

Организация связи с подвижными объектами



Успешно сдайте бесплатный сертификационный экзамен в Академии "Инфинет" и получите статус сертифицированного инженера Инфинет.

[Пройти сертификационный экзамен](#)



Внимание, данный документ содержит вложенные страницы с примерами:

- [Горнодобывающая промышленность](#)
- [Железнодорожный транспорт](#)
- [Водный транспорт](#)
- [Пример конфигурации](#)

Содержание

- [Введение](#)
- [Постановка задачи](#)
- [Решение](#)
 - [Создание сети](#)
 - [Обеспечение отказоустойчивости и роуминга](#)
- [Планирование радиосети](#)
 - [Радиочастотное планирование](#)
 - [Размещение устройств](#)
- [Протокол MINT](#)
 - [Понятие области MINT](#)
 - [Схема объединения секторов в одну MINT-область через InfiMUX](#)
 - [Схема с объединением секторов и магистрального канала в одну MINT-область](#)
- [Роуминг](#)
 - [Установление радиоканала](#)
 - [Радиопрофили](#)
 - [Динамический выбор частоты](#)
 - [Частотный роуминг](#)
 - [Функция MultiBS](#)
 - [Функция Global](#)
 - [Параметры управления процессом установления радиоканала](#)
 - [Режимы fixed/mobile/nomadic](#)
 - [Использование двух абонентских устройств на объекте](#)
- [Дополнительные материалы](#)
 - [Онлайн-курсы](#)
 - [White papers](#)
 - [Вебинары](#)
 - [Прочее](#)

Введение

Данный документ описывает применение устройств Инфинет для обеспечения устойчивой беспроводной связью подвижные объекты в различных сценариях. В частности, представлен базовый проект и рассмотрены особенности его реализации для горнодобывающей промышленности, железнодорожного и водного транспорта.

Постановка задачи

Рассмотрим базовый сценарий (см. рисунок 1), который предусматривает передвижение одного или нескольких объектов по территории предприятия вдоль заданной траектории между точками А и В. На расстоянии от области, в которой может находиться подвижный объект, расположен центр управления сетью.

Целью проекта является организация надёжного беспроводного канала связи между центром управления и подвижными объектами для организации различных информационных сервисов, таких как сбор телеметрических данных, видеонаблюдение, телефония и т.д.

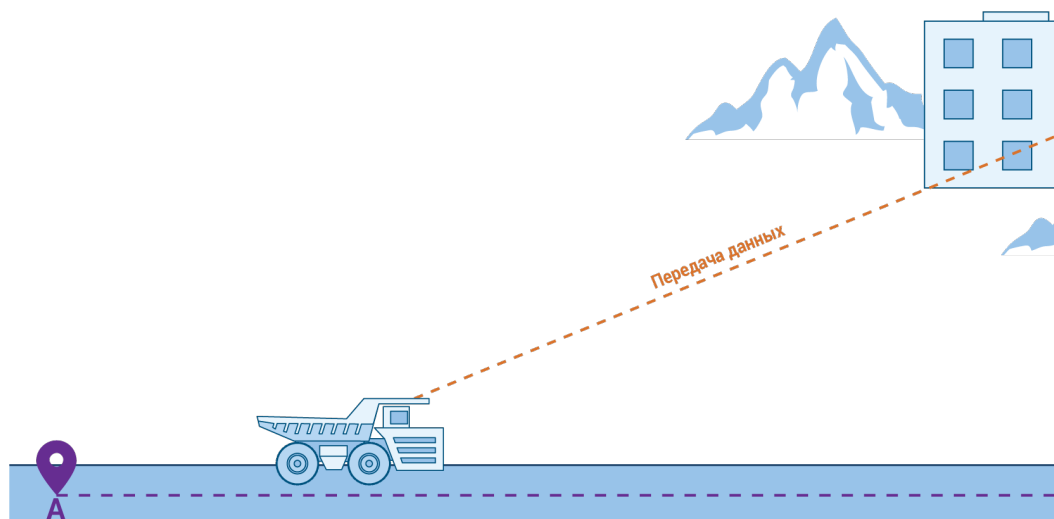


Рисунок 1 - Базовый сценарий организации связи с подвижными объектами

Для достижения поставленной цели должны быть решены две категории задач:

1. Создание сети:
 - Построение опорной радиосети. Покрытие опорной радиосети должно соответствовать области нахождения объекта.
 - Построение узла агрегации. Узел агрегации предназначен для объединения устройств опорной радиосети и является шлюзом между радиосетью и сетью предприятия.
 - Построение магистрального канала связи между узлом агрегации и центром управления.
2. Обеспечение отказоустойчивости и роуминга:
 - Обеспечение отказоустойчивости каналов связи на уровне доступа.
 - Обеспечение бесшовного абонентского роуминга в рамках опорной радиосети.
 - Обеспечение отказоустойчивости магистрального канала связи между узлом агрегации и центром управления.
 - Предусмотреть возможность внедрения политики качества обслуживания.

Решение

Создание сети

Решение задач создания сети, описанных выше, представлено на рисунке 2. Решение удобно разделить на четыре компонента:

- Опорная сеть предприятия.
- Узел агрегации.
- Опорная радиосеть.
- Область нахождения объекта.

Опорная радиосеть состоит из нескольких базовых станций (БС), объединённых проводной инфраструктурой. Каждая БС может состоять из одного или нескольких секторов, совокупность диаграмм направленности антенн которых формирует зону действия радиосети. В качестве АС и секторов БС могут использоваться устройства семейств [InfiMAN 2x2](#), [InfiMAN Evolution](#). Следует иметь в виду, что для объединения нескольких БС могут использоваться беспроводные каналы связи или смешанная инфраструктура.

Объединение базовых станций выполняется в узле агрегации, в котором устанавливается коммутатор InfiMUX. Использование InfiMUX, как будет показано [ниже](#), позволяет упростить конфигурацию устройств Инфинет за счёт объединения всех БС в единую MINT-область.

Между узлом агрегации и центром управления сетью организован магистральный канал связи. Выбор каналаобразующих устройств определяется объёмом передаваемого трафика (см. [Производительность устройств Инфинет](#)) и позволяет достичь следующих значений пропускной способности:

- Устройства семейства [InfiLINK 2x2](#): до 280 Мбит/с.
- Устройства семейства [InfiLINK Evolution](#): до 670 Мбит/с.
- Устройства семейств [Vector 5](#) и [Vector 6](#): до 650 Мбит/с.
- Устройства семейства [Vector 70](#) : до 480 Мбит/с.
- Устройства семейства [InfiLINK XG](#): до 500 Мбит/с.
- Устройства семейства [InfiLINK XG 1000](#): до 1000 Мбит/с.

На каждом подвижном объекте устанавливается одна абонентская станция (АС), в конфигурацию которой добавляются радиопрофили для каждого из секторов БС. Принцип работы заключается в возможности переключения АС между БС по ходу движения объекта. Поскольку секторы БС обеспечивают покрытие всей области, в которой может находиться АС, то АС в любой момент времени находится в зоне действия одной из БС. Как только радиопараметры текущего подключения ухудшатся, АС разорвёт радиоканал и выполнит подключение к другому сектору. Так, при перемещении объекта из точки А в точку В на рисунке 2, АС последовательно подключается к одному из секторов БС1, БС2, БС3 и БС4.

Следует иметь в виду, что АС не может быть одновременно подключена к двум БС, т.к. в устройстве используется один радиомодуль, поэтому переключение АС между БС сопровождается кратковременным разрывом связи. К одному сектору БС может быть одновременно подключены несколько АС.

