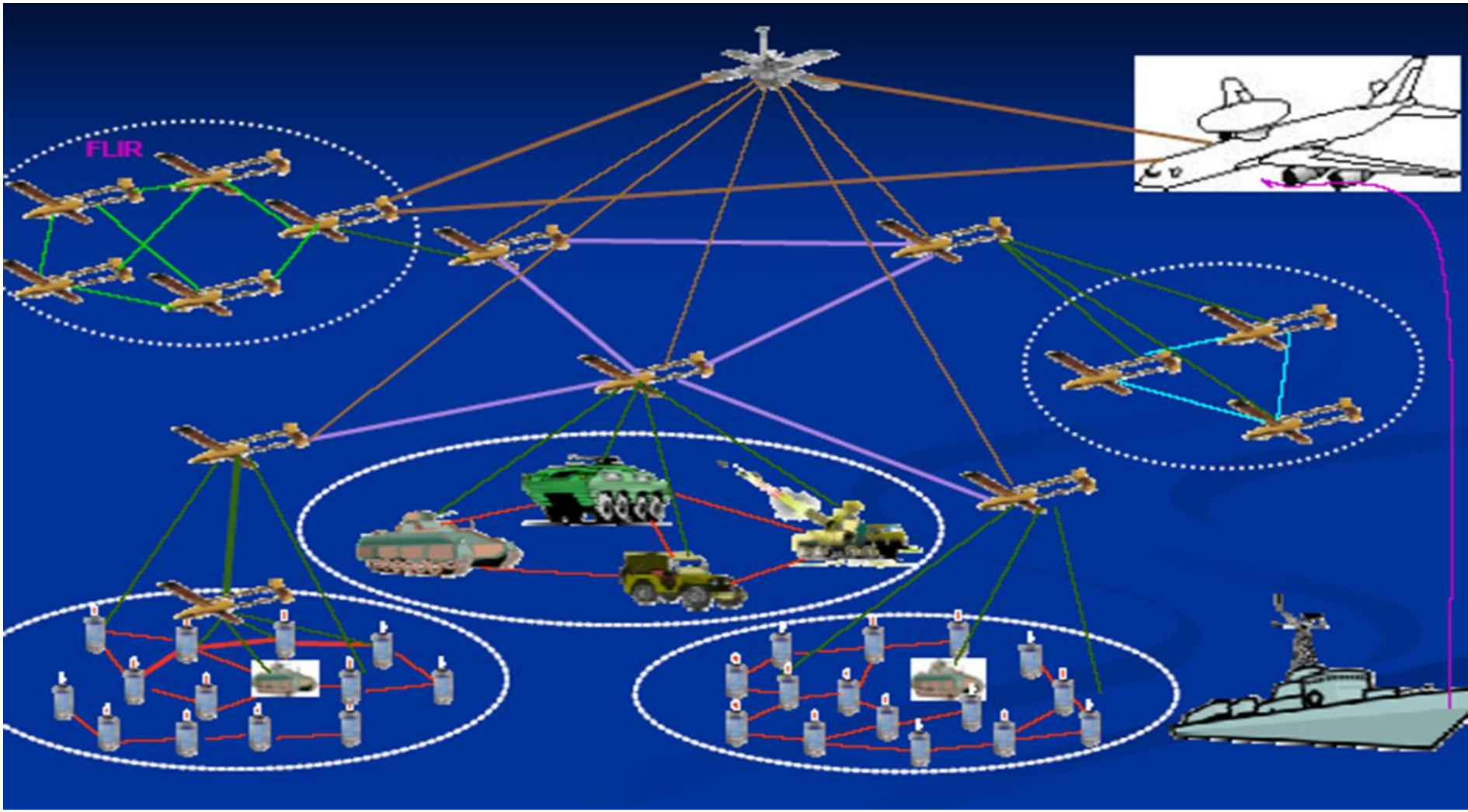
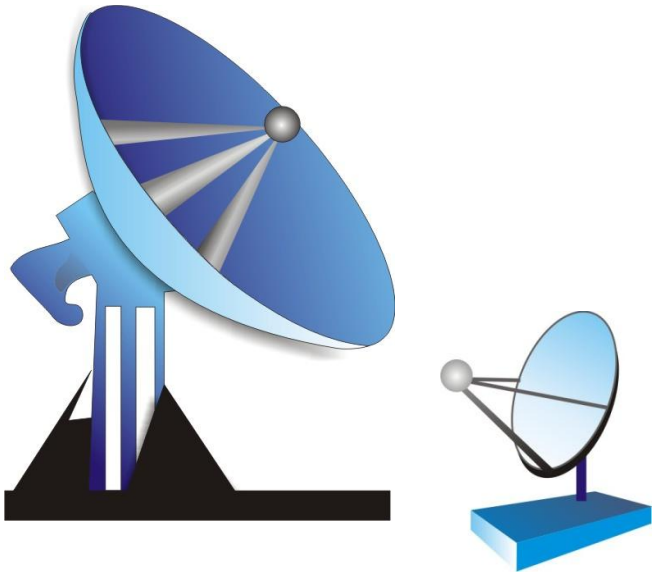
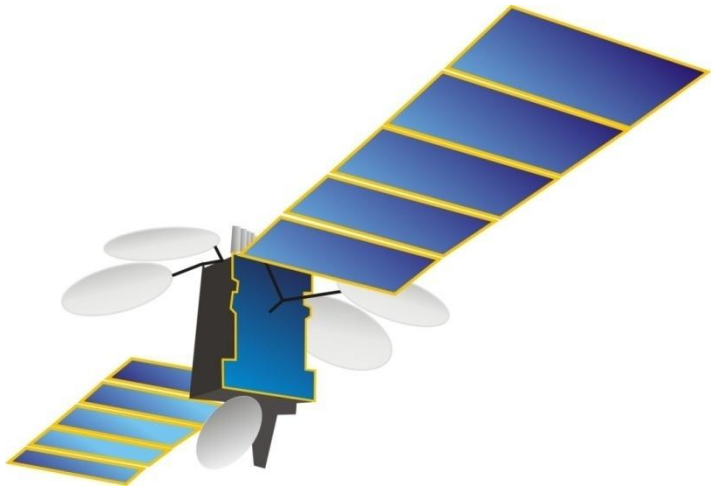
Беспроводные сети



Спутниковая связь

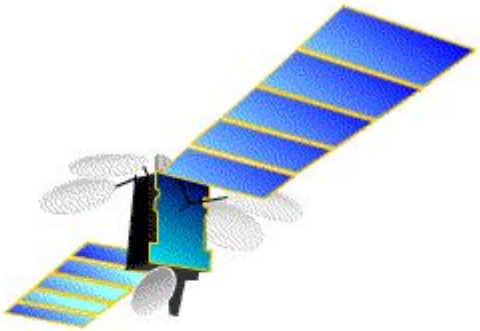


Наземные системы-*Системы антенн, расположенных на Земле или близ Земли, называют наземными станциями.*

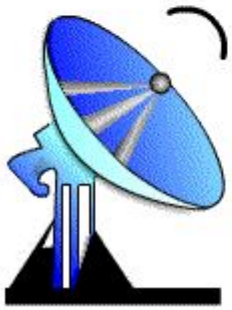


С помощью одного или нескольких таких спутников, используемых как космические ретрансляторы, осуществляется связь между двумя или несколькими станциями, принадлежащими одной системе спутниковой связи и расположенными на Земле или близ Земли

1. Параметры спутника



Uplink



Downlink

1.2.Классыфикация спутников по признакам

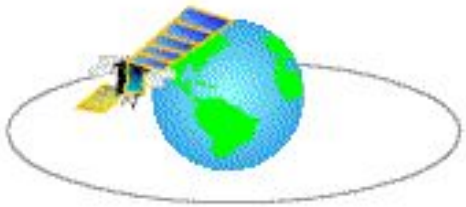
- зона обслуживания
- тип услуг
- характер использования

