

Применение стека протоколов DTN для создания системы передачи сообщений через ретрансляторы работающие в Р диапазоне и находящиеся на высокоэллиптической орбите

Акимов Александр Анатольевич, АО «КОРПОРАЦИЯ ВНИИЭМ»

Гриценко Андрей Аркадьевич, АО «ИКЦ «Северная Корона»

Савонин Владимир Владиславович, АО «ЦНИИЭИСУ»

**XI Международный форум-выставка
Профессиональная мобильная радиосвязь, спутниковая связь и навигация
27 - 28 сентября 2017 г
Согласие HALL, Москва**

Радиочастотное обеспечение в Р диапазоне(по результатам анализа заявок в БР МСЭ)

А. Негеостационарные системы (НГСО)

1. Сеть USTRO-1

Принадлежность: США, подана в 2004 г

Орбитальная группировка: 10 спутников на ВЭО орбите типа Молния (апогей 40 тыс км, перигей 465 км, наклонение 61 град).

Заявлена в интересах воздушной, морской и сухопутной подвижных спутниковых служб.

Полоса на ПРД: 250,0625 - 268,9625 МГц.

Полоса на ПРМ: 296,3275 - 316,8375 МГц.

3. Сеть CANPOL-2

Принадлежность: Канада, подана в 2013 г

Эшелон 1: 3 пл-ти по 2 КА на ВЭО орбите (апогей 48435, перигей 23137, наклонение 90 град) .

Эшелон 2: 5 пл-тей по 9 КА на круговой орбите (высота 1248 км, наклонение 37.38 град), расстановка на дуге 180 град

Заявлена в интересах воздушной, морской и сухопутной подвижных спутниковых служб

Полоса на ПРД: 250,0625 - 268,9625 МГц.

Полоса на ПРМ: 296,3275 - 316,8375 МГц.

2. Сеть UST4WP

Принадлежность: США, подана в 2012 г

Орбитальная группировка: 3 пл-ти по 2 КА (апогей 12050 км, перигей 700 км, наклонение 63,4 град, аргумент перигея 270 град), расстановка плоскостей на дуге 360 град, фазирование спутников – в шахматном порядке.

Заявлена в интересах воздушной, морской и сухопутной подвижных спутниковых служб.

Полоса на ПРД: 240-270 МГц.

Полоса на ПРМ: 292-322 МГц

4. Сеть «Гонец-М»

Принадлежность: Россия

ОГ: 6 пл-тей по 8 КА на круговой орбите (высота 1500, наклонение 82,5 град) .

Заявлена в интересах подвижной спутниковой службы

Полоса на ПРД: 262 – 265 и 387 – 390 МГц.

Полоса на ПРМ: 259 – 264 и 312 - 315 МГц.

Б. Геостационарные системы (ГСО)

Сеть FLTSATCOM

Принадлежность: США, подана в 1990 - 2011 г

12 позиций на ГСО:

- западная долгота: -177; -145; -105; -100; -23; -22,5; -15.5;

- восточная долгота: 29; 72; 75; 100; 172.

Заявлена в интересах воздушной, морской и сухопутной подвижных спутниковых служб.

Отдельные полоски ПРД в полосе: 235 - 399,9 МГц.

Отдельные полоски ПРМ в полосе: 235 - 399,9 МГц.

Сеть F-MILSATCOM

Принадлежность: США, подана в 2011 - 2015 г

6 позиций на ГСО:

-западная долгота: -8; -5;

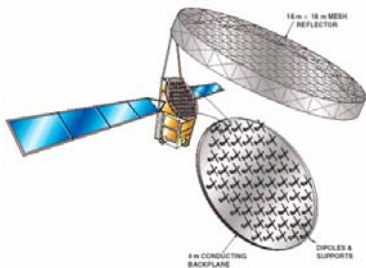
-восточная долгота: 3; 25; 45; 47.

