрович
Кандидат технических наук, доцент Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Ведущая организация: ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт связи», г. Москва.

Защита диссертации состоится «___» _____ 2019 года в _____ в аудитории 301-3 на заседании диссертационного совета Д.212.025.04 при Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, д. 87, ВлГУ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» и на сайте <http://diss.vlsu.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2019 г.

Отзывы на автореферат, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, д. 87, ВлГУ, РТиРС.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



А.Г. Самойлов

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования — создание единого информационного пространства сопровождается бурным развитием систем передачи голосовой информации и данных. Большой объем информационных потоков передается через геостационарные сети спутниковой связи (далее – сеть спутниковой связи). Значительный вклад в исследование данной области внесли как отечественные ученые – Кантор Л.Я., Зайцев В.Е., Зубарев Ю.Б., Кулк К.И., Шахгильдян В.В., Варакин Л.Е. и др., так и зарубежные — Спилкер Д., Прокис Д., Мидлтон Д., Файнстен Л., Голомб С. и др.

Постоянное увеличение информационных потоков и числа потребителей информации приводит к необходимости расширения сети спутниковой связи, которое ограничивается высокой стоимостью земных станций спутниковой связи (далее – земная станция) с одной стороны, и дороговизной аренды частотно-энергетического ресурса (далее – ресурс) геостационарного спутника-ретранслятора (далее – спутник-ретранслятор) – с другой. Чтобы удовлетворить непрерывно растущий спрос на использование спутниковой связи, разрабатываются различные способы повышения эффективности использования спутникового ресурса (частот). Выбор частоты для передачи данных от земной станции к спутнику и от спутника к земной станции не является произвольным. Существуют природные и административные ограничения. От частоты зависит, например, поглощение радиоволн в атмосфере. Также, назначение частот регулируется жесткими международными правилами.

Поэтому, задача повышения эффективности использования спутникового частотного ресурса является актуальной, поскольку, новые достижения в этой области позволят повысить качество и плотность передаваемой информации, и снизить затраты на развёртывание новых спутниковых систем.

Целью диссертационной работы является исследование и разработка метода повышения эффективности использования ресурса спутниковых систем связи.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Проведен обзор существующих методов повышения эффективности использования спутникового частотного ресурса
2. Выполнено сравнение существующих систем с повторным использованием частот при подавлении широкополосного сигнала на передающей станции
3. Проведена модернизация системы повторного использования частот с подавлением широкополосного сигнала на передающей станции
4. Создана математическая модель фильтра, позволяющего модернизировать систему с поляризационным уплотнением и двойным использованием частот.

Объектом исследования являются спутниковые системы передачи цифровых сигналов.

Предметом исследования являются методы повышения эффективности использования выделенного частотного диапазона системами спутниковой связи.

Методы исследования. В работе применены методы параметрического и непараметрического цифрового спектрального анализа. Приведенные теоретические методы сочетались с экспериментальными исследованиями и практическими установками систем спутниковых сетей в Германии (2005 г.), Эфиопии (2006 г.), ЮАР (2007 г.)

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что впервые решены следующие проблемы:

1. Разработан новый метод построения спутниковой сети с поляризационным уплотнением спутникового сегмента, дающий дополнительный выигрыш до 3 дБ в энергетическом спектре системы, по сравнению с методом «несущая в несущей».

2. Исследованы влияния диаметра апертуры приемопередающих антенн для выявления оптимальной конфигурации системы

3. Создана математическая модель фильтра для построения спутниковых сетей с поляризационным уплотнением и двойным использованием частоты спутникового сегмента.

Практическая значимость исследования состоит в том, что разработанные методы схемы позволяют:

1. Повысить эффективность использования выделенного спутникового ресурса почти в 4 раза, по сравнению с традиционными спутниковыми сетями.

2. Повысить уровень приема сигнала на приемных станциях до 3 дБ по сравнению с методом «несущая в несущей».

3. Разработанная математическая модель фильтра является инвариантной. Может быть использована, как для создания отдельного устройства, так и для интеграции в существующие приёмо-передающие устройства.

Теоретическую основу исследования составили работы: Егорова Н.В., Зайцева В.Е., Томского В.С., Федорова Д.А., Сарьяна В.К., Спилкера Д., Прокиса Д., Мидлтона Д., в которых рассмотрены вопросы оптимального выбора параметров земных станций по критерию минимизации стоимости и повышения эффективности.

Достоверность полученных в работе результатов подтверждает корректное применение математического аппарата, логическая обоснованность выводов, отсутствие противоречий законам физики и математики, а также результаты практических испытаний по построению спутниковой сети с поляризационным уплотнением спутникового сегмента.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на XII Международной научно-технической конференции «Перспективные технологии в средствах передачи информации»

ПТСПИ 2017, г. Суздаль; на первом международном форуме GeoIoT «Disaster notification of the population through the navigation satellites» Brussels, 2016; Внесен вклад в двадцатую комиссию Международного союза электросвязи (ITU) «Disaster notification of the population through the navigation satellites» Geneva 2016; В докладе на третьей международной конференции Инжиниринг и Телекоммуникации En&T «Disaster notification of the population through the navigation satellites», МФТИ, Москва, 2016; В докладе на четвертой международной конференции Инжиниринг и Телекоммуникации En&T «Disaster notification of the population through the navigation satellites» 2017, МФТИ, Москва.