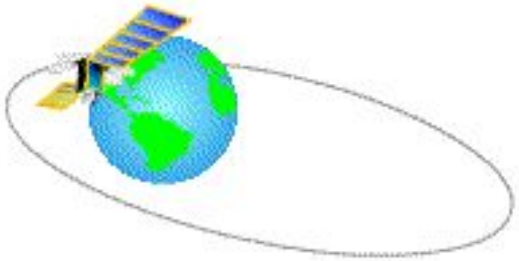
1.3. Особенности спутниковых системам над наземными системами

- ✔Зона обслуживания спутниковой системы намного превышает зону обслуживания наземной системы
- ✔Мощность и выделенная ширина полосы космического аппарата, весьма ограничены.
- ✔Легко внедряются широковещательные, многоадресные и двухточечные приложения.
- ✔Доступен очень широкий диапазон частот или высокая скорость передачи данных.
- ✔Если передатчик и приемник находятся в зоне обслуживания одного спутника, то затраты на передачу данных не зависят от расстояния между ними.
- ✔Для спутников, находящихся на геостационарной орбите, задержка распространения сигнала с земли на спутник и обратно равна примерно одной четвертой секунды.

1.4. Спутниковые орбиты

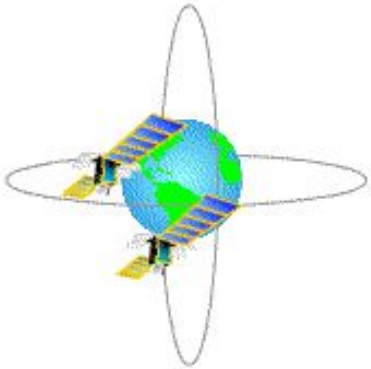
- Круговая или эллиптическая





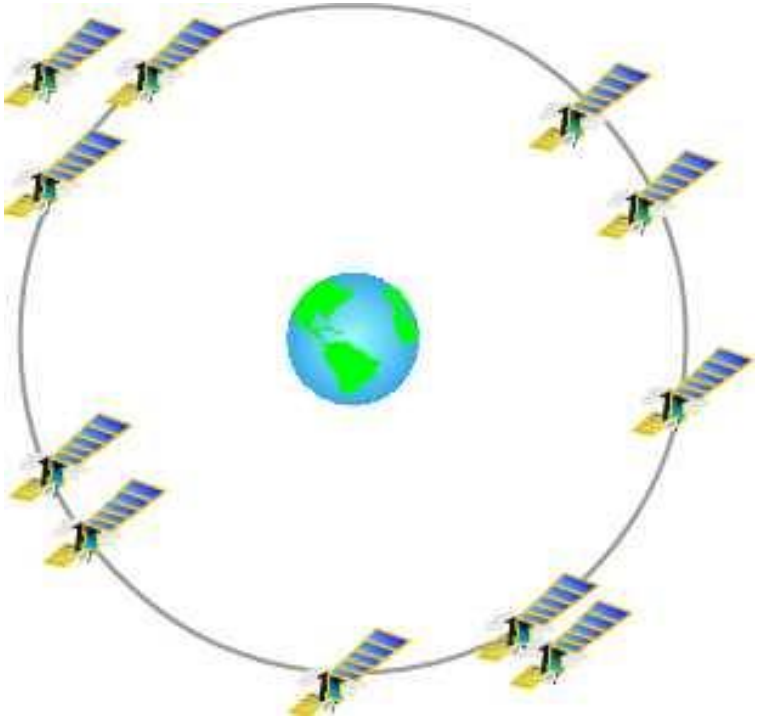
- По высоте над уровнем моря
  1) геостационарные (GEO)
  2) средние (MEO)
  3) низкие (LEO)

- Разные плоскости



1.4.1. Геостационарные спутники

В настоящее время самыми распространенными среди спутников связи являются геостационарные (GEO).



Идея заключается в следующем:

если спутник находится на круговой орбите на высоте 35 863 км над поверхностью Земли и движется в плоскости земного экватора, то угловая частота вращения такого спутника будет совпадать с угловой частотой вращения Земли и спутник все время будет находиться над одной и той же точкой на экваторе.

1.4.1. Геостационарные спутники

Преимущества геостационарных орбит:

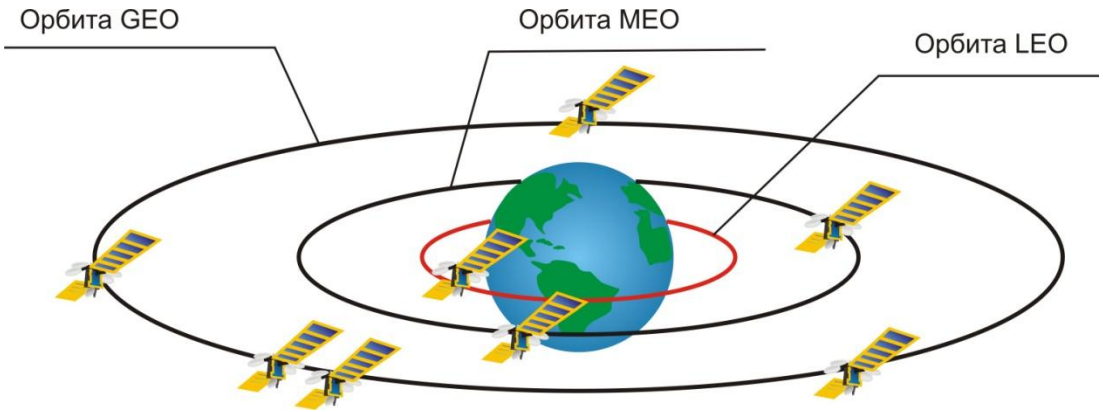
- Так как спутник не движется относительно Земли, то не возникает проблем с изменением частоты сигнала.
- Упрощается процедура отслеживания спутника с наземных станций.
- Спутник, находящийся на высоте 35 863 км над Землей, может связаться примерно с четвертой частью земной поверхности.

Недостатки геостационарных орбит:

- После прохождения расстояния свыше 35 000 км сигнал может стать довольно слабым.
- Полярные области и приполярные участки северного и южного полушарий практически недоступны для геостационарных спутников.
- Несмотря на то что скорость света равна 300 000 км/с, задержка прохождения сигнала из точки на экваторе, расположенной под спутником, на спутник и обратно довольно существенна.

1.4.2. Спутник LEO

Характеристики:



- Круговые или эллиптические орбиты на высоте до 2000 км.
- Период орбиты равен 1,5-2 ч.
- Диаметр зоны обслуживания равен примерно 8000 км.
- Задержка кругового распространения сигнала составляет не более 20 мс.
- Оборудование системы связи должно быть способно учитывать большие доплеровские сдвиги, которым подвергается частота сигнала.
- Орбита спутника постепенно деформируется.

Для такой системы, нужно довольно много орбитальных плоскостей; кроме того, на каждой орбите должны находиться по несколько спутников.

1.4.2. Спутник LEO

Преимущества

- сокращения задержки распространения сигнала
- принимаемый сигнал, отправленный со спутника LEO, гораздо сильнее сигнала со спутника GEO при той же энергии передачи.
- Зону обслуживания спутника LEO можно локализовать с гораздо большей степенью точности.

Недостатки

- Чтобы 24 часа обеспечивать широкую зону обслуживания, нужно много спутников LEO.

1.4.2. Спутник LEO

Категории:

- **Малые кластеры LEO.** Такие кластеры, предназначенные для работы при частоте связи ниже 1 ГГц, обеспечивают скорость передачи данных до 10 Кбит/с.