Заявлена в интересах подвижной спутниковой службы

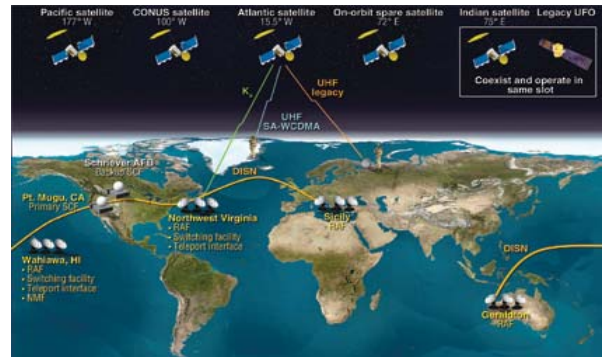
Полоса на ПРД: 243,8625 - 269,9625 МГц.

Полоса на ПРМ: 292,8375 - 317,3275 МГц.

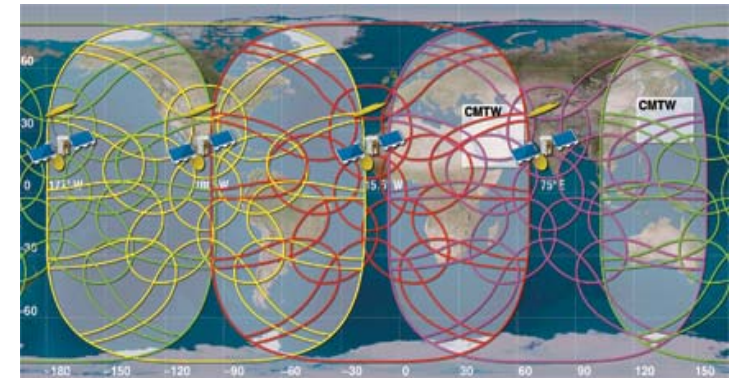
MUOS (Mobile User Objective System)