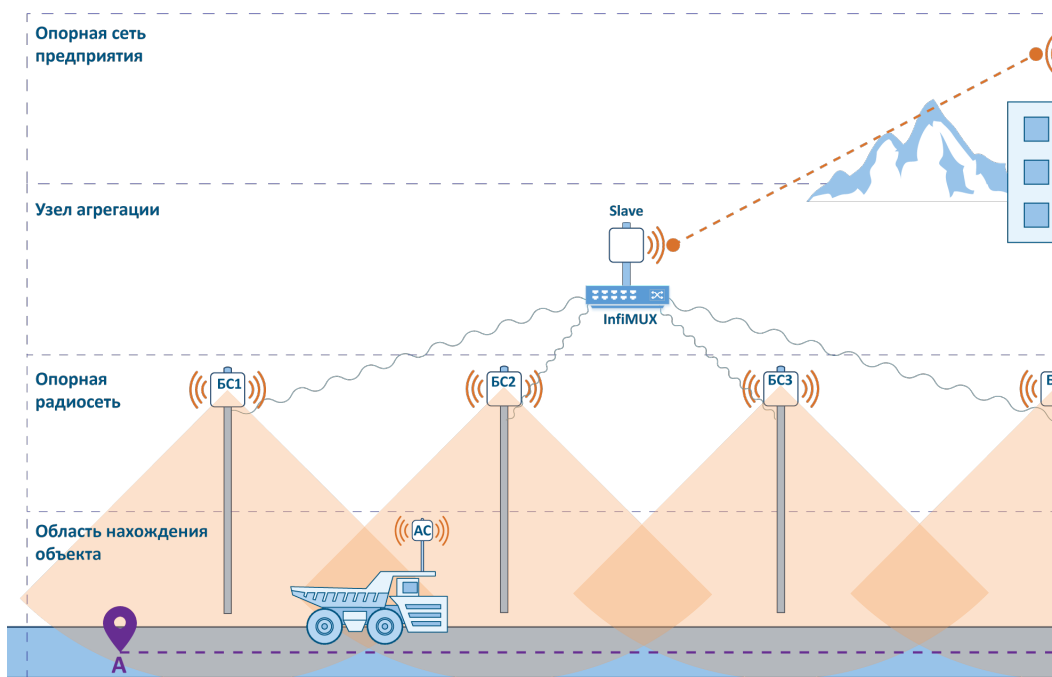


Рисунок 2 - Распределение областей

Обеспечение отказоустойчивости и роуминга

Решение расширенного списка задач является дополнением описанной ранее инфраструктуры, позволяющее сделать её отказоустойчивой и более эффективной:

- Отказоустойчивость каналов связи на уровне доступа обеспечивается перекрытием диаграмм направленности секторов при проектировании опорной радиосети. Так, выход из строя одного из секторов, при наличии перекрытия с соседними секторами более 50%, не повлияет на зону действия радиосети. Радиочастотное планирование требует комплексного подхода и подробнее рассматривается в [следующих разделах](#).
- Как было отмечено, роуминг в предлагаемом решении не является бесшовным, т.к. переключение АС между разными БС сопровождается перерывом связи. Переход к бесшовному роумингу требует установки второй АС на каждый из подвижных объектов. Такое решение подробно описано [ниже](#).
- Устройства Инфинет могут использоваться в различных схемах резервирования и агрегации каналов связи "точка-точка". Так, например, магистральный канал связи может быть зарезервирован с помощью фирменной технологии Failover, для чего потребуется установить второй комплект беспроводных устройств. Использование Failover позволит реализовать автоматическое резервирование магистрального канала связи с использованием всего лишь одного частотного канала. Варианты организации резервирования каналов связи представлены в документе [Архитектура каналов, балансировка и резервирование](#).

Задача по внедрению политики качества обслуживания не потребует установки дополнительных устройств и решается конфигурацией беспроводных устройств и InfiMUX:

- Сервис сбора телеметрии, телефонии и организация дистанционного управления чувствительны к задержкам и джиттеру, поэтому они требуют тщательной настройки правил распределения трафика по классам. Минимизация джиттера для чувствительных сервисов может быть достигнута с помощью использования ПО с поддержкой технологии TDMA на устройствах семейств InfiMAN 2x2 и InfiMAN Evolution. Сравнительный анализ методов множественного доступа Polling и TDMA приведён в документе [TDMA и Polling: особенности применения в беспроводных сетях](#).

- Сервис видеонаблюдения, помимо требований к задержке, предъявляет требования к полосе пропускания в восходящем канале от АС к БС. Устройства семейства InfiMAN 2x2 и InfiMAN Evolution поддерживают метод множественного доступа с временным разделением TDMA, позволяющий администратору гибко распределять доступную полосу между восходящим и нисходящим каналами.
- Использование единой инфраструктуры для предоставления набора различных сервисов требует гибкого распределения доступной полосы между ними.

Планирование радиосети

Каждая реализация рассмотренного решения уникальна и требует тщательного предварительного планирования. Это очень важный этап, которому следует уделить внимание, т.к. экономия ресурсов на этапе проектирования может сильно повысить расходы на эксплуатацию. В рамках данного документа будут рассмотрены вопросы радиочастотного планирования и размещения устройств.

Радиочастотное планирование

Частотное планирование - комплексный творческий процесс, в котором определяются:

1. Координаты установки.
2. Высота подвеса, азимут и угол места антенны.
3. Модели устройств.
4. Частотные каналы и излучаемая мощность.

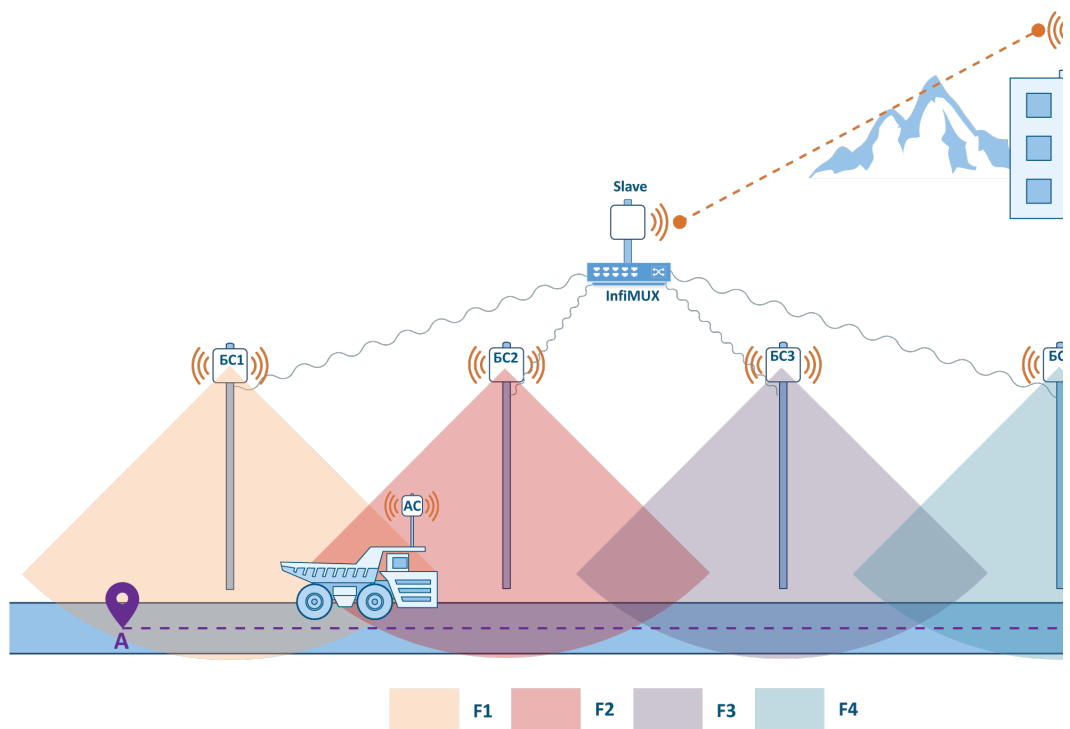
Результатом частотного планирования является карта размещения устройств с базовыми настройками радио. Удобным инструментом радиопланирования и оценки потенциальной производительности и параметров радио является [InfiPLANNER](#).