  Предназначение:

  Эти системы предназначены для поиска, слежения и низкоскоростного обмена сообщениями. Примером такой спутниковой системы является система Orbcomm.

- **Большие кластеры LEO.** Такие системы работают на частотах более 1 ГГц и поддерживают скорость передачи данных до нескольких мегабайтов в секунду.

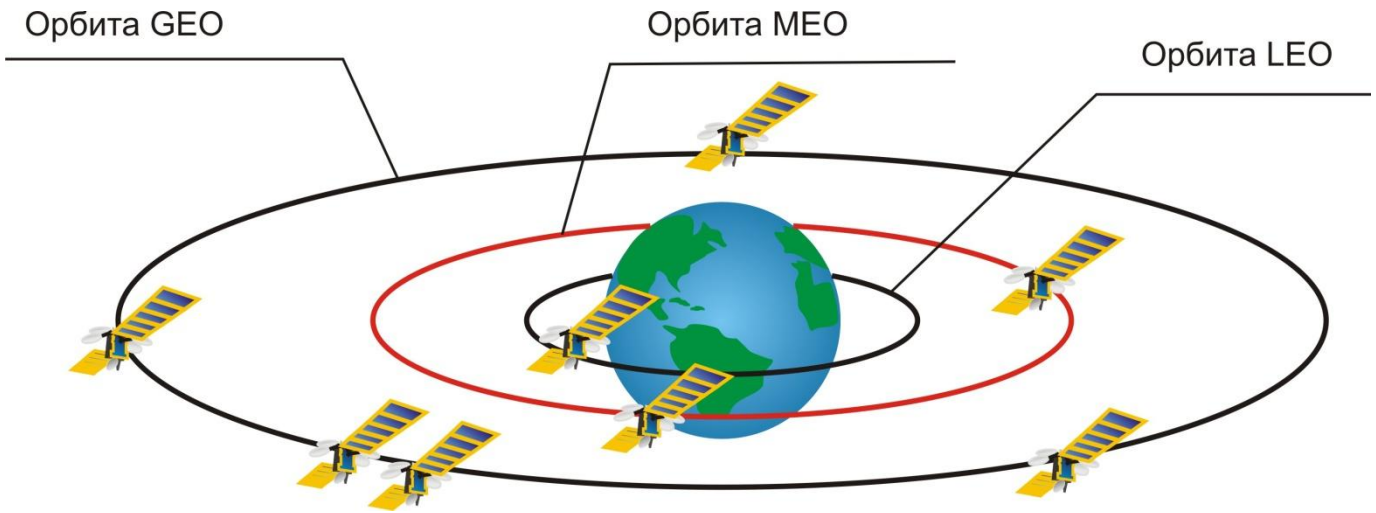
  Предназначение:

  Эти системы стремятся предоставлять те же услуги, что и малые кластеры LEO, а также дополнительные услуги по передаче голоса и по определению местоположения. Примером большой системы LEO является система Globalstar. В системе используется технология CDMA, подобная стандарту CDMA сотовой связи. Эти спутники находятся на высоте 1413 км.

1.4.3. Спутник MEO

Характеристики:

- Круговая орбита, расположенная на высоте 5000-12 000 км.
- Период орбиты около 6 ч.
- Диаметр зоны обслуживания колеблется от 10 000 до 15 000 км.
- Задержка кругового распространения сигнала составляет менее 50 мс.
- Максимальное время, в течение которого спутник виден из фиксированной точки на земной поверхности,составляет несколько часов.



1.4.3. Спутник MEO

Преимущества:

В системах MEO не требуется так много переключений между спутниками, как в системах LEO.
Значения задержки распространения сигнала со спутника MEO на Землю и его требуемая мощность, выше, чем у спутников LEO, однако существенно меньше, чем у геостационарных спутников.

Предназначение:

Системы MEO предлагается использовать для предоставления таких услуг, как цифровая передача речи, данных, факсимильных сообщений, широковещательных уведомлений, и для обмена сообщениями.

1.5. Полосы частот

Полоса	Диапазон частот, ГГц	Суммарная ширина полосы, ГГц	Распространенные приложения
L	1-2	1	Мобильная спутниковая связь (MSS)
S	2-4	2	Службы MSS, NASA, исследование дальнего космоса
C	4-8	4	Спутники стационарной службы связи (FSS)
X	8-12,5	4,5	Военные службы FSS, исследования Земли и метеорологические спутники
Ku	12,5-18	5,5	Службы FSS, радиовещательные спутниковые службы (BSS)
K	18-26,5	8,5	Службы FSS и BSS
Ka	26,5-40	13,5	Службы FSS

Чем выше частота полосы, тем больше ее доступная ширина. Впрочем, полосы более высокой частоты сильнее подвержены искажениям передачи

1.6. Факторы ухудшение качества связи

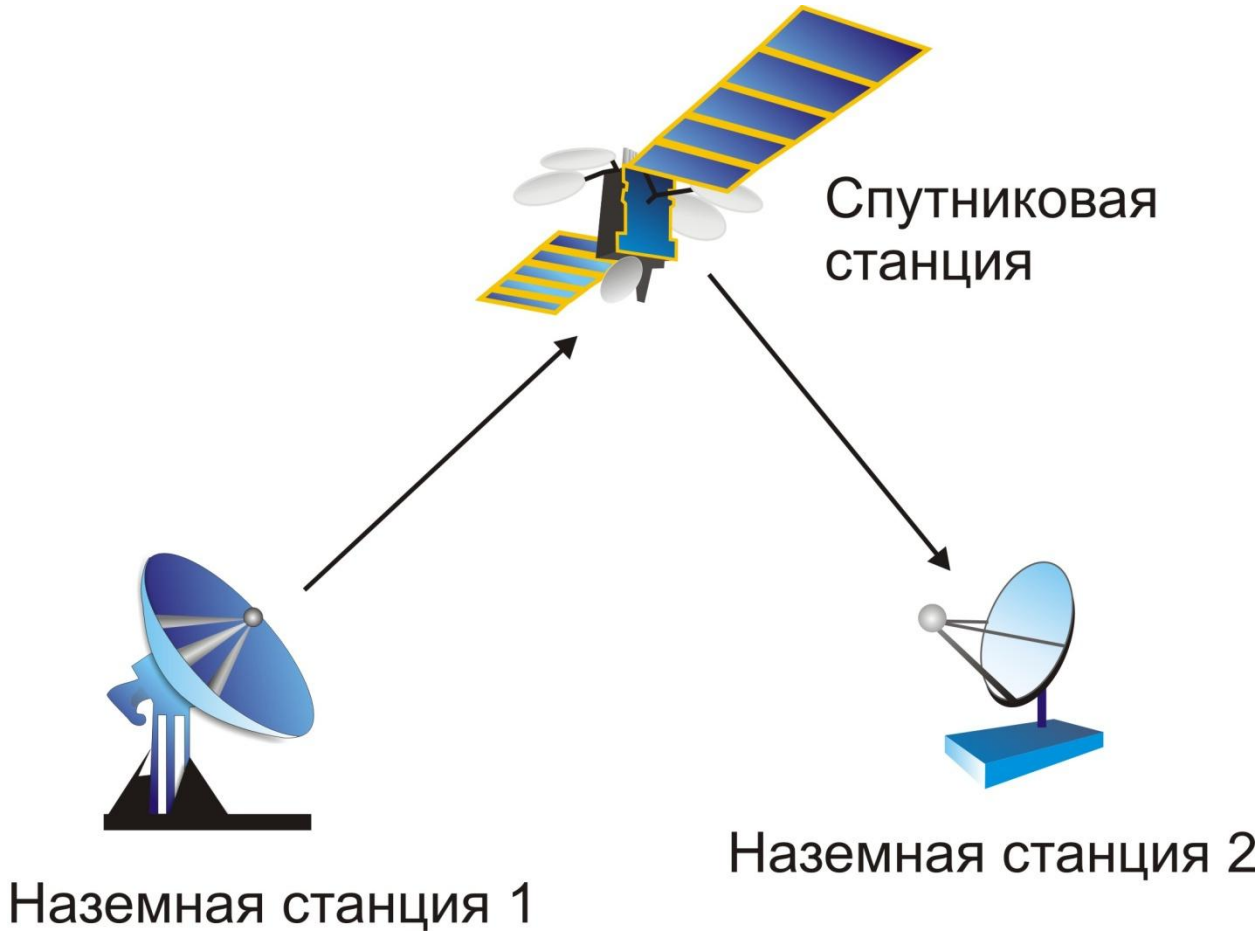
- расстояния между антенной наземной станции и антенной спутника;
- в нисходящем канале — от расстояния между антенной наземной станции и "точкой прицела" спутника;
- атмосферного поглощения.