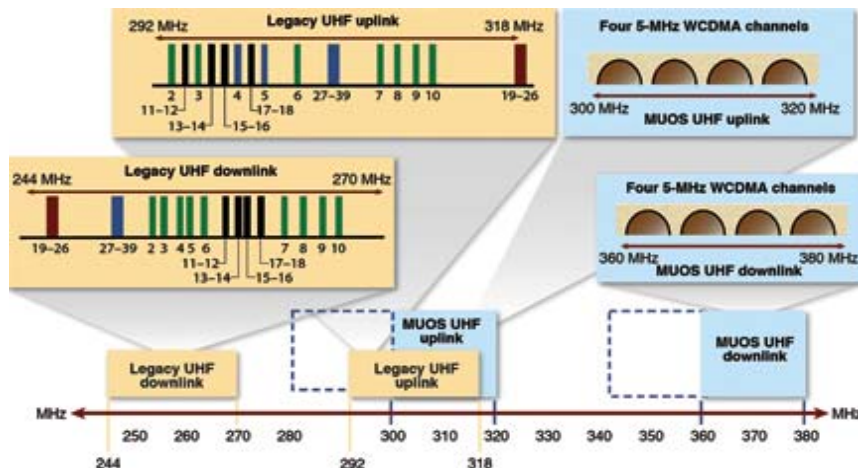
Внешний вид KA MUOS



Архитектура системы связи MUOS



Глобальная зона обслуживания формируемая МЛА

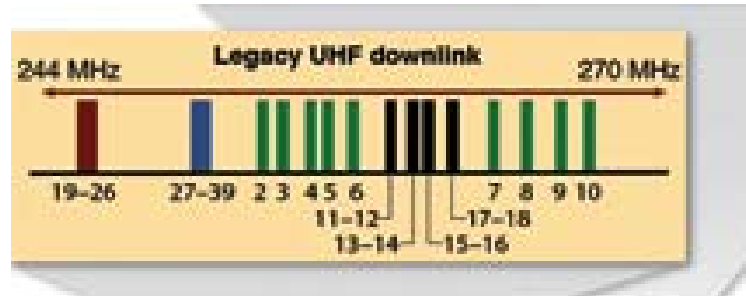


Система использует полосы частот шириной 20 МГц применяемой как для построения УВЧ-линии вверх (300-320 МГц), так и для линии связи вниз (360-380 МГц). Полоса для абонентских линий связи вверх и линии связи вниз разделена на четыре канала WCDMA с шириной полосы 5 МГц. Каждому пользователю в пределах данного 5-мегагерцового канала назначается собственный код расширения полосы, позволяющий использовать до 500 пользователей в одном канале в зависимости от сочетания скоростей передачи данных и типов терминалов

Полоса частот 292 МГц-318мгц и 244-270 мгц используется для поддержания унаследованного оборудования

Российская система М2М «Гонец». Диапазон Д1

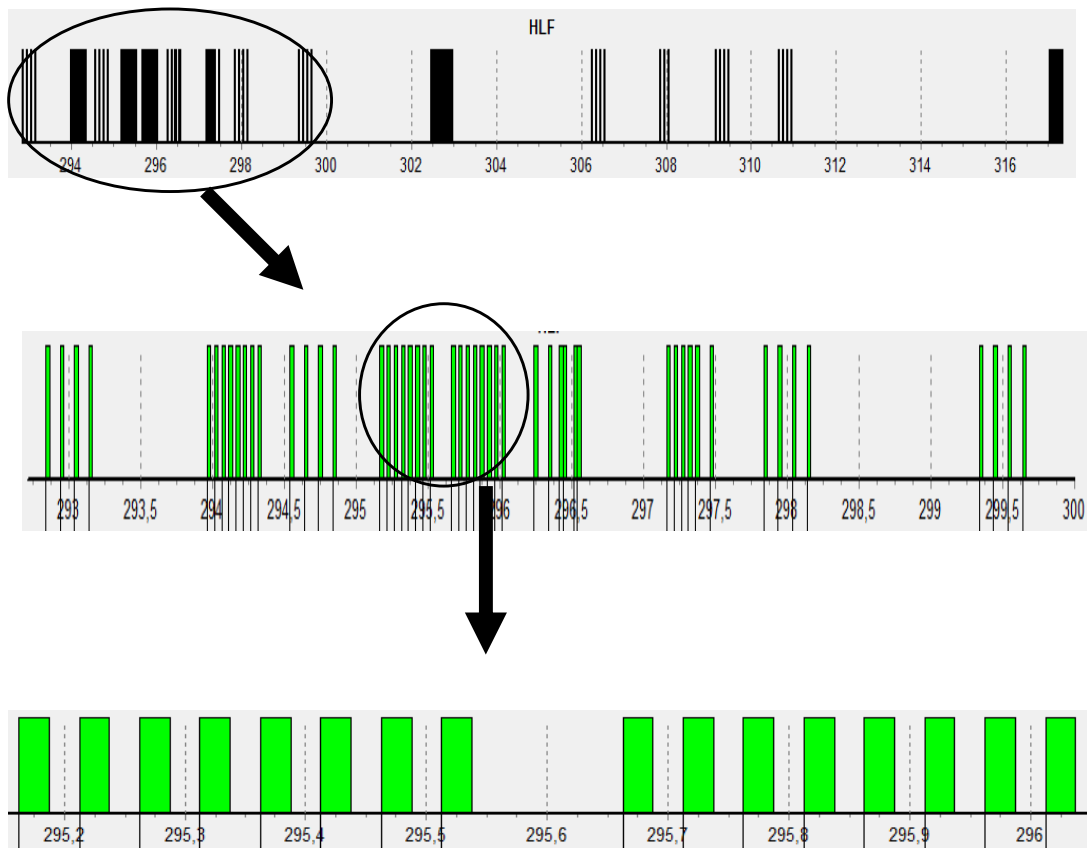
Работа абонентского терминала Гонец осуществляется на частотах системы MUOS (для унаследованного оборудования) в реверсном направлении. Для этого НИИТП был разработан специализированный бортовой синтезатор частоты.