Выбор частотного канала определяется следующими факторами:

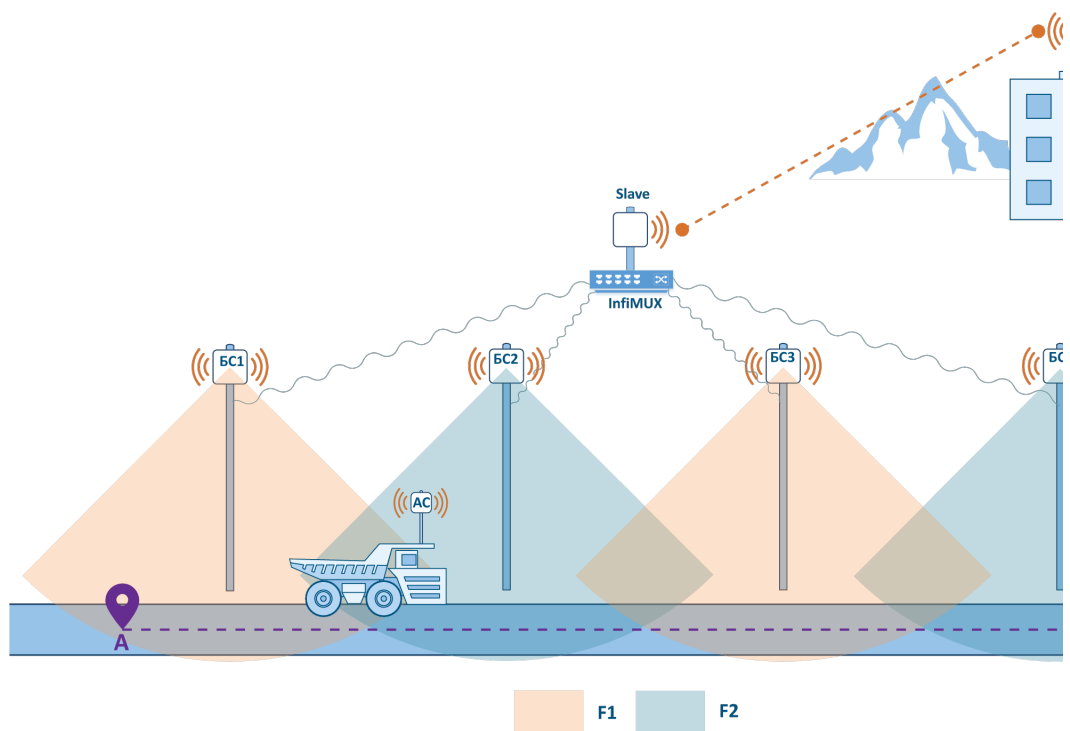
1. **Регуляторными ограничениями:** радиочастотное регулирование определяется на законодательном уровне. Как правило, выделяется диапазон частот, разрешённый для свободного использования с определёнными ограничениями (излучаемая мощность, высота подвеса антенны и т.д.), и диапазон частот, для использования которых необходимо получить разрешение.
2. **Возможностями радиомодуля:** радиомодуль беспроводного устройства поддерживает ограниченный набор излучаемых частот, это следует учитывать при проектировании.
3. **Физическими особенностями распространения электромагнитных волн:** дальность распространения, влияние осадков и взаимодействие с препятствиями электромагнитной волны определяется её частотой, что необходимо иметь в виду при предварительных расчётах. Эффекты, проявляющиеся при распространении радиоволн, подробно описаны в онлайн-курсе "[Основы беспроводных сетей](#)".
4. **Уровнем интерференции:** работа сторонних беспроводных устройств оказывает существенное влияние на производительность системы, поэтому должна учитываться при проектировании. На уровень интерференции влияет мощность излучения и выбор частотных каналов, используемых на сторонних устройствах, работающих в данной местности. Помимо интерференции от сторонних устройств, влияние могут оказывать сектора соседних или этой же БС. Уменьшение интерференции от собственных устройств может быть достигнуто за счёт использования разных частотных каналов. Рекомендации по соблюдению частотного разнеса при проектировании приведены в документе [TDM A и Polling: особенности применения в беспроводных сетях](#). Особое внимание на выбор частотных каналов следует обращать в многосекторных конфигурациях проектов с подвижными объектами для того, чтобы минимизировать влияние секторов БС друг на друга.

Примеры распределения частот в рассматриваемой схеме представлены ниже. Рисунок 3а иллюстрирует схему, в которой используется выделенный частотный канал для каждого сектора БС. Такой подход приводит к необходимости выделения 4 частотных каналов.

Рассмотрим оптимизированную схему (рисунок 3б). Поскольку положение секторов выбрано таким образом, что диаграммы направленности БС1 и БС3, БС2 и БС4 попарно не пересекаются, то они не будут интерферировать друг с другом. Это позволит оптимизировать используемый частотный ресурс, уменьшив число частотных каналов с 4 до 2.



a)



б)

Рисунок 3 - Распределение частотных каналов между БС: а - с использованием четырёх каналов, б - с использо

Размещение устройств

Положение устройства в пространстве определяет фактические показатели качества беспроводного канала связи. Положение устройства определяется:

1. Координатами устройства.

2. Ориентацией по азимуту и углу места.
3. Высотой подвеса антенны.

В проектах с подвижными объектами следует учитывать направленные свойства антенн устройств. Если БС статичны и область радиопокрытия является постоянной, то диаграмма направленности антенны подвижного объекта может сильно влиять на качество связи. В продуктовом портфеле компании Инфинет представлены устройства с интегрированными антеннами и возможностью подключения внешних антенн, выбор устройства определяется спецификой проекта.

При расчёте проекта необходимо оценить профиль трассы на протяжении всей траектории движения объекта. Это позволит найти потенциальные "мёртвые зоны", в которых будет отсутствовать связь с объектом и, в случае необходимости, изменить расположение БС. Кроме того следует выполнить обследование, выехав на территорию предприятия, т.к. инструмент планирования каналов связи InfiPLANNER не учитывают влияние таких преград, как деревья, искусственные объекты и т.д.

В продуктовом портфеле Инфинет представлен широкий набор аксессуаров, в числе которых следует выделить комплекты крепления, позволяющие выполнять монтаж устройств в различных условиях с возможностью гибкой юстировки, и инструмент монтажника CAB-RV1, с помощью которого можно выполнить предварительную диагностику работы устройства.

Протокол MINT

Протокол канального уровня Ethernet разрабатывался для проводных сетей и в нём не учитывается специфика беспроводной среды. Производители беспроводных устройств могут использовать стандартные протоколы беспроводной передачи данных, например Wi-Fi, или использовать собственные разработки. Компания Инфинет развивает фирменный протокол передачи данных MINT, предназначенный для обмена данными в беспроводной среде.

MINT (*Mesh Interconnection Network Technology* - технология построения сетей с произвольными связями) - фирменная технология компании "Инфинет", используемая в устройствах семейств InfiLINK 2x2, InfiMAN 2x2, InfiLINK Evolution и InfiMAN Evolution, обеспечивающая передачу данных между устройствами по беспроводным и проводным каналам связи.