2. Конфигурации спутниковой сети

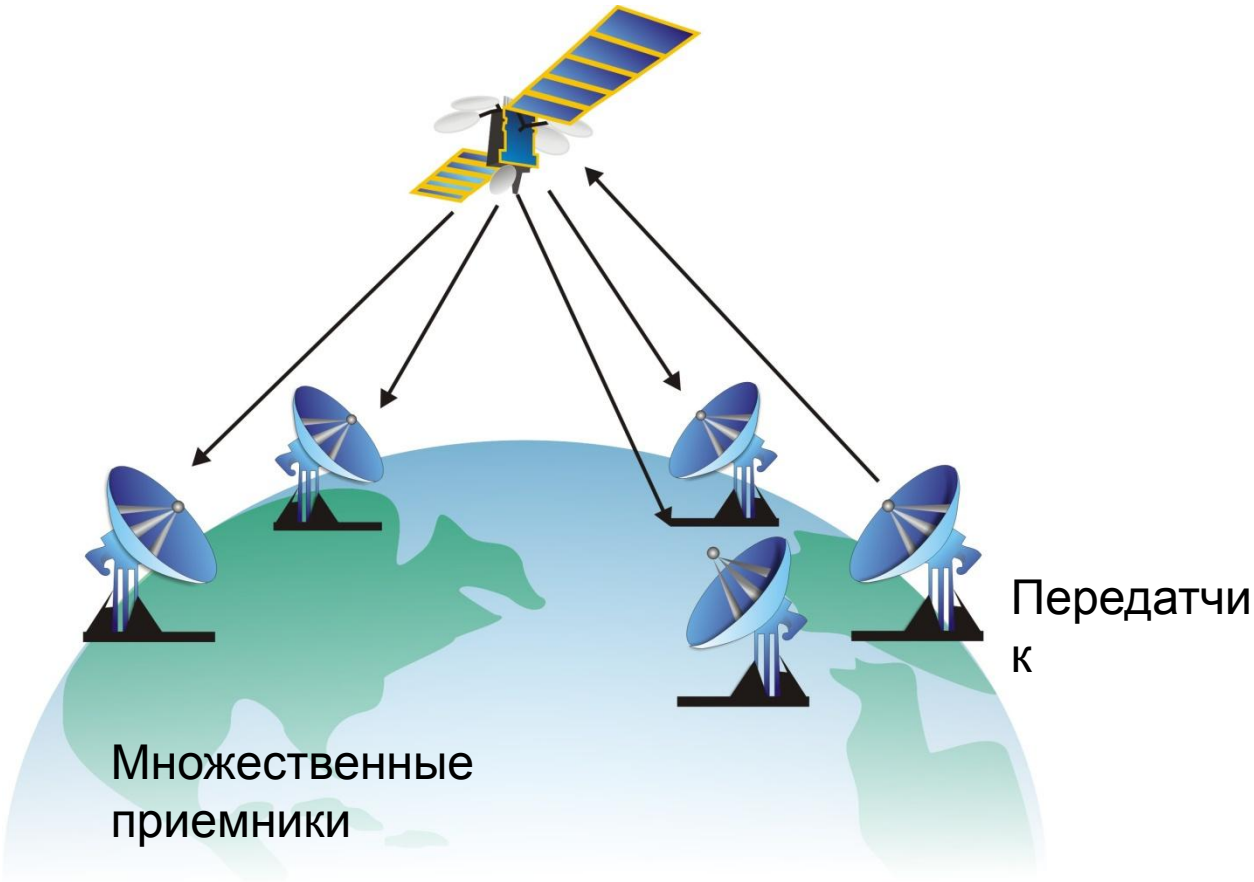
Каналы связей:

- Двухточечный
- Широковещательный
- Система VSAT (Very Small Aperture Terminal — терминал со сверхмалой апертурой луча)

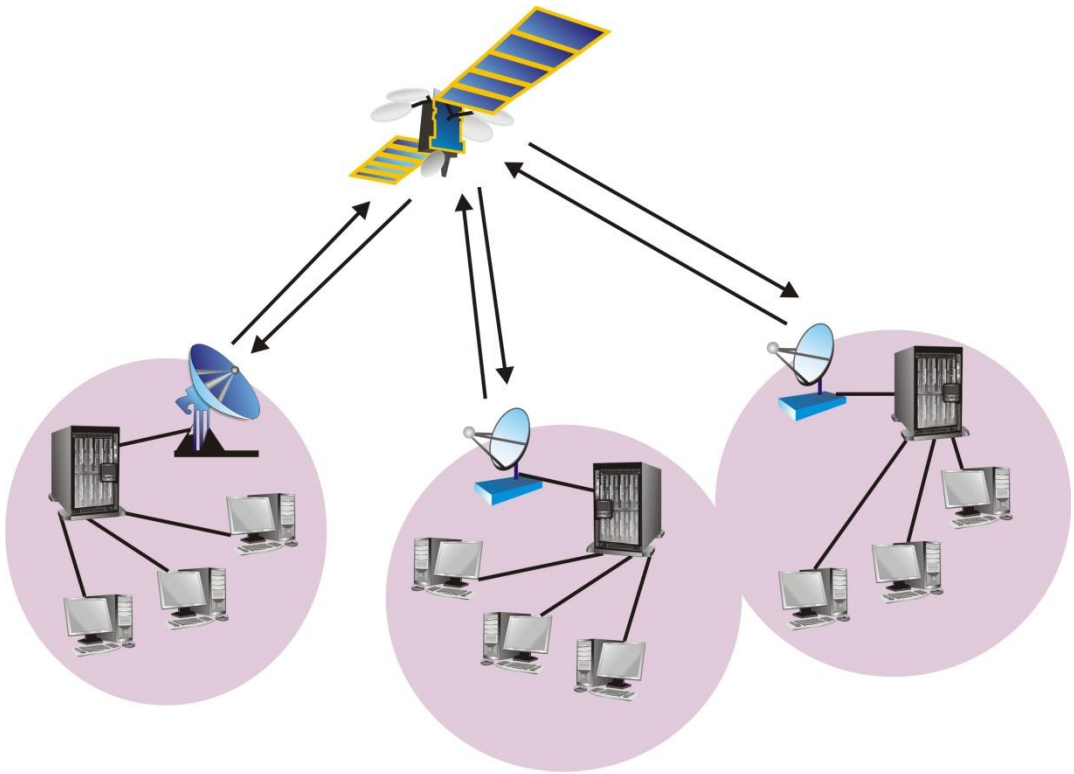
2. 1. Двухточечный канал связи



2. 2. Широковещательный канал связи



2. 3. Система VSAT



Существует также разновидность широковещательной связи, в которой осуществляется двухсторонняя связь между комплексом наземных станций, состоящим из одного центрального концентратора и множества удаленных абонентских Станций.