Личный вклад автора. Результаты работы получены автором лично или при его непосредственном участии. Роль автора в выдвижении идей, постановке задач, разработке основных положений исследования и создании публикаций носит определяющий характер.

Внедрение результатов работы. Полученные в диссертации модели и методы использовались:

- В разработке и изготовлении опытного образца на промышленных мощностях ОАО «МАРТ», г. Санкт-Петербург;
- В разработке спутниковых систем связи топологии «звезда» на мощностях ООО «Галес электронные системы» г. Москва;

Положения, выносимые на защиту:

1. Метод построения спутниковой сети по топологии «звезда» с поляризационным уплотнением спутникового сегмента, отличный от существующих и дающий выигрыш до 3 дБ в энергетическом спектре системы «несущая в несущей».
2. Математическая модель фильтра, позволяющего использовать двойное использование частот с поляризационным уплотнением спутникового сигнала.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 работ. Из них 3 статьи в журналах из перечня журналов, рекомендованных ВАК, 1 патент РФ на изобретение и 4 доклада в материалах всероссийских и международных конференций.

Реализация и внедрение результатов работы. Результаты работы внедрены в ОАО «МАРТ», г. Санкт-Петербург; в ООО «Талес электронные системы», г. Москва; ФГУП НИИР, г. Москва; используются в учебном процессе базовой кафедры МТУСИ при ФГУП НИИР, о чем имеются соответствующие акты.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 86 наименований, и приложения. Работа изложена на 153 страницах, содержит 76 рисунков, 24 таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи; определены объект, предмет и методы исследования; раскрыты научная новизна, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ существующих природных и административных ограничений. Рассмотрены существующие методы повышения эффективности использования спутникового ресурса (частот).

Среди этих методов выбран метод построения сетей спутниковой связи «несущая в несущей». Он позволяет значительно увеличить эффективность использования выделенного спутникового ресурса (частот). Описание и анализ этого метода приведен в второй главе. Анализ показал возможности улучшения, особенно при построении сетей по топологии «звезда», что показано в третьей главе. Проведённый анализ позволил сформулировать основные требования, которым должны удовлетворять схемы повышения эффективности.

Во второй главе проведен анализ перспективного метода повышения эффективности спутникового канала топологии «точка-точка», построенного с использованием технологии «Несущая в несущей» на примере модема CDM-625. Описание этого метода позволяет показать основные преимущества, а исследование – показать пути усовершенствования и раскрытие дополнительных потенциалов системы.

Стоимость сегмента космической связи, как правило, формирует основную долю операционных расходов для любого спутникового обслуживания. Это напрямую влияет на жизнеспособность и рентабельность услуги. Спутниковый транспондер, имеющий ограниченные ресурсы с точки зрения пропускной способности и мощности, затрат на лизинг транспондера, определяются используемой полосой пропускания и потребляемой мощностью. Для оптимального использования спутниковая схема должна быть рассчитана на использование аналогичной доли полосы пропускания транспондера и мощности приемопередатчика.

В настоящее время технология «несущая в несущей» используется достаточно широко в топологиях «точка-точка». Поскольку, параметры спутниковой и земной станций фиксированы, традиционный подход к балансировке спутниковой схемы включает компромисс между модуляцией и кодированием. Модуляция более низкого порядка требует меньшей мощности приемопередатчика при использовании большей пропускной способности. И наоборот, модуляция более высокого порядка снижает требуемую полосу пропускания, но при значительном увеличении мощности.

На рис. 1 показан типичный полнодуплексный спутниковый канал: две несущих расположены рядом друг с другом. На рис. 2 две несущие DoubleTalk «Несущая в несущей» перекрываются, и, таким образом, используют один и тот же спектр. На анализаторе спектра видна только композитная несущая. Несущая 1

и несущая 2 показаны на рис. 2 только для справки. Эти технологии вплотную подходят к теоретическим пределам мощности и эффективности пропускной способности.

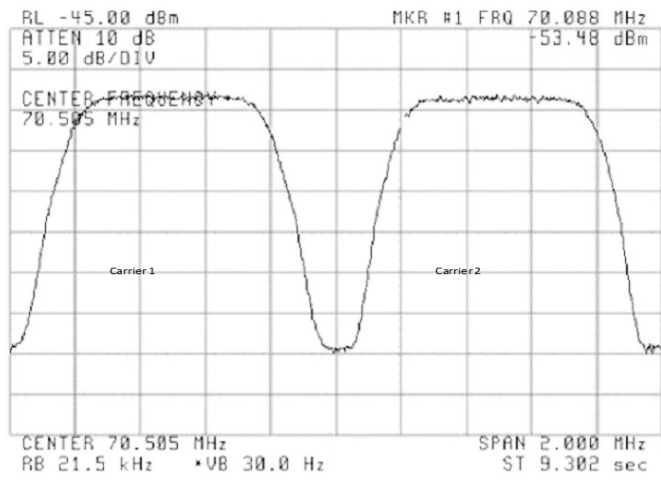


Рис. 1. Обычная полнодуплексная линия связи.