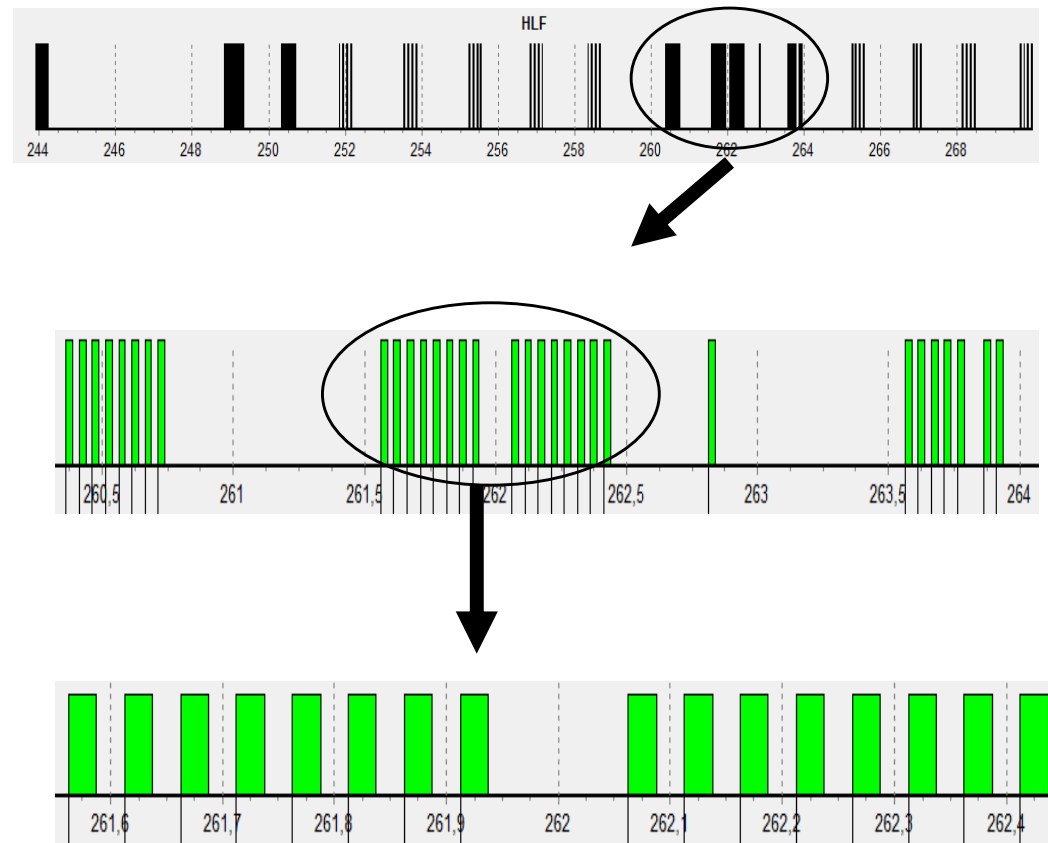
Область спектра диапазона Д1 используемая системой Гонец и пересекающаяся с областью спектра системы связи MUOS для унаследованных систем

Сеть FLTSATCOM, луч HLF

Линия «вверх»