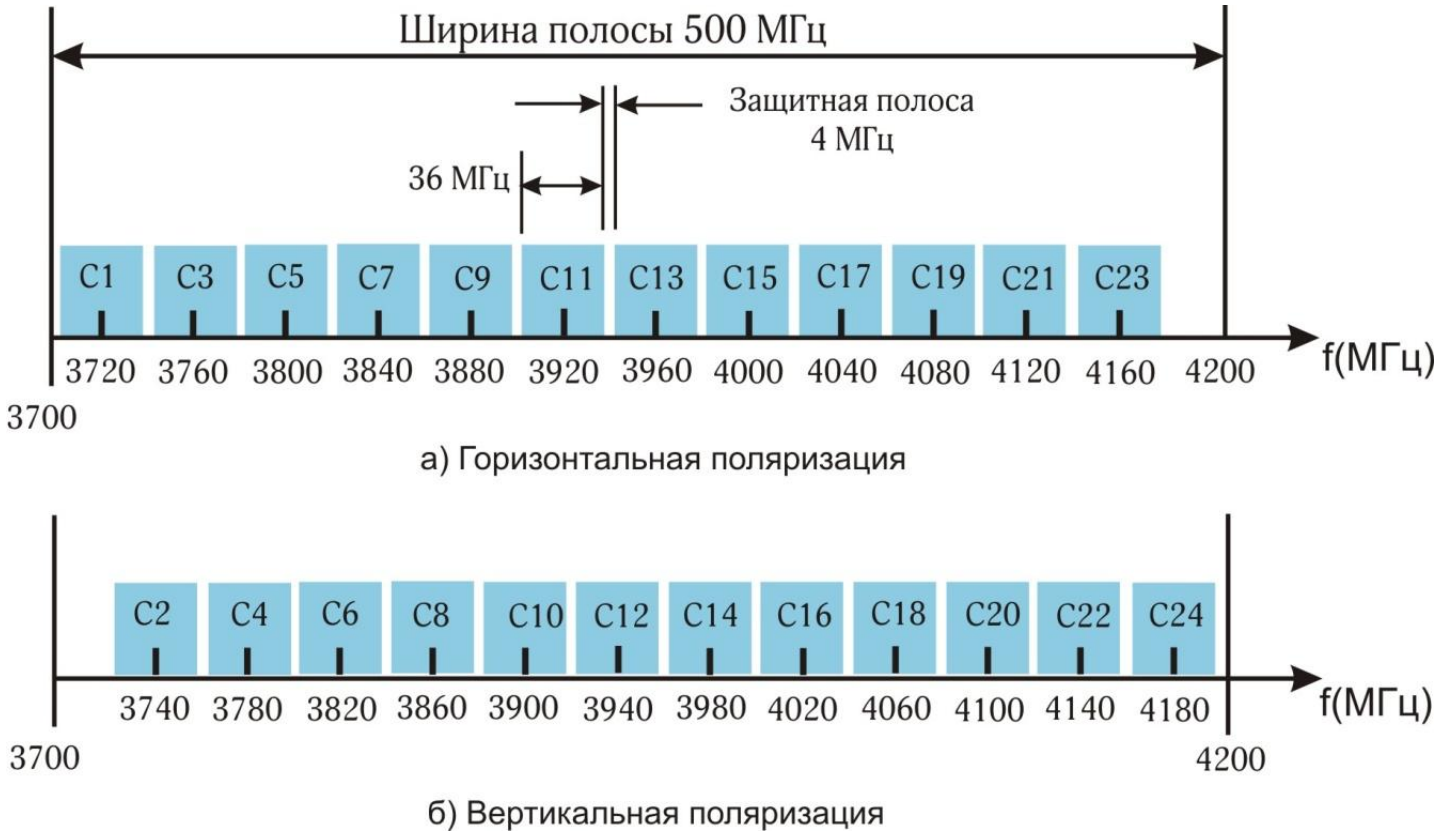
Такой тип конфигурации, используется в системах VSAT (Very Small Aperture Terminal — терминал со сверхмалой апертурой луча).

3. Распределение пропускной способности – частное разделение

Категории распределения:

- Множественный доступ с частотным разделением (FDMA)
- Множественный доступ с временным разделением (TDMA)
- Множественный доступ с кодовым разделением (CDMA)

3. 1. Уплотнение с частотным разделением (FDM)



типичный план распределения частот для нисходящих каналов связи

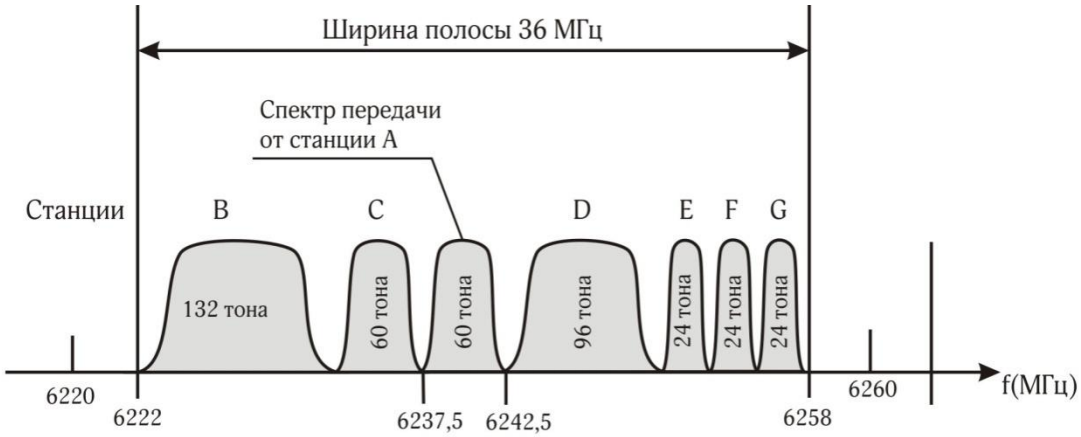
3. 2. Множественный доступ (FDMA)

Две формы FDMA:

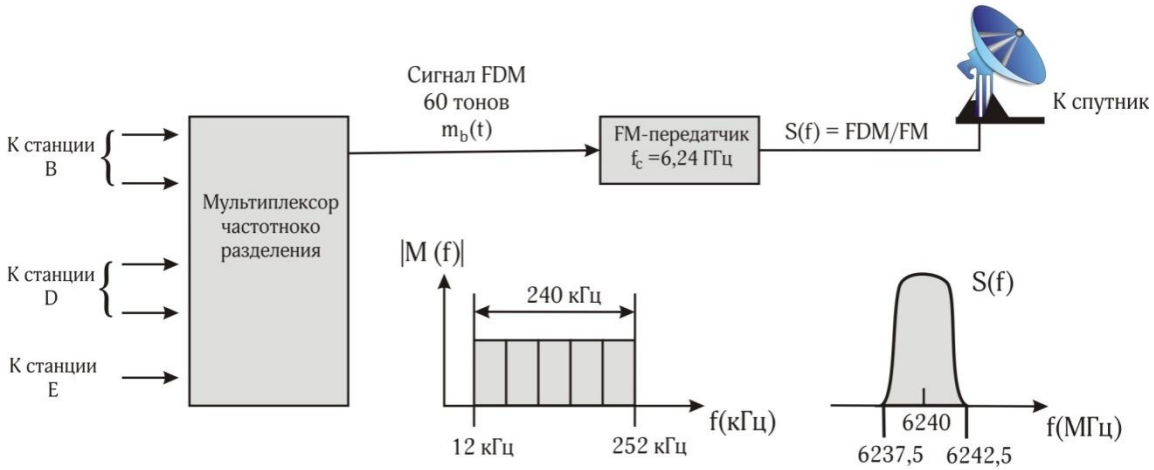
- Множественный доступ с фиксированным распределением.(FAMA)

