

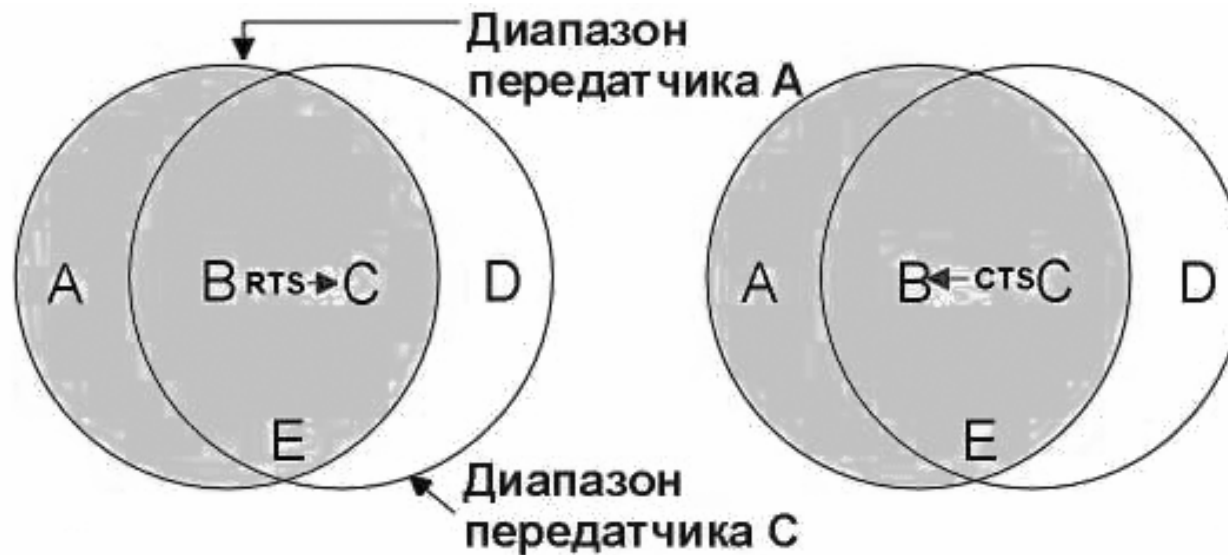
# Стандарты беспроводных локальных сетей (WLAN) 802.11

- *Прототипы* имели следующие характеристики:
  - Рабочие частоты 2.4 - 2.4835 ГГц (ISM-диапазон)
  - 4FSK/2FSK (Frequency Shift Keying), FHSS модуляции (FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum, расширение спектра скачкообразной сменой частоты)
  - Мощность передатчика 10мВт-1Вт
  - Пропускная способность сети 2 Мбит/с
- *Стандарты* группы IEEE 802.11:
  - работа в нелицензируемых (в США) частотных диапазонах 2,4-2,4835 (ISM-диапазон); 5,15-5,35 и 5,725—5,825 ГГц (UNII-диапазоны). В России требуется оформление.
  - 802.11b (2,4 ГГц, 11 Мбит/с), на физическом уровне DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
  - 802.11a(5..6 ГГц, 54 Мбит/с), на физическом уровне OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
  - 802.11g (2,4ГГц, 54 Мбит/с), на физическом уровне метод OFDM