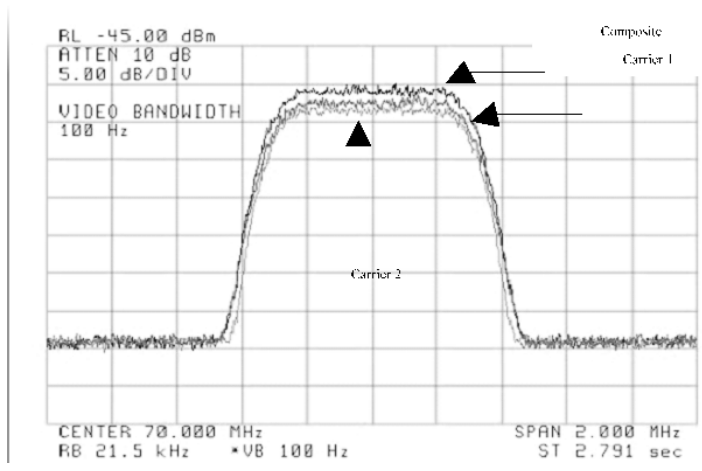
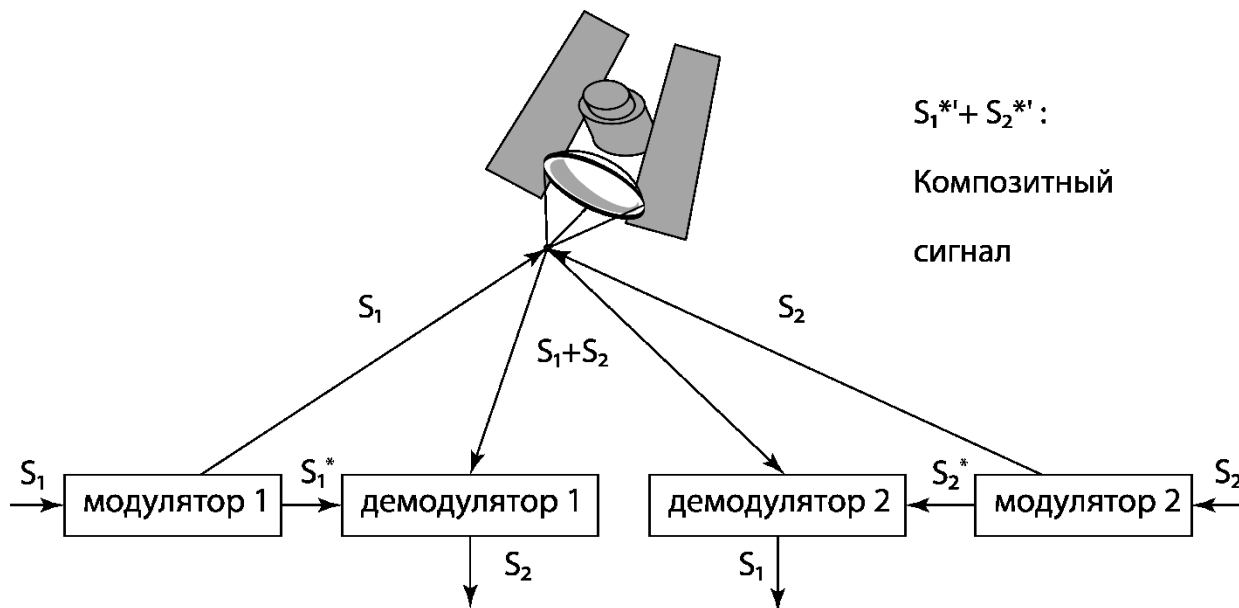


Рис. 2. Полнодуплексная линия связи с использованием технологий DoubleTalk и «Несущая в Несущей».

Для вычитания сигнала в технологии «Несущая в несущей» необходимо предоставить каждому демодулятору копию выходного сигнала локального модулятора. Здесь используется отдельный канал для каждого из направлений передачи. Если оба направления осуществляют передачу на одной и той же частоте, будет невозможно выделить желаемый сигнал. Так, как нам известен исходный сигнал, его можно «вычесть» из композитного интерференционного

сигнала до демодуляции. Полученная оценка интерференционного сигнала, затем, вычитается из составного сигнала. Практически, расчёт нежелательного сигнала достаточно точен. В существующих устройствах с минимальным ухудшением производительности демодулятора было достигнуто нежелательное подавление помех от 30 дБ или более.



S_1^* : Где, S_1 – реплика сигнала S с задержкой по частоте, фазе и амплитуде
 S_2^* : Реплика S_2 с задержкой по частоте, фазе и амплитуде.

Рис. 3. Функциональная схема канала «Несущая в несущей»

Несущие в технологии «Несущая в несущей» обычно используют одну центральную частоту. Для нормальной работы центральная частота двух несущих должна находиться в диапазоне обнаружения модема для стандартных несущих.