- Множественный доступ с распределением по запросу.(DAMA)

3. 2.1. FAMA-FDMA



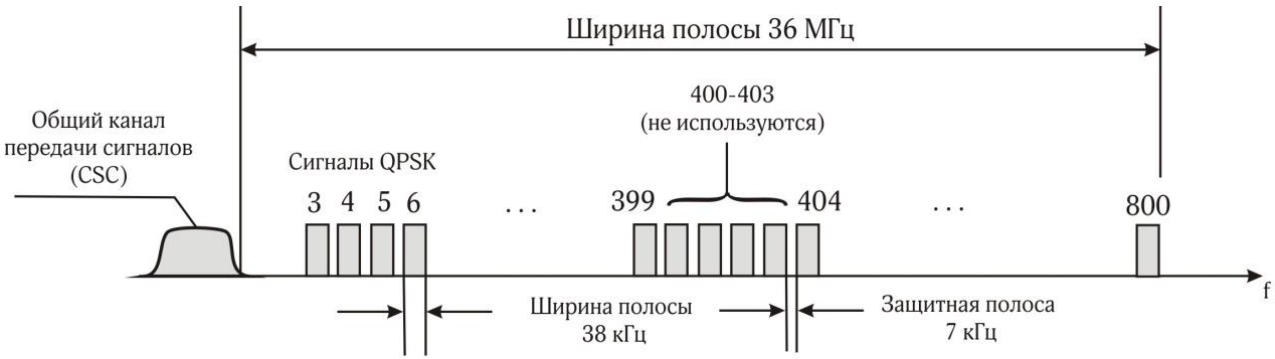
а) Распределение частот в восходящем канале транспондера



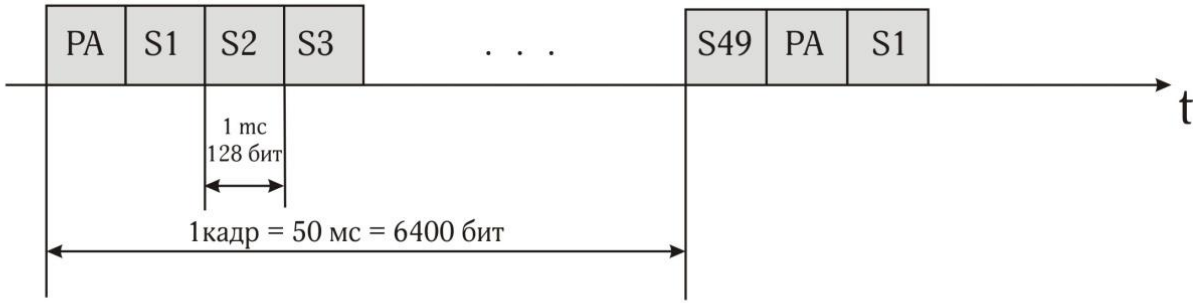
б) Передающее оборудование наземной станции А

- Терминн **FAMA** отражает тот факт, что между станциями наперед заданы логические связи.
- **FDMA** - множество станций имеют доступ к спутниковой связи, используя при этом разные полосы частот.
- Спутник не выполняет функции коммутатора, на нем происходит только прием сигналов в пределах этого спектра, их преобразование в полосу и повторная передача.

3. 2.2. DAMA-FDMA



а) Распределение частот



б) Формат кадра TDMA CSC

❖ В канале выделяется набор подканалов, рассматриваемых в качестве резерва связи. Если требуется установить полнодуплексную связь между двумя наземными станциями, из резерва выделяется пара подканалов.

❖ Выделение каналов по требованию осуществляется наземной станцией с помощью канала CSC.

❖ CSC – общий канал передачи сигналов шириной 160 кГц, по которому передается сигнал PSK со скоростью 128 Кбит/с.Этот канал используется для передачи повторяющихся кадров TDM.

4. Распределение пропускной способности – временное разделение

Преимущества:

- Непрерывное падение стоимости цифровых составляющих

- Преимущества цифровых методов обработки, включая возможность исправления ошибки.

- Повышеная эффективность схем TDM, которая обусловлена отсутствием комбинационных помех