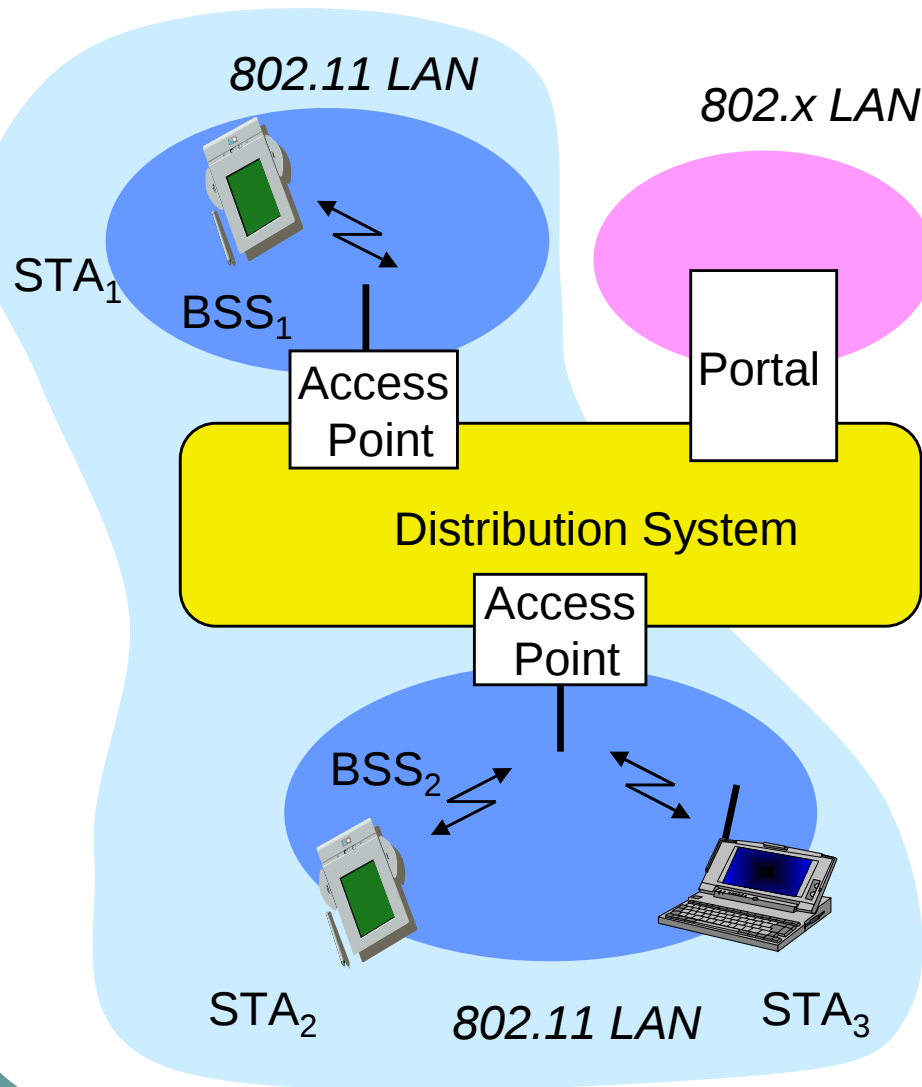
# Протоколы беспроводных сетей

## MACA MACAW

- Основой для серии стандартов для беспроводных сетей IEEE 802.11 послужил протокол MACA (Multiple Access with Collision Avoidance) 1990
- CSMA/CA реализуется через т.н. «распределенную функцию координации» - DCF (Distributed Coordination Function)
- Дополнительно могут использоваться методы MAC: точечная функция координации PCF (Point Coordination Function); кадры готовности RTS/CTS
- Контроль несущей осуществляется с помощью двух методов: проверки уровня принимаемого сигнала и виртуальной функции контроля несущей, вектора распределения сети NAV (Network Allocation Vector)



# 802.11 – Архитектура «инфраструктурной» сети



## Station (STA)

- терминал с доступом к среде и точке доступа (Access Point)

## Basic Service Set (BSS) или ESS

- группа станций, использующая один частотный диапазон, сота.

## Access Point

- станция связанная с LAN и с распределительной системой. Базовая станция.