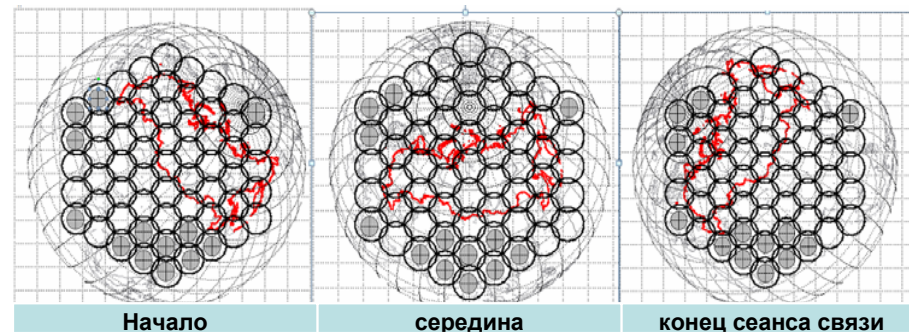
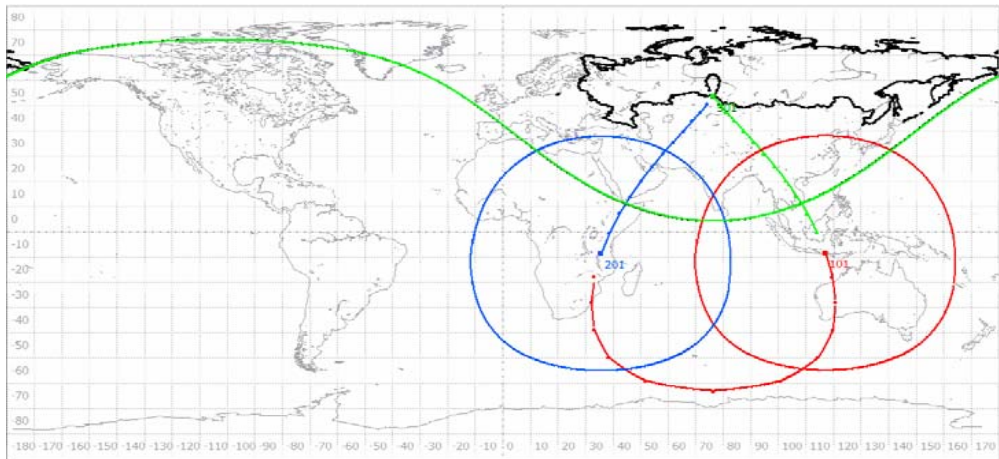


Линия «вниз»



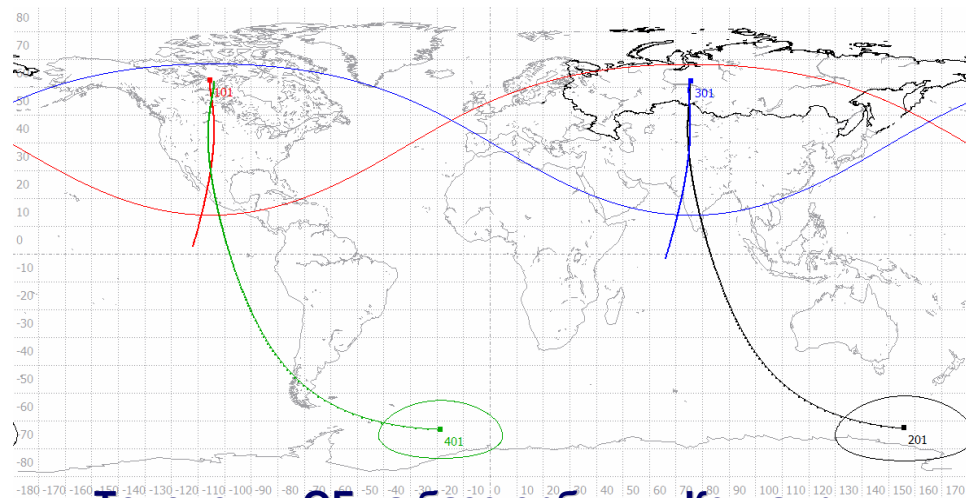
Заявлена в позициях на ГСО: -177; -145; -105; -100; -22,5; -15,5; 29; 72; 75

Механизм смещения лучей МЛА КА на ВЭО обуславливающий необходимость переключения абонентов и использования стэка протоко лов DTN