Понятие области MINT

Одним из центральных понятий протокола MINT является **область MINT**. Областью MINT называется множество устройств, являющихся соседями, т.е. обмен данными между которыми осуществляется с помощью кадров MINT (см. урок "[Протокол MINT](#)" онлайн-курса "Коммутация в устройствах семейств InfiLINK 2x2 и InfiMAN 2x2").

Рассмотрим описанное выше решение в контексте областей MINT (см. рисунок 4). Между устройствами Master и Slave установлен радиоканал и они образуют область MINT 5. Каждый из секторов БС1, БС2, БС3 и БС4 потенциально готов установить радиоканал с АС, установленной на подвижном объекте, образовав отдельную область MINT с соответствующим идентификатором.

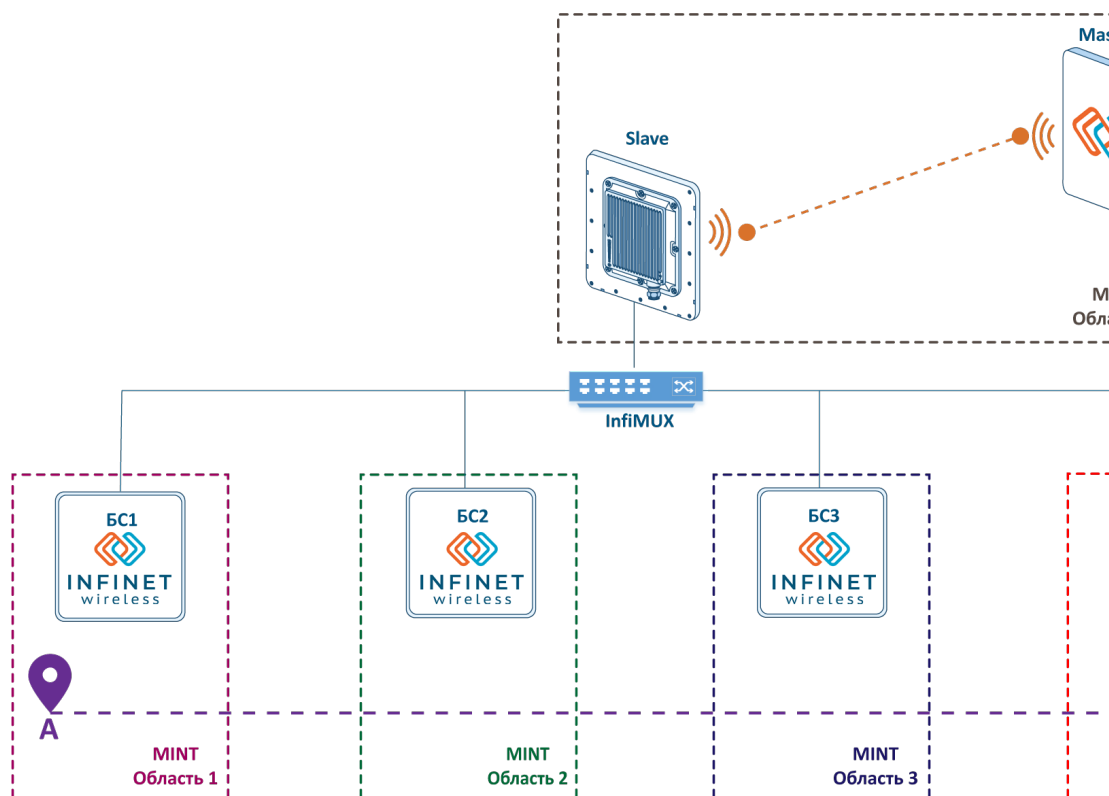


Рисунок 4 - Использование множества областей MINT в схеме организации связи с подвижными объектами

Следует понимать, что протокол MINT предназначен для обмена данными в рамках области MINT. Данные вне области MINT могут быть переданы с помощью других канальных протоколов, например Ethernet, т.е. АС и каждый из секторов БС является шлюзом между MINT и Ethernet. В представленной схеме обмен данными осуществляется между подвижным объектом и центром управления, т.е. кадр в прямом и обратном направлениях пройдет через несколько Ethernet-сегментов и областей MINT. Таким образом настройка коммутационных групп на каждом из устройств является обязательным условием передачи данных:

Пример создания группы коммутации

```
switch group 1 add eth0 rf5.0
switch group 1 start
switch start
```

Помимо инкапсуляции кадров Ethernet при их передаче через область MINT, протокол MINT подразумевает обмен служебными сообщениями для заполнения таблицы перенаправления кадров. Таблица перенаправления кадров позволяет выбирать маршрут передачи кадра (см. видеоролик 5) через область MINT в соответствии со значением стоимости, вычисляемой с учетом параметров радиоканала и его загрузки. Данный механизм гарантирует выбор оптимального маршрута с точки зрения радиопараметров и не допускает возникновения петель.

Your browser does not support the HTML5 video element

Видеоролик 1 - Пример выбора маршрута между узлами J и F в MINT

При необходимости, можно повлиять на алгоритм выбора пути, установив значение метрик каналов связи вручную. Это можно сделать с помощью суммирования рассчитанной и добавочной стоимостей или фиксации определённого значения (коммутация в устройствах Инфинет подробно рассматривается в онлайн-курсе "[Коммутация в устройствах семейств InfiLINK 2x2 и InfiMAN 2x2](#)"):

Установка суммы добавочной и рассчитанной стоимостей

```
mint rf5.0 -extracost 1000
```

Установка фиксированного значения стоимости

```
mint rf5.0 -fixedcost 1000
```

Настройка и поддержка передачи данных и QoS на каждом из беспроводных устройств является трудоёмкой задачей, которую можно упростить, расширив область MINT. Ниже будут рассмотрены схемы, позволяющие снизить затраты на настройку и эксплуатацию беспроводных устройств за счёт объединения их в единую область MINT.

Схема объединения секторов в одну MINT-область через InfiMUX

Главным недостатком представленного выше решения является необходимость конфигурации коммутационных групп на всех беспроводных устройствах. Поскольку группа коммутации является шлюзом между MINT и Ethernet, то можно объединить все БС опорной радиосети в единую область MINT, закрепив функцию шлюза за коммутатором InfiMUX (см. рисунок 5). В этом случае группу коммутации необходимо будет настроить только на InfiMUX. Необходимость объединения устройств в единую область MINT и преимущества такой схемы рассматриваются в онлайн-курсе "[Коммутация в устройствах семейств InfiLINK 2x2 и InfiMAN 2x2](#)".