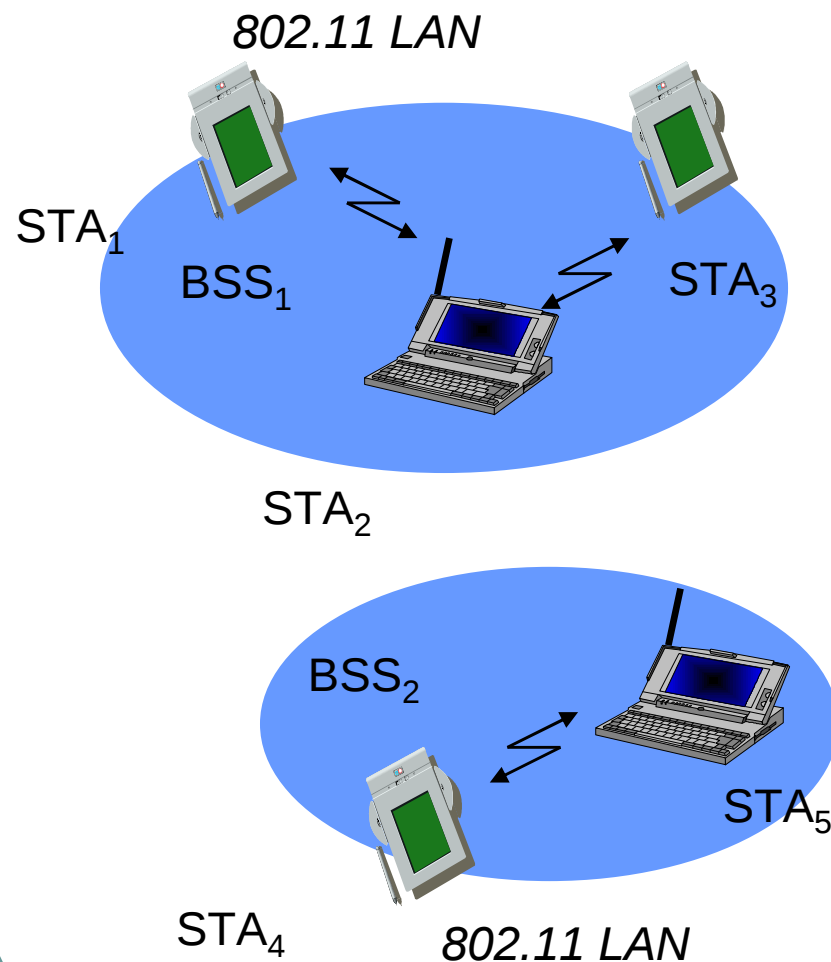
## Portal

- мост в другую беспроводную сеть

## Distribution System

- коммуникационная сеть, интегрирующая все средства в одну логическую сеть

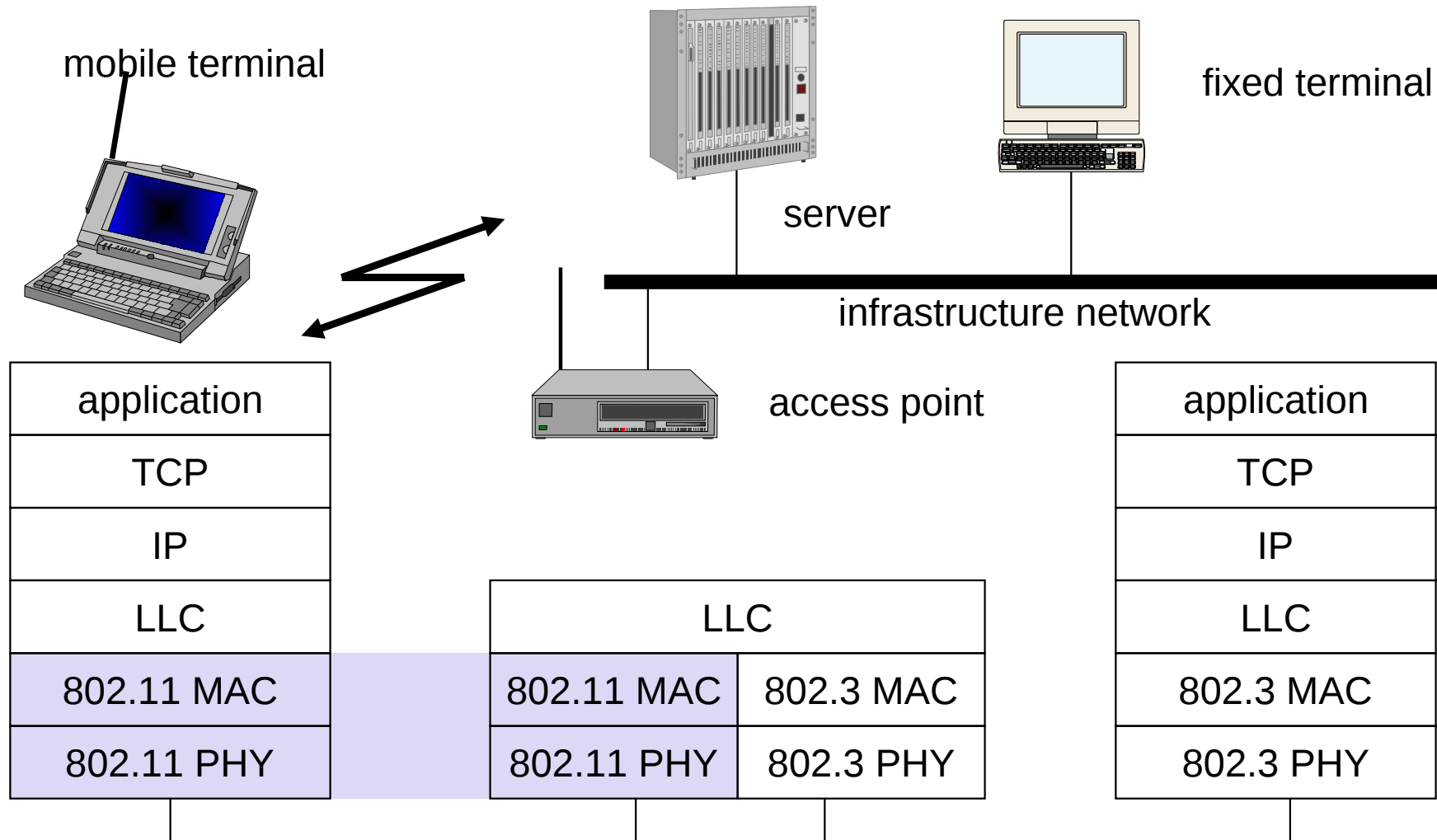
# 802.11 - Архитектура «ad-hoc» сети



■ Прямое соединение в непосредственной близости:

- Station (STA)
  - терминал с доступом к среде и точке доступа (Access Point)
- Basic Service Set (BSS) или IBSS
  - группа станций, использующая один частотный диапазон

# Взаимодействие уровней в IEEE802.11



# 802.11 PHY

- | метод частотных скачков, FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum (исходный для 802.11 способ)
  - | 79 каналов по 1 МГц
  - | FSK - Frequency Shift Keying 2-уровневая (1Мб/с) и 4-уровневая (2Мб/с)
- | метод прямой последовательности, DSSS Direct Sequence Spread Spectrum
  - | PSK - Frequency Shift Keying 2-уровневая (1Мб/с) и 4-уровневая (2Мб/с)
  - | 11-ти битная последовательность Баркера
  - | 14 частично перекрывающихся каналов
- | Инфракрасный диапазон
  - | ненаправленный (diffuse IR) сигнал
  - | 1 и 2 Мб/с
  - | 10м

См. также [http://www.cs.vsu.ru/~kas/doc/infonets/infonets08\\_2.pdf](http://www.cs.vsu.ru/~kas/doc/infonets/infonets08_2.pdf)