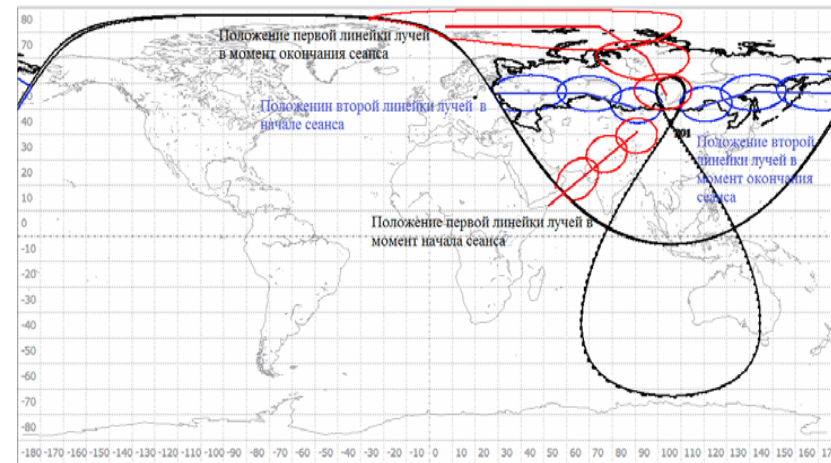


Проекция границ РФ в систему координат бортовой антенны

Топология ОГ на базе орбиты «Тундра»

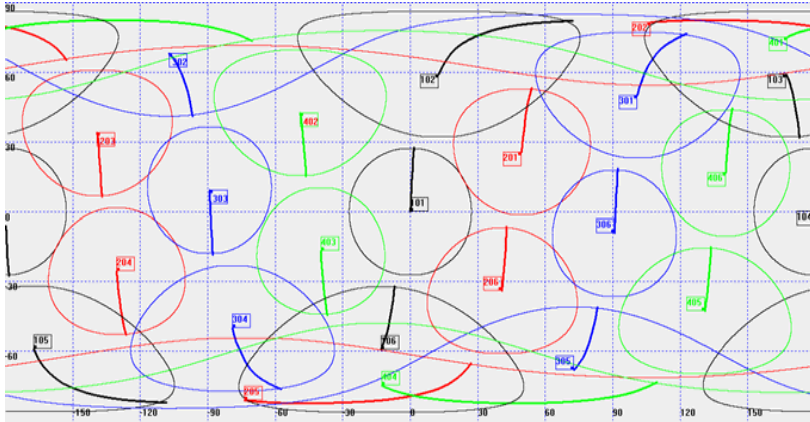


Топология ОГ на базе орбиты «Кентавр»

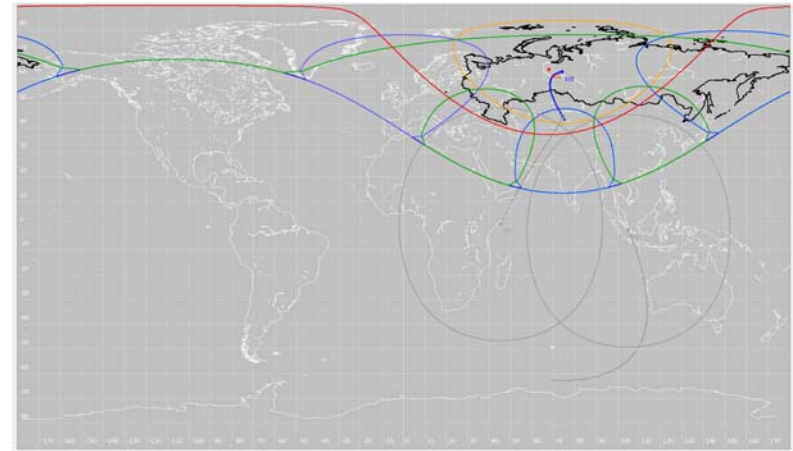


Проекция линейки лучей бортовой МЛА на землю для двух моментов времени в течении рабочего участка орбиты