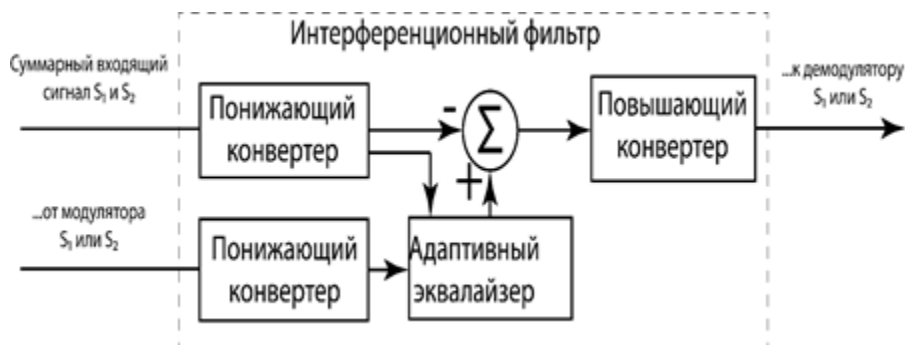


Рис. 4. Диаграмма обработки сигнала в технологии «Несущая в несущей»

При правильном выборе модуляции и кодирования коррекции совместно с технологией «несущая в несущей» можно достичь «многомерной» оптимизации для удовлетворения почти любых требований:

- Минимизировать арендованную пропускную ёмкость транспондера
- Снизить мощность передатчика
- Уменьшить размер антенны
- Увеличить качество приёма
- Все эти параметры можно комбинировать, по необходимости.

Как видно из анализа, рассмотренный метод хотя и решает поставленную задачу, но содержит в себе ресурсы для дальнейшего повышения эффективности. В частности, для построения сетей по топологии «звезда», существует возможность уменьшить стоимость оборудования путем комбинирования электронно-вычислительных мощностей «вычитания» несущей и использования фактора различных диаметров антенн.

В третьей главе На основе анализа, проведенного во второй главе, найдена возможность существенного улучшения метода «несущая в несущей» в сетях с топологией «звезда». Кроме того, приведена схема построения спутниковой сети с технологией «несущая в несущей» с поляризационным уплотнением спутникового сегмента на топологии «звезда». Произведен математический анализ зависимости диаметров антенн для оптимальной структуры спутниковой сети.

Предложенная в диссертации схема отличается, как от традиционных существующих схем, так и от технологии «несущая в несущей», которая используется для топологии «точка-точка». Эффективность этой схемы подтверждены математическим расчетом энергетического спектра спутниковых сигналов. Эти расчёты подтверждают экономическую выгоду использования таких схем, поскольку открывается возможность комбинировать повышение

плотности и достоверности информационного потока, уменьшая при этом стоимость используемого оборудования.

Чтобы обеспечить полнодуплексную связь между головной станцией (HUB) и удаленными станциями используют топологию сети типа «звезда», показанную на рис. 5. Головная станция передает широкополосный сигнал (H) для многостанционного доступа, удаленные станции в свою очередь передают узкополосные сигналы (R_k), которые принимаются головной станцией. Эти сигналы R_k имеют меньшую мощность чем широкополосный сигнал головной станции. В этом случае структура распределения спектра показана на рис. 6. Идея построения сети VSAT с поляризационным уплотнением спутникового сегмента заключается в том, что головная и удаленные станции используют для передачи одни и те же частоты в одном транспондере в обеих поляризациях (ЛHCP-РHCP или вертикальная-горизонтальная), как показано на рис. 7. Распределение спектра показано на рис. 8, где суммарный сигнал A есть результат сложения широкополосного сигнала от головной станции и узкополосных сигналов от удаленных станций в поляризации A . Спектр сигналов в поляризации B , идентичный сигналу A . Со спутника суммарные сигналы A и B , передаются как на головную станцию, так и на удаленные (т.е. все они находятся в одном луче). Широкополосный сигнал H от головной станции имеет большую мощность в суммарных сигналах A и B чем сигналы от удаленных станций R_k , поэтому удаленные станции смогут демодулировать его.

Более того, каждая удаленная станция принимает два идентичных сигнала от головной станции. Это позволяет получить выигрыш в мощности до 3дБ.

Чтобы демодулировать сигналы R_k на головной станции, их нужно выделить из композитных (суммарных) сигналов A и B . На рис. 7 показан сигнал H_d внутри композитного сигнала A , который является ничем иным, как оригинальным

сигналом H , который пройдя дважды через атмосферу претерпел следующие воздействия:

- Временная задержка.
- Дрифт частоты (эффект Доплера).
- Изменения в амплитуде.

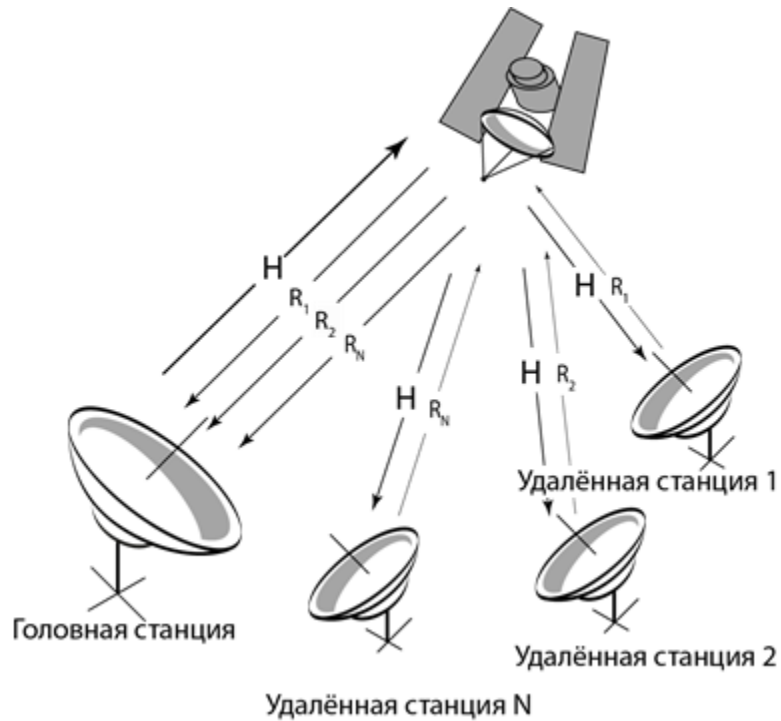


Рис. 5. Традиционная схема организации спутниковой сети по типу звезда.