4. Распределение пропускной способности – временное разделение

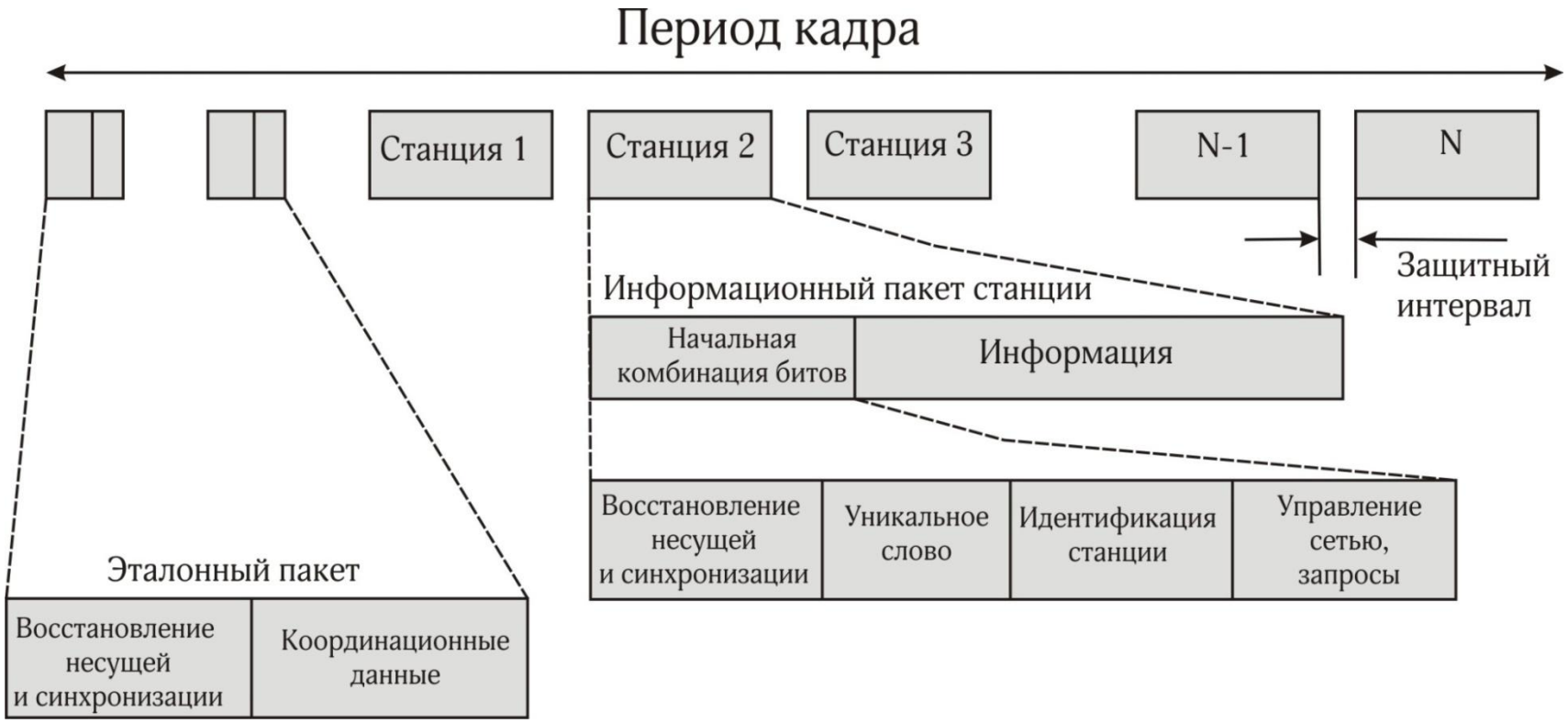
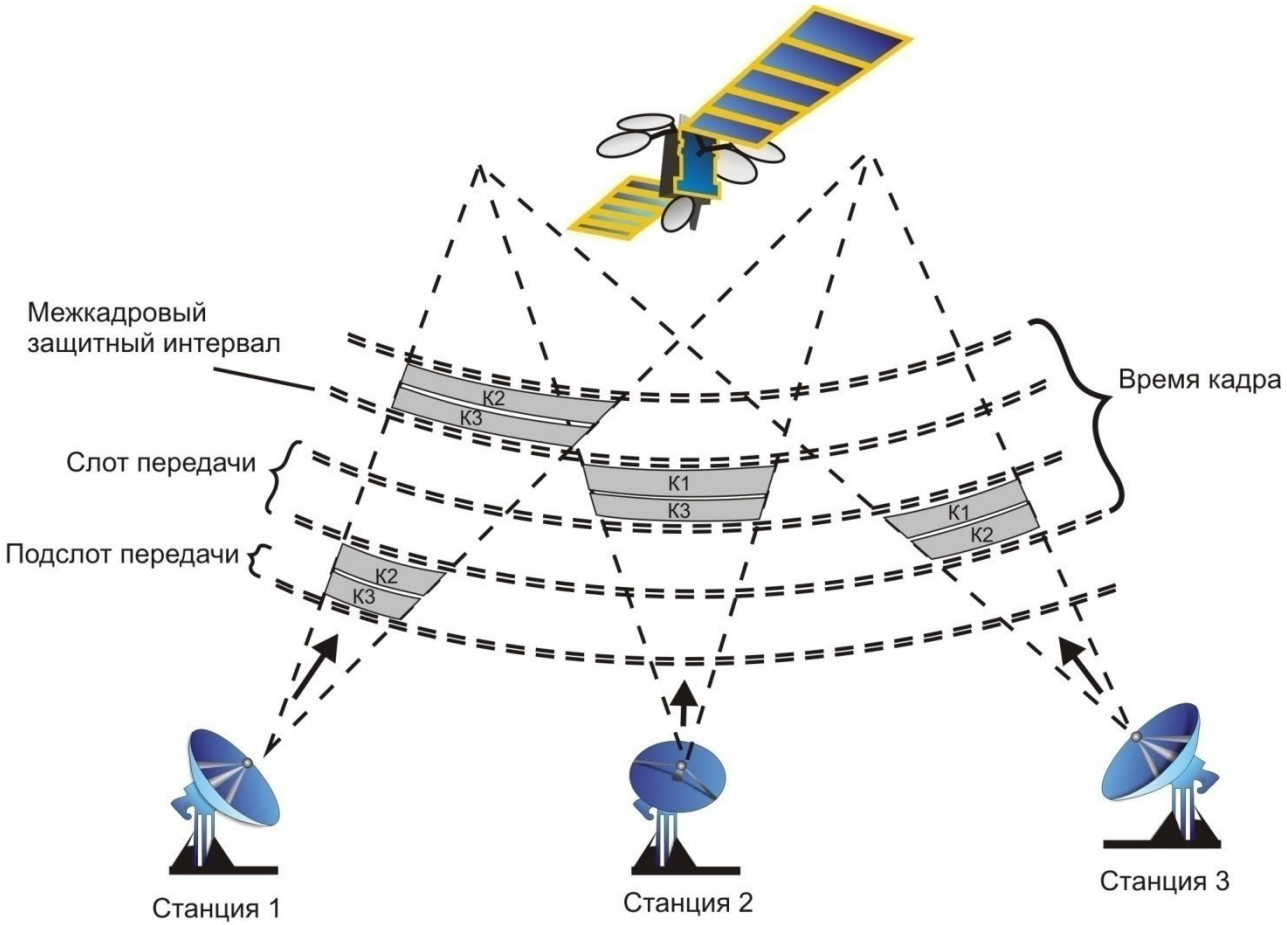


Рис. Пример формата кадра TDMA

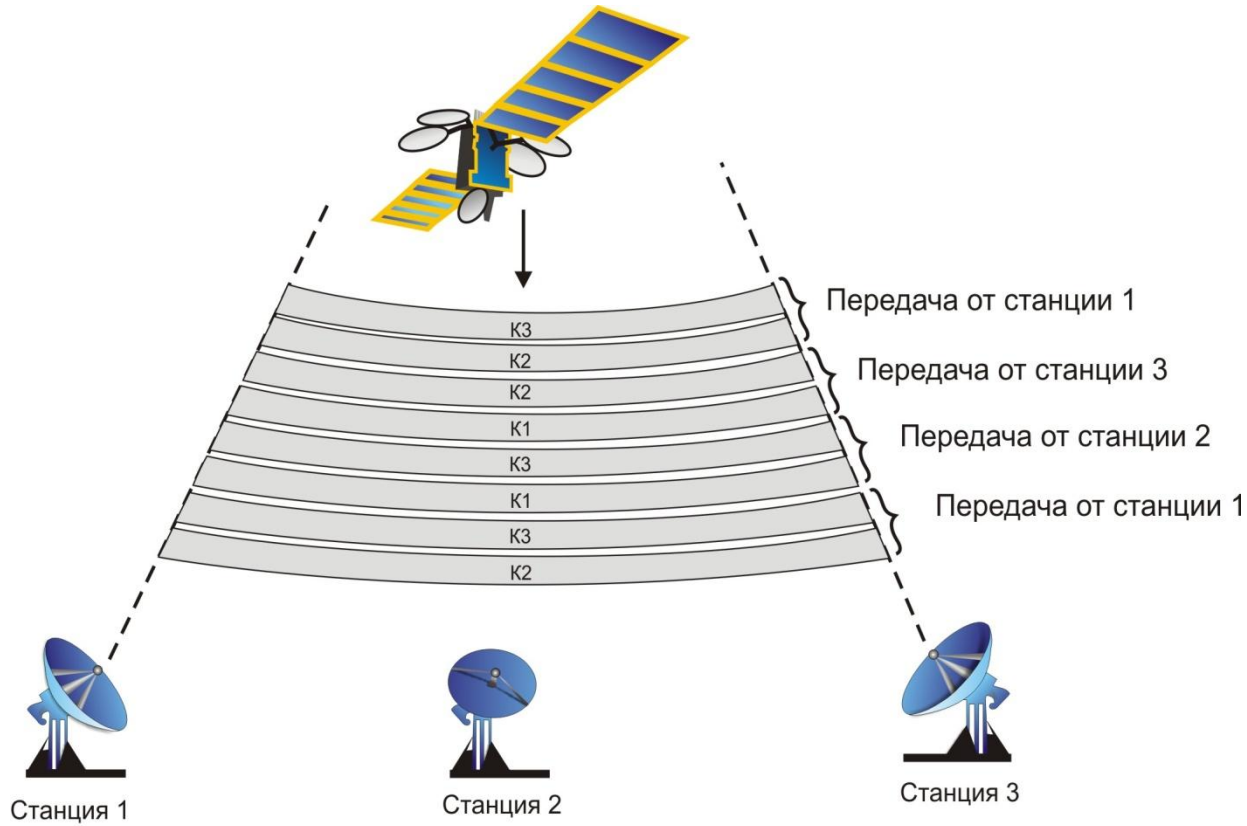
4. Распределение пропускной способности – временное разделение. FAMA-TDMA



а) Восходящий канал связи

- Отдельные наземные станции по очереди используют восходящий канал связи и могут помещать пакеты данных в выделенные для них временные интервалы. Спутник ретранслирует входящие данные всем станциям.