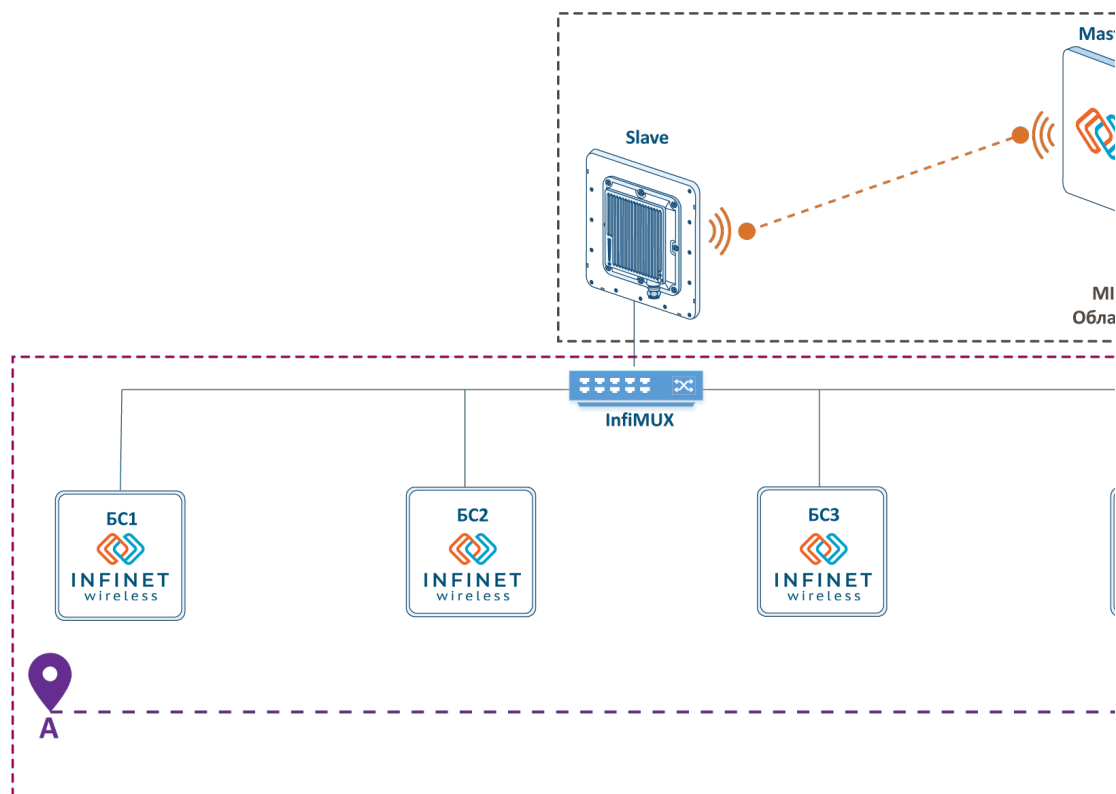


Рисунок 5 - Объединение опорной радиосети в единую область MINT в схеме организации связи с подвижными

Использование протокола MINT в проводной инфраструктуре возможно с помощью псевдорadioинтерфейса PRF. Это виртуальный интерфейс, являющийся дочерним для проводного интерфейса, выполняющий инкапсуляцию кадров MINT в кадры Ethernet. Настройка через CLI:

- Создать PRF-интерфейс на беспроводном устройстве или InfiMUX:

Создание PRF-интерфейса

```
ifc prf0 mtu 1500 up
prf 0 parent eth0 hwmtu 1514
mint prf0 start
```

- Объедините RF- и PRF-интерфейсов на беспроводном устройстве:

Объединение PRF- и RF-интерфейсов

```
mint join rf5.0 prf0
```

- Объедините двух PRF-интерфейсов на InfiMUX:

Объединение двух PRF-интерфейсов

```
mint join prf0 prf1
```

К преимуществам такого решения можно отнести упрощение конфигурации QoS, т.к. правила обработки трафика разных классов обслуживания настраиваются только на InfiMUX.

Схема с объединением секторов и магистрального канала в одну MINT-область

В схеме с объединением устройств опорной радиосети в единую область MINT есть недостаток в части политики качества обслуживания: используемые правила классификации трафика должны быть продублированы на InfiMUX и устройствах магистрального канала связи Master и Slave. Если эти правила не продублировать, то эффект от внедрения политики QoS может значительно снизиться.

Одним из решений данной задачи является объединение каналообразующих устройств магистрали в единую область со всеми остальными устройствами (см. рисунок 6). Данное решение реализуемо только при использовании на магистральном канале связи устройств семейств InfiLINK 2x2 или InfiLINK Evolution. В этом случае единые правила классификации трафика, настроенные на Master, будут справедливы в рамках всей области MINT. Кроме того, функции шлюза между MINT и Ethernet могут быть перенесены на устройство Master, а вместо InfiMUX может быть использован любой коммутатор. Объединение областей выполняется по аналогии с рассмотренной выше конфигурацией.

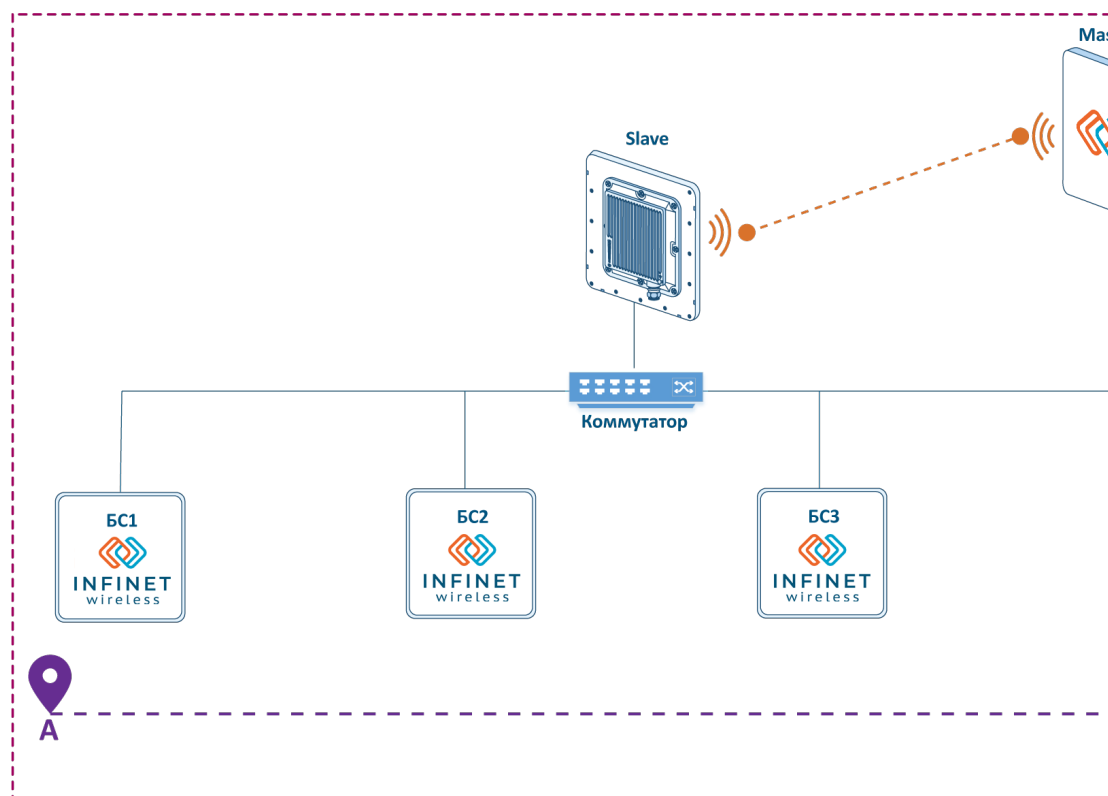


Рисунок 6 - Объединение всех беспроводных устройств в единую область MINT в схеме организации связи с подвижн

Роуминг

Перемещение подвижного объекта, на котором установлена АС, в рамках опорной радиосети сопровождается переходом из зоны обслуживания сектора одной БС в зону действия другого сектора этой же или другой БС. Процесс переключения АС между секторами БС называется роумингом. Роуминг сопровождается разрывом радиоканала с первым сектором и установлением радиоканала со вторым.

Рассмотрим механизм роуминга (см. видеоролик 2):

1. Между АС и БС1 установлен радиоканал.
2. Автомобиль перемещается и радиоканал между АС и БС1 рвётся. Причиной разрыва является невозможность поддержания связи из-за недостаточной энергетики сигнала. Как будет показано [ниже](#) инициатором разрыва радиоканала может быть как АС, так и соответствующий сектор БС1.
3. АС пытается восстановить связь с БС1. Если радиоканал установлен, то алгоритм возвращается к п.1, если нет - к п.4.
4. АС выполняет поиск устройств, с которыми можно установить радиоканал.
5. АС находит БС2 и пытается установить с ней связь.
6. АС устанавливает радиоканал с БС2.