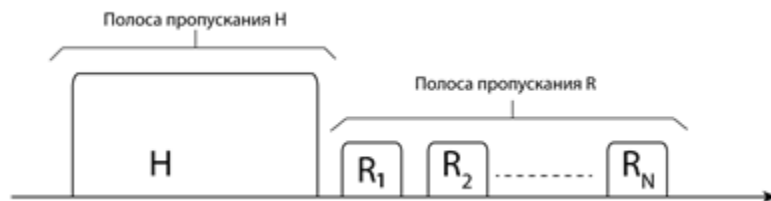


Рис. 6. Спектр сигналов.

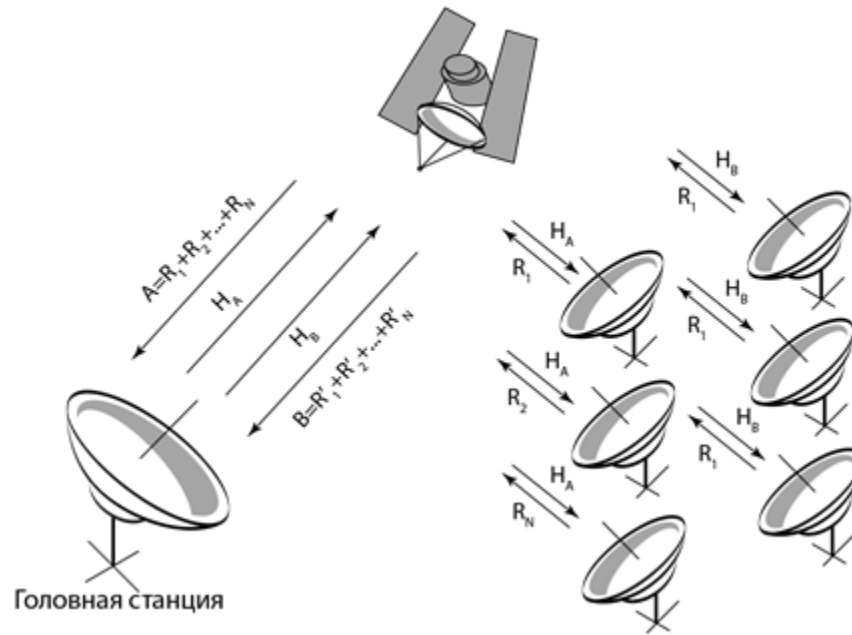


Рис. 7. Схема построения спутниковой системы связи топологии «звезда» с поляризационным уплотнением спутникового сегмента.

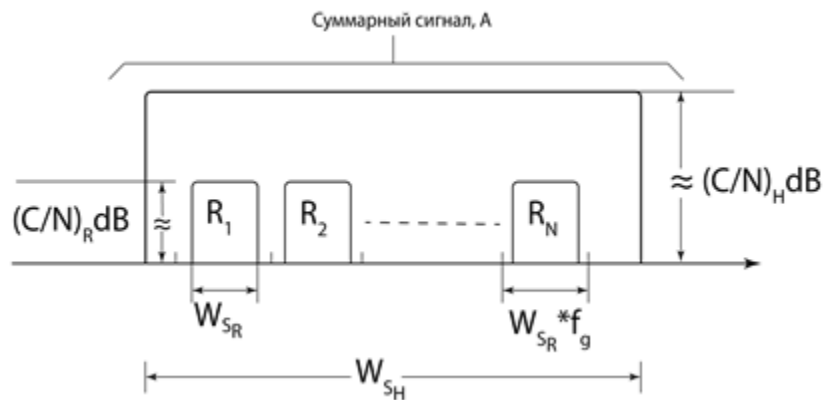


Рис. 8. Спектр сигналов спутниковой системы связи с поляризационным уплотнением спутникового сегмента.

Принимая во внимание, что сигнал H_d является интерференционным сигналом внутри сигнала A , выделение сигналов R_k достигается путем использования интерференционного фильтра. Этот фильтр удаляет сигнал H_d (путем вычитания) из сигналов A и B . Фильтр постоянно отслеживает и компенсирует изменения между параметрами сигналов H и H_d так, чтобы уменьшить отношение сигнал-шум для демодулированных сигналов R_k

Путем комбинирования электронно-вычислительных мощностей «вычитания» несущей достигается оптимизация процесса такого интерференционного фильтра. Это отражено в патенте РФ №134722 [3]. Функциональная блок-схема интерференционного фильтра показана на рис.9.