Примеры использования выделенного частотного диапазона, обеспечивающие внутрисистемную ЭМС



Мгновенное распределение ЗРВ по углу места 10° для ОГ содержащей 24 КА с высотой полёта 1450 км. 4 орбитальные плоскости по 6 КА
Цветом показан четырёх частотный план использования выделенного частотного диапазона



Проекция лучей бортовой МЛА на землю в середине рабочего участка.
Ширина луча $5,5^\circ$. Рабочая частота 260 мгц, размер апертуры МЛА ~ 14,5 м. КНД луча 30 дБ
Красным цветом показана ЗРВ по углу места 10° для КА с высотой полёта 1450 км
Синим, зелёным и оранжевым показаны проекции лучей бортовой МЛА по уровню 3 дБ от максимума. Имитируется 3-частотный план использования выделенного частотного диапазона.

Использование протоколов DTN позволит создать устойчивую к перерывам и нарушениям связи сеть обмена сообщениями

1. Обеспечат построение сети: использование

обходных направлений;
эффективная маршрутизация

2. Обеспечат эффективную борьбу с временной изоляцией узлов:

- использование принципа «сохрани»-«переместись»-«передай»;
- наличие мобильных узлов – спутников

3. Обеспечат высокую оперативность доставки:

- проактивная и реактивная фрагментация;
- уменьшенный объем служебных пересылок

4. Могут обеспечить высокий уровень безопасности:

- шифрование данных;
- шифрование служебной информации;
- проверку подлинности данных;
- аутентификацию отправителя.

5. Предоставят ряд услуг:

- регистрация;
- отправка сообщения;
- удаление сообщения;
- доставка сообщения пользователю;
- заказ квитанции о доставке сообщения;
- отправка сообщения в режиме «надежной» доставки

Протоколы DTN хорошо стандартизированы и постоянно развиваются:

- Перечень основных стандартов: RFC 4838; RFC 5050; RFC 7242; RFC 7122; RFC 6257; RFC 6693.
- Перспективы протоколов DTN – использование в спутниковой связи

Основные выводы и рекомендации

1. Использование Р диапазона в системах использующих низколетящие КА осложняется необходимостью применения МЛА для обеспечения необходимого энергопотенциала радиолинии. В свою очередь использование МЛА Р диапазона на низколетящих КА ограничивается малыми размерами этих КА диктуемыми требованием их группового запуска.
2. Использование Р диапазона для создания абонентских радиолиний КА на ВЭО позволяет использовать не сплошную область спектра, а имеющую разрывы за счёт использования гарантированного однократного покрытия поверхности Земли КА системы. Использование МЛА на борту КА находящегося на ВЭО упрощает частотный план системы обеспечивающий внутрисистемную ЭМС.
3. Использование технологии DTN для организации сети связи позволяет снизить требования к точности удержания параметров орбиты ВЭО, обеспечивает полноценную работу сети уже с момента вывода на орбиту первого КА. Так же она обеспечит работу абонентов в условиях разрывов каналов связи обусловленных динамикой движения КА и лучей МЛА. Для организации сети связи через КА на ВЭО достаточно одного маршрутизатора DTN расположенного на земле. При ретранслятор может использовать технологию прямого преобразования абонентских радиолиний в диапазон фидерной радиолинии для подключения абонентов к маршрутизатору. Технология DTN также в состоянии обеспечить взаимодействие с наземными сетями передачи данных.

The background image is a high-angle, wide-area photograph of a vast, flat landscape. The terrain is covered in a dense, textured layer of low-lying vegetation, possibly a coastal plain or a large field of marshes, with varying shades of green and brown. The horizon is a straight line in the distance, and the sky above is a pale, hazy blue with a bright, diffused light source, likely the sun, creating a soft glow across the entire scene.

Спасибо за внимание!