Your browser does not support the HTML5 video element

Видеоролик 2 - Механизм роуминга

Установление радиоканала

Радиоканал может быть установлен между двумя устройствами при выполнении следующих требований:

- Хотя бы одному из устройств назначена роль "ведущий". Возможны связи "ведущий-ведущий", "ведущий-ведомый". Архитектура решения предусматривает настройку секторов БС, как ведущих, а АС - как ведомых.
- В конфигурации АС создан радиопрофиль, соответствующий настройкам радио на БС.
- Параметры сигналов (RSSI, SNR и т.д.) позволяют выполнять обмен данными хотя бы на минимальной модуляции.

Радиопрофили

На устройствах с ролью "ведущий" может быть настроен только один набор радиопараметров, который будет использоваться для организации каналов связи. На устройствах с ролью "ведомый" может быть создано несколько радиопрофилей, либо один с возможностью автоматического выбора частоты. Настройка через CLI:

- Настройте параметры радио на устройстве с ролью "ведущий":

Настройка частоты на устройстве с ролью "ведущий"

```
rf rf5.0 band 20
rf rf5.0 mimo greenfield
rf rf5.0 freq 5510 bitr 130000 sid 10101010 burst
rf rf5.0 txpwr auto pwrctl distance auto
```

- Создайте радиопрофиль на устройстве с ролью "ведомый" с фиксированным значением частоты:

Создание радиопрофиля с фиксированной частотой

```
mint rf5.0 prof 1 -band 20 -freq 5510 -sid 10101010 \
    -nodeid 60755 -type slave \
    -autobitr -mimo greenfield
```

- Создайте радиопрофиль на устройстве с ролью "ведомый" с автоматическим выбором частоты (если используется профиль с фиксированным значением частоты, то команда, приведённая ниже, не выполняется):

Создание радиопрофиля с автовыбором частоты

```
mint rf5.0 prof 1 -band 20 -freq auto -sid 10101010 \
    -nodeid 60755 -type slave \
    -autobitr -mimo greenfield
```

При попытке установить соединение, ведомое устройство циклично перебирает радиопрофили, добавленные в его конфигурацию. Как только один из профилей подходит для установки радиоканала, создаётся связь с ведущим устройством и перебор профилей прекращается. В случае, если в конфигурации создан профиль с автоматическим выбором частоты, ведомое устройство пытается установить соединение с ведущим, перебирая частоты, поддерживаемые радиомодулем. Список частот, перебираемый ведомым устройством может быть ограничен конфигурацией пользовательской частотной сетки.

Пример настройки пользовательской сетки частот через CLI (для интерфейса rf5.0 указывается диапазон частот от 5000 МГц до 5100 МГц с шагом 10 МГц, которые могут быть использованы в качестве центральной частоты канала при ширине канала 20 МГц):

Пример настройки пользовательской сетки частот

```
rf rf5.0 grid 20 5000-5100/10
```

Очевидно, что установка связи может оказаться длительной операцией при использовании режима автоматического выбора частоты на ведомом устройстве из-за широкого диапазона частот, поддерживаемых радиомодулем. В рассматриваемых сценариях с роумингом это неприемлемо, поэтому рекомендуется в конфигурации АС создавать отдельные радиопрофили для каждого из секторов БС опорной радиосети.

Динамический выбор частоты

Устройства с ролью "ведущий" по аналогии с "ведомым" поддерживают режим динамического выбора частот (DFS). Устройства с поддержкой DFS перед выбором частоты выполняют сканирование доступных частотных каналов, оценивают уровень интерференции и наличие радаров. Среди частотных каналов, свободных от радаров, выбирается канал с минимальным уровнем интерференции, который устанавливается в качестве рабочего.

DFS является стандартной технологией для беспроводных устройств, однако её недостаток состоит в том, что оценка радиообстановки выполняется только при включении и не актуализируется в процессе работы. Использование дополнительного радиомодуля на некоторых моделях устройств Инфинет позволяет реализовать фирменную технологию Instant DFS. Дополнительный радиомодуль постоянно сканирует эфир, выполняя переход между частотными каналами в соответствии с уровнем интерференции. Технологии DFS, Radar detection и Instant DFS подробно описаны в документе [Динамический выбор частоты](#).

Настройка DFS через CLI:

- Активируйте DFS на устройстве с ролью "ведущий":

Активация DFS
dfs rf5.0 dfsonly dfs rf5.0 freq auto

- Активируйте DFS и Radar detection на устройстве с ролью "ведущий":

Активация DFS и Radar detection
dfs rf5.0 dfsradar dfs rf5.0 freq auto

- Активируйте поддержку Instant DFS на устройствах с ролью "ведущий" и "ведомый":

Активация iDFS
mint rf5.0 -idfs

Частотный роуминг

Под частотным роумингом в этом документе понимается изменение рабочей частоты установленного радиоканала, т.е. смена рабочей частоты выполняется на обоих устройствах.

Работа механизма частотного роуминга тесно сопряжена с функцией Instant DFS, поскольку, при обнаружении частотных каналов с меньшим уровнем интерференции, чем на текущем, сектор БС в режиме PtMP или ведущее устройство в режиме PtP должны выполнить смену рабочей частоты. При этом по дключенные к ним устройства, также должны выполнить смену частотного канала. Поведение устройств при частотном роуминге определяется значением параметра "roaming":

- leader:** устройство определяет новый частотный канал и рассылает служебные сообщения другим устройствам для смены рабочей частоты. Целесообразно данную функцию назначить на устройство с активированной функцией DFS/Instant DFS.
- enable:** устройство, получив команду на смену рабочей частоты от "leader", выполняет переход на новый частотный канал.
- disable:** устройство, получив команду на смену рабочей частоты от "leader", игнорирует её.

В рассматриваемом решении не используется технология DFS, однако в проектах, где необходимо использование DFS/Instant DFS, целесообразно настроить секторы БС как "roaming leader", а АС - как "roaming enable".

Настройка через CLI:

- Активируйте роуминг на устройстве с ролью "ведущий":

Конфигурация сектора БС
mint rf5.0 roaming leader

- Активируйте роуминг на устройстве с ролью "ведомый":

--

Конфигурация AC

```
mint rf5.0 roaming enable
```

- Перезапустите интерфейс rf5.0 на устройствах с ролями "ведущий" и "ведомый":

Конфигурация AC и БС

```
mint rf5.0 restart
```

Важно отметить, что ведомое устройство с "roaming enable", получив команду на смену рабочей частоты от "roaming leader" выполнит переход в другой частотный канал даже в том случае, если в конфигурации ведомого устройства не будет соответствующего радиопрофиля. При этом, после перезагрузки, ведомое устройство не сможет установить радиоканал, т.к. будет руководствоваться набором радиопрофилей, добавленных в конфигурацию.

Функция MultiBS

Главным недостатком [механизма роуминга](#) является то, что AC будет стремиться сохранить подключение к БС1 пока сигнал не будет потерян, только после разрыва соединения выполнит поиск других БС для установки радиоканала. Устройства Инфинет поддерживают фирменную функцию MultiBS, позволяющую ускорить этот процесс.