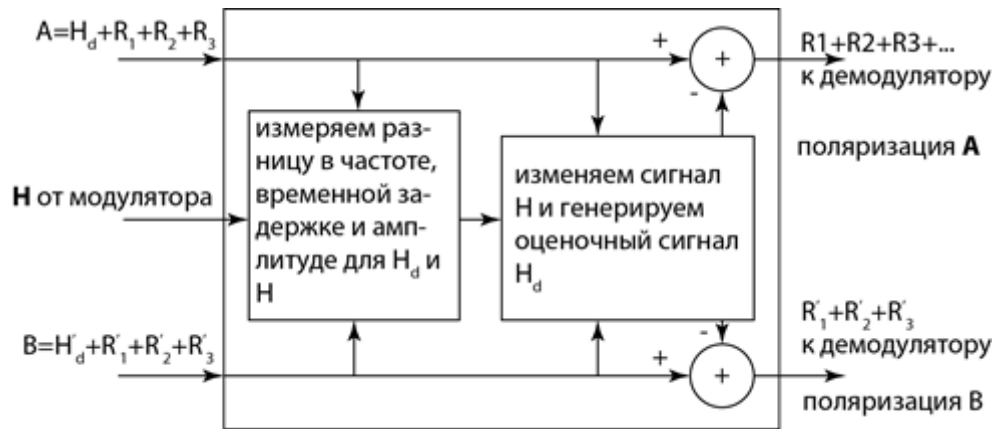


Рис. 9. Функциональная блок диаграмма интерференционного фильтра

Фильтр изменяет опорный сигнал H (от модулятора) с учетом разницы в частоте, временной задержки и изменения амплитуды и генерирует *оценочный* H_d который вычитается из сигналов A и B , получая искомые сигналы R_k в поляризациях A и B , на головной станции.

1. Мы видим, что увеличение параметра H_0/R_0 , сразу даст преимущество для удаленных станций, но не дает выигрыша на головной станции:

$$\frac{R}{I_{сн}} = 1/H_0/R_0 = \frac{z}{E}$$

$$\frac{H_0}{R_0} = E f_g$$

Мы можем рассматривать это как компромисс: так как для больших значений Z увеличение интерференции будет пренебрежительно мало.

2. Для спутниковой сети, использующей одинаковую модуляцию, коды коррекции мы можем сказать, что:

$$\frac{H_0}{R_0} \approx \left(\frac{\phi_H}{\phi_R} \right)^2$$

Где: ϕ_H и ϕ_R — диаметры антенн головной и удаленной станций.

В зависимости от параметров канала есть незначительное увеличение мощности передачи как для головной, так и для удаленных станций. А увеличение параметра H_0/R_0 зависит от выбора более эффективного типа модуляции или корректирующих кодов.

Пределы изменений мощности при подавлении широкополосного сигнала могут изменяться в следующих пределах:

-60 < H < -30 дБм (где H несущая головной станции)

-60 < R_{Comp} < -30 дБм плюс $E_{\text{dB}}(10\text{дБ} \pm 3\text{дБ})$, или:

-53 < R_{Comp} < -17 дБм,

где $R_{\text{Comp}} = R_1 + \dots + R_N$

3. Каждая удаленная станция принимает два идентичных сигнала в разных поляризациях. Используя аналогичные (упрощенные) технологии можно добиться получения выигрыша в 3 дБ.

При незначительном увеличении мощности (и себестоимости) оборудования головной и удалённых станций VSAT, мы получаем двукратное увеличение плотности информационного потока.

Развёртывание сетей, основанных на методе поляризационного уплотнения даёт выигрыш в увеличении плотности информационного потока, следовательно, к снижению себестоимости развёртываемых сетей. Внедрение интерференционного фильтра, описанного в патенте [3], вместо двух обычно используемых фильтров, повышает надёжность оборудования и снижает его себестоимость.

Преимущества этой схемы позволят:

1. Сократить используемый спутниковый сегмент в два раза

2. Получить выигрыш в 3 дБ для удаленных станций, что приведет к уменьшению размеров приемной антенны и сократит операционные и административные расходы на установку.

Похожий фильтр (только для одной поляризации) существует на рынке, но идеи выигрыша в 3 дБ на настоящий момент на рынке не существует.

В четвертой главе рассматривается математическая модель специального фильтра, позволяющего использовать технологию «Несущая в несущей» с поляризационным уплотнением.

На рис. 10 показана блок-схема модели фильтра. Генератор сигнала воспроизводит сигнал от головной станции. Генератор шума №1 воссоздаёт сигнал, полученный от спутника в поляризации A . Генератор шума №2 воссоздаёт сигнал, полученный от спутника в поляризации B . Шумы в разных поляризациях отличаются друг от друга.