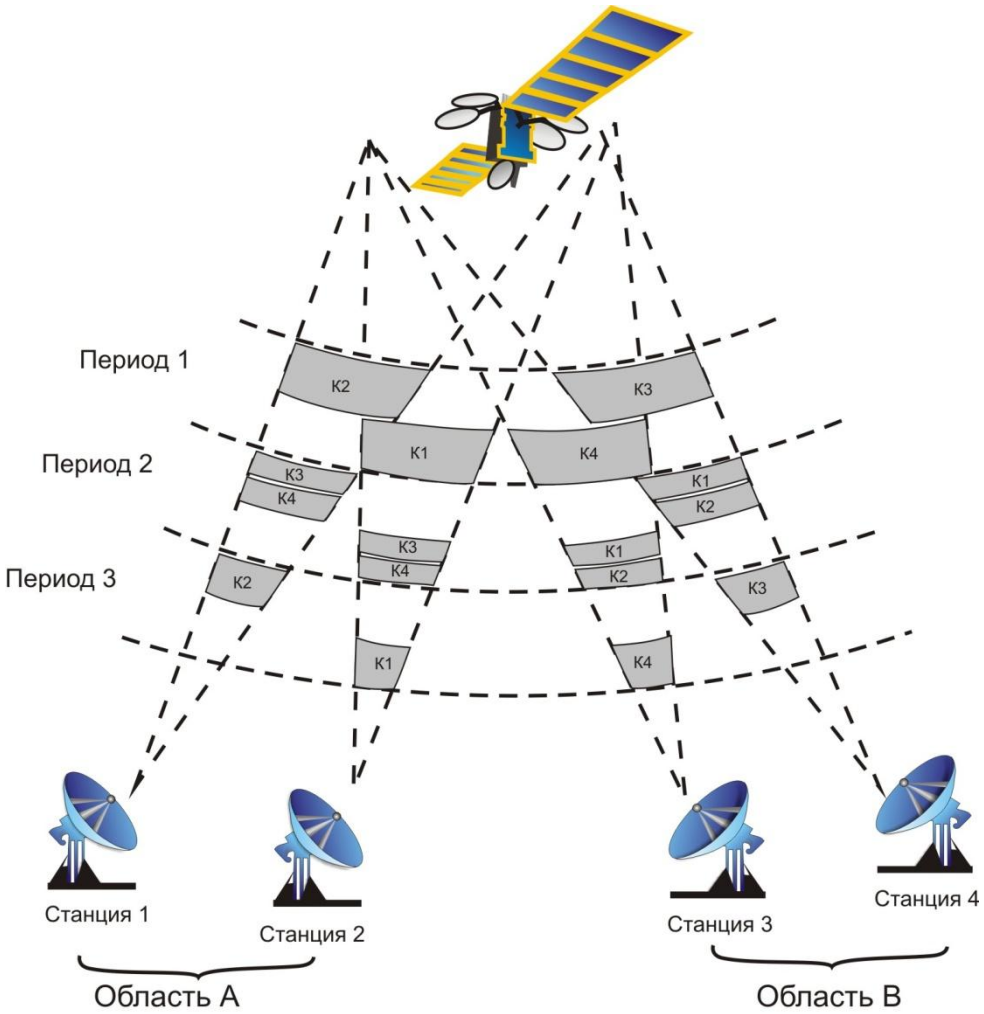
4. Распределение пропускной способности – временное разделение. FAMA-TDMA



б) Нисходящий канал связи

- Каждый из повторяющихся временных интервалов является каналом и не зависит от других каналов. Поэтому его можно использовать любым способом.
- Схема TDMA эффективней традиционной схемы FDMA, так кат на защитные интервалы TDMA расходуется меньшая пропускная способность, чем на защитные полосы FDMA.

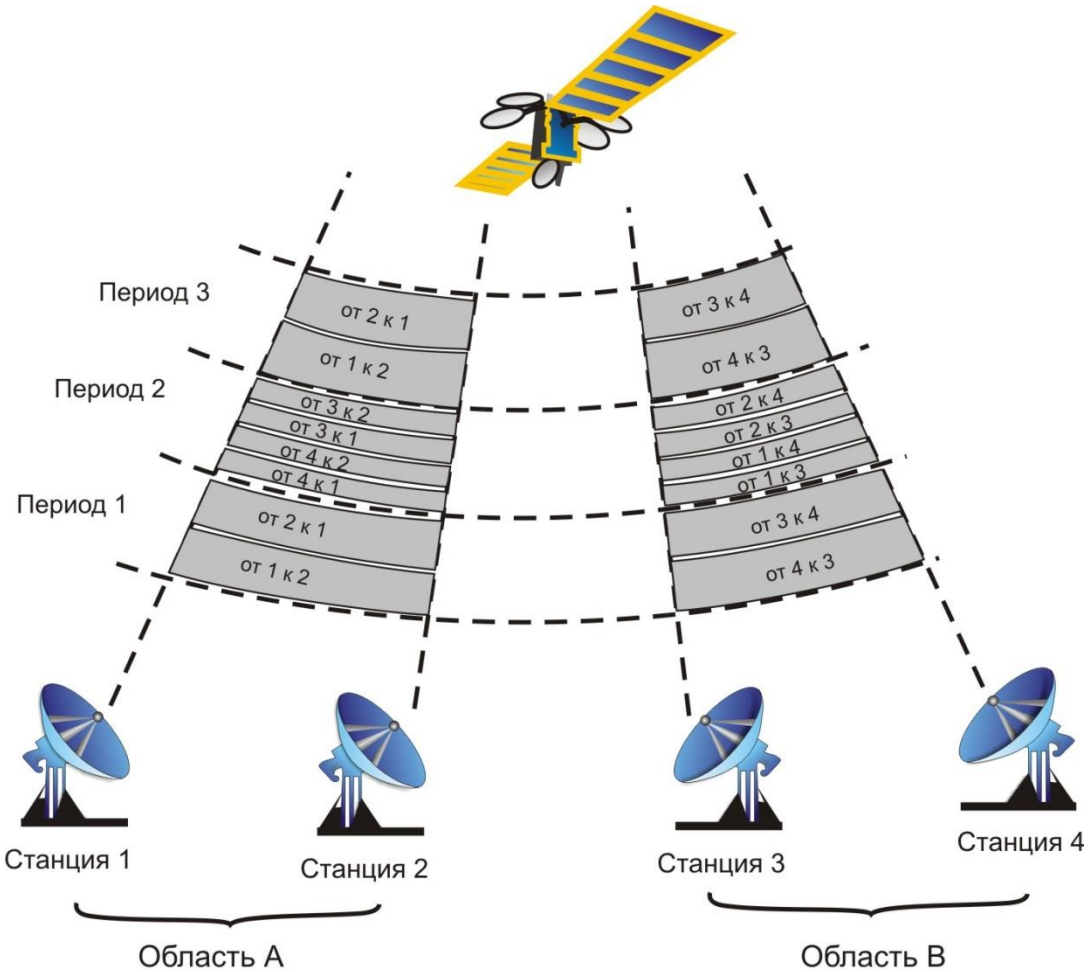
4. Распределение пропускной способности – временное разделение. SS/TDMA



а) Восходящий канал связи

- Как и в обычной схеме TDMA, в пределах одной зоны в каждый момент времени передавать может только одна станция. На спутнике принимаемые данные тут же ретранслируются на частоте нисходящего канала связи. При этом используются два различных нисходящих луча.

4. Распределение пропускной способности – временное разделение . SS/TDMA



б) Нисходящий канал связи