Механизм роуминга с функцией MultiBS представлен ниже (см. видеоролик 3):

1. Между AC и БС1 установлен радиоканал.
2. Автомобиль перемещается и параметры радиоканала между AC и БС1 ухудшаются. AC разрывает канал связи с БС1. Несмотря на то, что радиоканал между AC и БС1 может быть использован для передачи данных, AC замечает отрицательный тренд и превентивно разрывает канал связи.
3. AC выполняет поиск устройств, с которыми можно установить радиоканал.
4. AC находит один из секторов БС2 и пытается установить канал связи с этим устройством.
5. AC устанавливает радиоканал с одним из секторов БС2.

Your browser does not support the HTML5 video element

Видеоролик 3 - Механизм роуминга с функцией MultiBS

Активация функции MultiBS выполняется следующим образом:

Активация функции MultiBS на AC

```
mint rf5.0 roaming enable multiBS
```

Функция Global

Рассмотрим сценарий, в котором была повреждена кабельная трасса между InfiMUX и инжектором питания БС1 (см. рисунок 7), т.е. питание к БС1 подведено и устройство готово устанавливать радиосоединения, но передача данных в центр управления невозможна.

Автомобиль с установленным комплектом AC начинает движение по траектории из точки А в точку В. Находясь в зоне действия БС1, AC устанавливает с ней радиоканал. Поскольку кабельная трасса повреждена, то данные между подвижным объектом и центром управления не передаются. Двигаясь вдоль траектории, подвижный объект попадает в область, когда существует возможность подключиться к БС2, но параметры установленного канала связи с БС1 удовлетворительны и AC не выполняет роуминг между БС. Без настроенной функции MultiBS, AC будет поддерживать связь с сектором БС1 до момента выхода из зоны радиопокрытия сектора БС1.

Фирменная функция Global позволяет избежать подобной ситуации. В случае, если в конфигурации AC активирована функция Global, то AC будет устанавливать радиоканал только с устройствами, на которых тоже активна функция Global. Кроме того, устройства в одной области MINT могут выполнять проксирующую функцию по отношению к устройствам с активированной функцией Global. Таким образом, если в конфигурации InfiMUX и AC активировать функцию Global, то все БС в момент установления радиоканала будут сообщать AC о том, что через них доступен InfiMUX, у которого активирована функция Global. Если между БС1 и InfiMUX повреждена кабельная трасса, то БС1 не будет сообщать AC о доступности InfiMUX, т.е. AC не установит радиоканал с БС1.

Использование функции Global позволяет повысить отказоустойчивость опорной радиосети, однако её использование будет иметь эффект только при соответствующем радиочастотном планировании - области покрытия секторов должны быть выполнены с перекрытием.

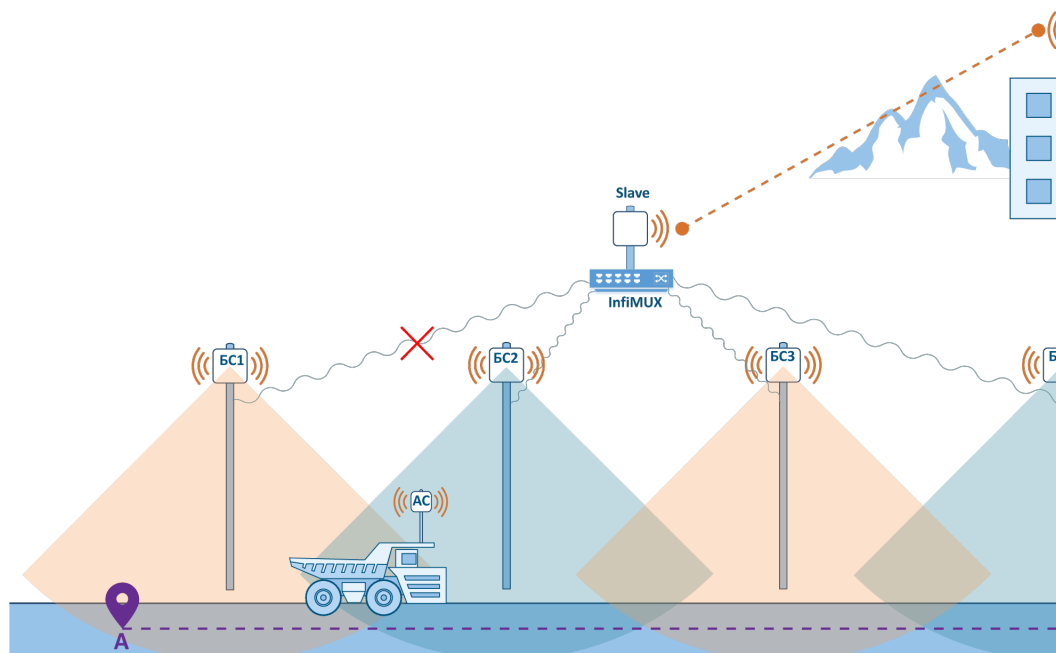


Рисунок 7 - Использование функции Global

Настройка устройств через CLI:

- Активируйте функцию Global на AC:

Активация функции Global на AC

```
mint rf5.0 roaming enable global
```

- Активируйте функцию Global на InfiMUX:

Активация функции Global на InfiMUX

```
mint prf0 roaming enable global
```

Параметры управления процессом установления радиоканала

Одним из механизмов, определяющим момент разрыва связи с одним сектором и установления связи с другим сектором, является оценка пороговых значений SNR. В конфигурации беспроводных устройств выделяют два пороговых значения:

- **hiamp**: минимальное значение SNR, требуемое для установления радиоканала между двумя устройствами.
- **loamp**: минимальное значение SNR, при котором радиоканал между устройствами не будет разорван.

Таким образом, настройка пороговых значений на БС или AC является одним из механизмов по управлению процессом роуминга AC.

Конфигурация уровня SNR для установления радиоканала на беспроводных устройствах выполняется с помощью следующих команд:

Конфигурация минимально требуемого SNR для установления радиоканала

```
mint rf5.0 -hiamp 2
```

Конфигурация минимального уровня SNR, при котором радиоканал не будет разорван

```
mint rf5.0 -loamp 0
```

Режимы fixed/mobile/nomadic

Одним из факторов, влияющих на параметры канала связи с подвижным объектом, является степень актуальности таблицы перенаправления кадров MINT. Поскольку речь идёт о таблице перенаправления MINT, то данная настройка может быть применена только на устройствах семейств InfiLINK 2x2, InfiMAN 2x2, InfiLINK Evolution и InfiMAN Evolution. В конфигурации устройств можно установить интервал обновления записей таблицы перенаправления MINT, выбрав одно из трёх значений параметра "mode":

- **fixed:** обновление таблицы перенаправления выполняется с интервалом 3 секунды. Данный режим предназначен для организации каналов связи со статическими объектами.
- **nomadic:** обновление таблицы перенаправления выполняется с интервалом 1,5 секунды. Данный режим предназначен для организации каналов связи с подвижными объектами малой скорости.
- **mobile:** обновление таблицы перенаправления выполняется с интервалом 1 секунда. Данный режим предназначен для организации каналов связи с подвижными объектами.

АС с активированной функцией MultiBS, как показано [выше](#), выполняет сравнение текущих показателей радиоканала с максимально достигнутыми. Возможен сценарий, в котором параметры радиоканала резко ухудшатся из-за кратковременного влияния помехи и так же резко восстановятся. АС разорвёт связь с БС в соответствии с алгоритмом работы функции MultiBS, несмотря на то, что ухудшение параметров радиоканала носило кратковременный характер. Выбор значения параметра "mode" влияет на анализ радиопараметров при активированной функции MultiBS, задавая временной интервал оценки. Таким образом устройство со значением параметра "mode fixed" выполняет оценку радиопараметров на интервале трёх секунд и более устойчиво к разрыву радиоканала в условиях кратковременных помех, чем устройство со значением "mode mobile".