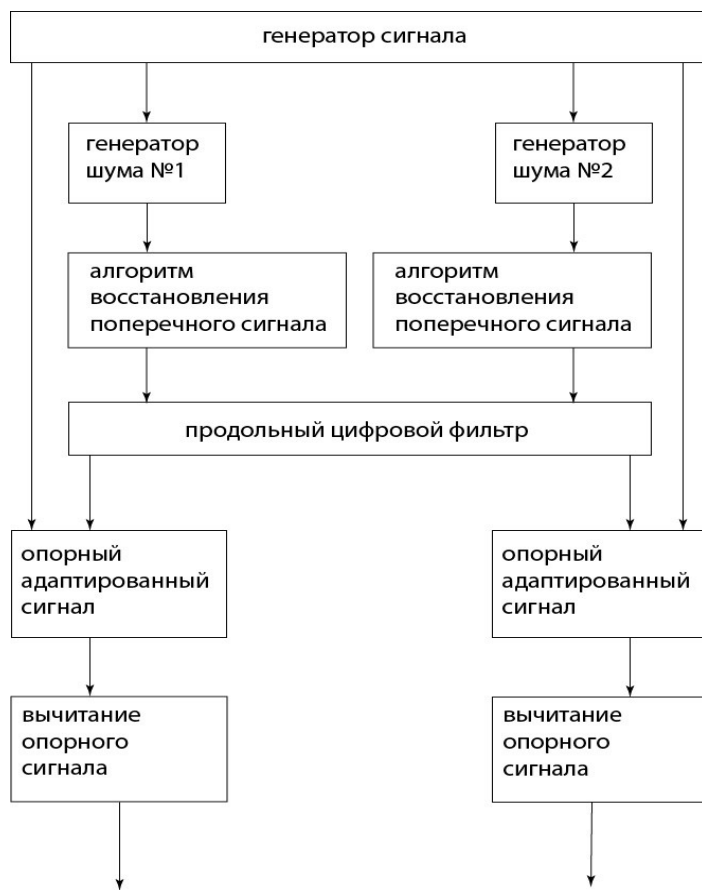


Рис. 10. Блок-схема фильтра

Сигналы A и B поступают на входы соответствующих амплитудных цифровых фильтров. (Алгоритм восстановления представлен ниже на рис. 11). Сигналы A и B с восстановленной и нормированной амплитудой поступают на вход продольного фильтра, который восстанавливает фазу сигнала и устраняет

межсимвольную интерференцию. Параметры изменения фазы учитываются при создании опорного адаптированного сигнала. Далее, производится вычитание опорного сигнала из сигналов A и B . Оба сигнала поступают на соответствующие выходы.

На вход подается «зашумленный» цифровой сигнал. Программа, моделирующая алгоритм восстановления амплитуды, позволяет исследовать восстановление цифрового сигнала с разными типами и амплитудами шумов,



подбирать оптимальные частоты дискретизации сигнала, экспериментировать с параметрами очистки спектра.

Алгоритм работы фильтра сводится к созданию матрицы репера, умножению сигнала на матрицу Грамма, полученную из репера, получению спектра, его чистке и восстановлению нулевых значений с последующей корректировкой амплитуды. Функциональная схема алгоритма показана на рис. 11.

Рис. 11. Блок-схема алгоритма восстановления амплитуды зашумленного сигнала.

Восстанавливаем сигналы A и B в каждой поляризации и вычитаем опорный адаптивный известный нам сигнал, как это показано на рис. 12.

При построении спутниковых сетей с двойным использованием частот и поляризационным уплотнением используется два модема типа CDM-625 [10]. Математическая модель фильтра, приведённая в статье, позволяет использовать

один модем, при этом не теряется преимущество двойного использования частоты и дополнительный выигрыш до 3 дБ в энергетическом спектре системы.