Установка значения параметра mode в конфигурации устройства может быть выполнена следующим образом:

- Установите режим fixed на устройствах с ролью "ведущий" и "ведомый":

Конфигурация режима fixed

```
mint rf5.0 -mode fixed
```

- Установите режим nomadic на устройствах с ролью "ведущий" и "ведомый":

Конфигурация режима nomadic

```
mint rf5.0 -mode nomadic
```

- Установите режим mobile на устройствах с ролью "ведущий" и "ведомый":

Конфигурация режима mobile

```
mint rf5.0 -mode mobile
```

Использование двух абонентских устройств на объекте

Активация функции MultiBS, как показано [выше](#), ускоряет роуминг АС между БС, однако, в любом случае, роуминг сопровождается кратковременным перерывом связи. Избежать перерыва связи позволяет использование двух АС на подвижном объекте, объединённых с помощью InfiMUX. В этом случае каждая из АС будет независимо устанавливать радиоканал с БС, а InfiMUX будет принимать решение по выбору канала связи для пересылки данных.

Поясним алгоритм роуминга в схеме с двумя АС (см. рисунок 8):

1. АС1 и АС2 установили радиоканал с БС1. При этом не возникает петли, т.к. все радиоустройства объединены в одну область MINT и устройства используют таблицу перенаправления кадров, учитывающую параметр стоимости.
2. Автомобиль движется, АС2 разрывает канал связи с БС1. АС1 сохраняет связь с БС1. Перерыва сервиса не наблюдается, т.к. для обмена данными между автомобилем и центром управления осуществляется через канал АС1-БС1.
3. АС2 начинает поиск БС для установления радиоканала. АС1 сохраняет канал связи с БС1.
4. АС2 устанавливает связь с БС2. АС1 сохраняет связь с БС1. При передаче данных InfiMUX использует один из двух каналов связи АС1-БС1 и АС2-БС2, с меньшей метрикой.

5. Автомобиль движется и AC1 разрывает связь с BC1. AC2 сохраняет связь с BC2. Передача данных будет выполнена через канал AC2-BC2, перерыва сервиса не наблюдается.

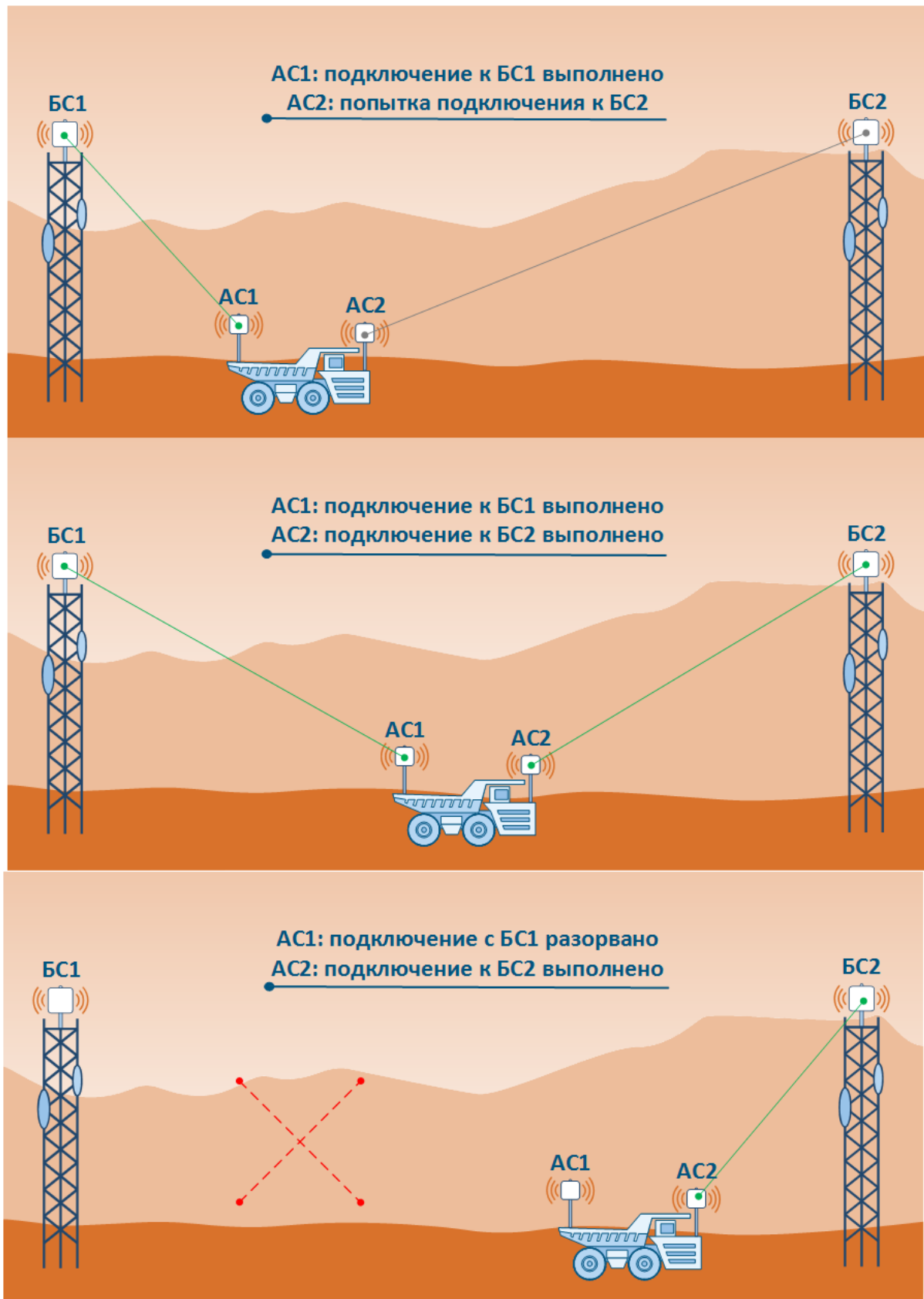


Рисунок 8 - Роуминг в схеме с двумя АС на подвижном объекте

Настройка устройств заключается в том, что на устройствах АС1 и АС2 должны быть созданы PRF-интерфейсы в сторону InfiMUX, а на InfiMUX - PRF-интерфейсы в сторону беспроводных устройств. Кроме того, настройка групп коммутации должна быть перенесена из конфигурации АС в конфигурации InfiMUX.

Следует иметь в виду, что после любых изменений в конфигурации устройств, выполненных из командной строки, следует сохранить обновлённые настройки. Команда сохранения конфигурации

Сохранение конфигурации

```
config save
```

Дополнительные материалы

Онлайн-курсы

1. [Онлайн-курс "Основы беспроводных сетей"](#).
2. [Онлайн-курс "InfiPLANNER: инструмент планирования беспроводной сети"](#).
3. [Онлайн-курс "Коммутация в устройствах семейств InfiLINK 2x2 и InfiMAN 2x2"](#).

White papers

1. [Производительность устройств Инфинет](#).
2. [Агрегация каналов, балансировка и резервирование](#).
3. [TDMA и Polling: особенности применения в беспроводных сетях](#).
4. [Динамический выбор частоты](#).

Вебинары

1. [Вебинар "Монтаж, грозозащита и заземление оборудования Инфинет"](#).
2. [Вебинар "Типовые сценарии настройки коммутации на устройствах Инфинет"](#).
3. [Вебинар "Переиспользование частот, синхронизация на устройствах Инфинет"](#).
4. [Вебинар "1+1 с InfiNet Wireless: Резервирование и балансировка каналов связи"](#).

Прочее

1. [Продукция Инфинет](#).
2. [Инструмент планирования беспроводных сетей InfiPLANNER](#).