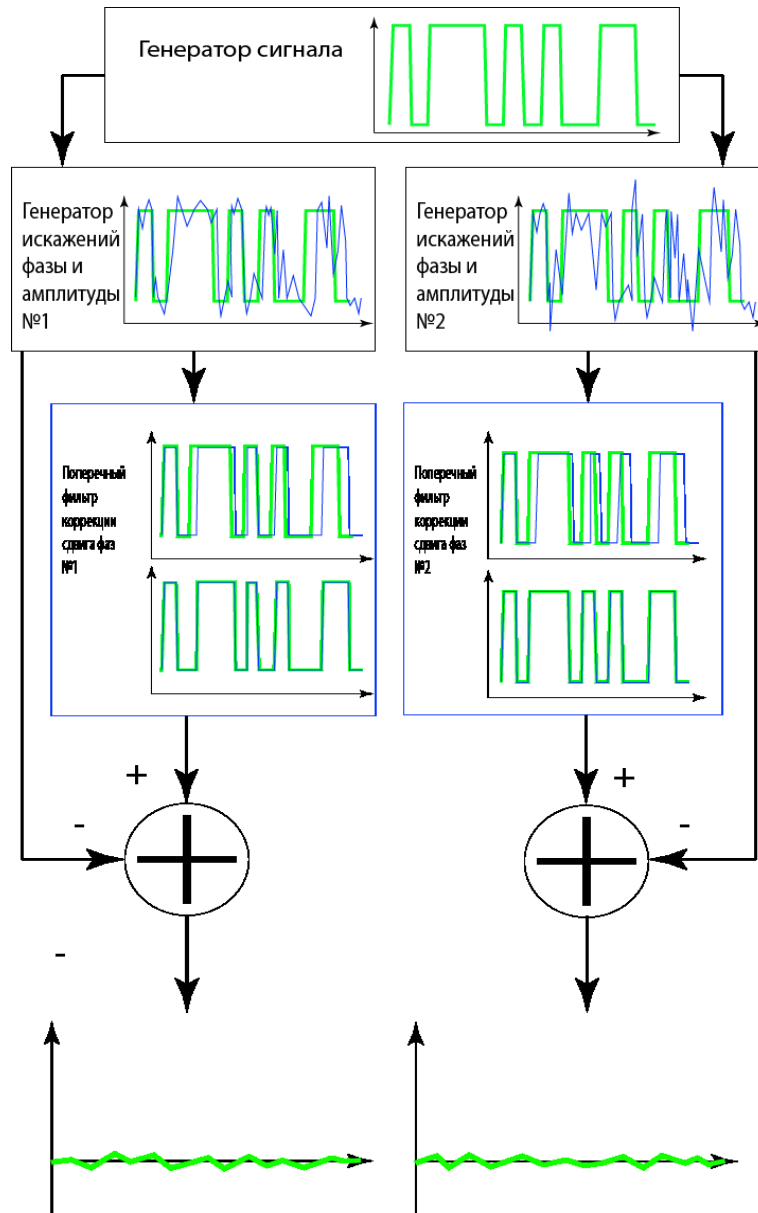


Рис. 12. Функциональная схема математической модели адаптивного вычитания сигнала

В заключении на основании рассмотренных способов повышения эффективности использования спутникового ресурса (усовершенствование системы повторного использования частот с подавлением широкополосного

сигнала на передающей станции и новый метод поляризационного уплотнения с дополнительным выигрышем до 3 дБ в энергетическом спектре системы) сделаны следующие выводы:

1. Высокая стоимость спутникового оборудования и затрат на эксплуатацию спутникового частотного сегмента требует разработки всё новых методов для построения спутниковых сетей. Одна из таких технологий — двойное использование частот и поляризационным уплотнением. Эта технология позволяет получить выигрыш использования частотного ресурса в четыре раза по сравнению с традиционными сетями.

2. Двойное поляризационное уплотнение даёт дополнительный выигрыш до 3 дБ в энергетическом спектре системы, по сравнению с методом «несущая в несущей»

3. Модернизация существующих сетей по топологии звезда возможна с учетом влияния диаметра апертуры приемопередающих антенн.

4. Разработанная математическая модель фильтра является инвариантной и может быть использована, как для создания отдельного устройства, так и для интеграции в существующие приёмо-передающие устройства.

5. Отдельно стоящее устройство позволяет модернизировать существующие спутниковые сети для перехода на технологию «Несущая в несущей» с двойным поляризационным уплотнением с минимальной заменой оборудования.

6. Разработанное программное обеспечение, предоставленное в приложении к работе, позволяет приступить к разработке специального фильтра, в виде отдельного или интегрируемого модуля в приемопередающее устройство. Это даёт возможность использовать двойное поляризационное уплотнение при двойном использовании частоты.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В периодических изданиях, входящих в перечень ВАК

1. Якубовский Р. М. Математический анализ интерференции для расчета спутниковой сети при двойном использовании частот с подавлением широкополосного сигнала от головной станции // Проектирование и технология электронных средств. – 2017, № 1. – С. 8-15.
2. Якубовский Р. М. Способ построения спутниковой сети при двойном использовании частот с подавлением широкополосного сигнала от головной станции и поляризационном уплотнении спектра // Труды НИИР. – 2017, №1. – С.1-7.
3. Якубовский Р. М. Математическая модель фильтра для спутниковой сети при двойном использовании частот с подавлением широкополосного сигнала от головной станции // Труды НИИР. – 2018, №2. – С.1-7.

Патенты

4. Головная станция спутникового сегмента системы связи : пат. 134722 Рос. Федерация : МПК51 Н 04 В 7/00, Якубовский Р.М., Хижниченко А.Е. ; заявитель и патентообладатель Якубовский Р. М., Хижниченко А. Е. – №2012150465/07; заявл. 27.11.12. опубл. 20.11.13. Бюл. № 32.

Прочие научные публикации

5. Sarian V., Yakoubovsky R. Disaster notification of the population through the navigation satellites // International Telecommunication Union. – Geneva: ITU. – 2016. – С. 269-274.
6. Якубовский Р.М. Схема организации оповещения населения и радиовещания с использованием навигационных спутников // Вестник Глонасс. – 2016, №4. – С. 10-12.

7. Sarian V., Nazarenko A., Yakoubovsky R. The use of navigation satellites for reporting about emergencies and public alerts near focus of hazard using geotechnologies of the Internet of things (GeoIoT) // GEO IOT WORLD. – Brussels. – 2016. – P. 214-217.

8. Сарьян В.К., Якубовский Р.М. Элементы управления инфраструктурой города с помощью технологий интернета вещей // Сборник трудов VII Международной конференции «ИТ-Стандарт 2016». – Москва. – 2016. – С. 512-514.

9. Бутенко В.В., Назаренко А.П., Сарьян В.К., Якубовский Р.М. Массовые инфокоммуникационные (ИК) услуги на базе системы координатно-временного и навигационного обеспечения (КВНО) // Вестник Глонасс. – 2014. – №4. С. 10-12.

Подписано в печать

Формат 60×84/16. Усл. печ. л 1,0. Тираж 100. Заказ _____

Издательство Владимирского государственного университета
им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
600000, Владимир, ул. Горького, 87