# 802.11 РНУ

- предусмотрены различные структуры для нисходящих каналов "точка - много точек" и восходящих каналов "много точек – точка"
- при передаче в восходящем направлении используется схема множественного доступа с временным уплотнением (TDMA), дополненная алгоритмом выделения полосы пропускания по требованию (Demand Assignment Multiple Access, DAMA). Комбинация DAMA-TDMA обеспечивает динамическое выделение временных слотов отдельным логическим каналам.
- Для передачи трафика в нисходящем направлении предусмотрено два режима: один рассчитан на транспортировку непрерывных потоков (аудио и видео), а другой - трафика переменной интенсивности (IP-пакеты). В первом случае для доступа к логическому каналу используется алгоритм временного мультиплексирования (TDM), во втором случае применяется схема DAMA-TDMA.

См. также [http://www.cs.vsu.ru/~kas/doc/infonets/infonets08\\_2.pdf](http://www.cs.vsu.ru/~kas/doc/infonets/infonets08_2.pdf)

# Беспроводные коммуникации для персональных компьютерных сетей (пикосетей)

- PAN – Personal Area Network
- Рабочая группа 802.15 IEEE, проводит открытую стандартизацию систем беспроводных коммуникаций для PAN
- IEEE 802.15.1, Bluetooth
- IEEE 802.15.3, UWB - ultra-wideband , использование сверхширокополосных сигналов, см.:

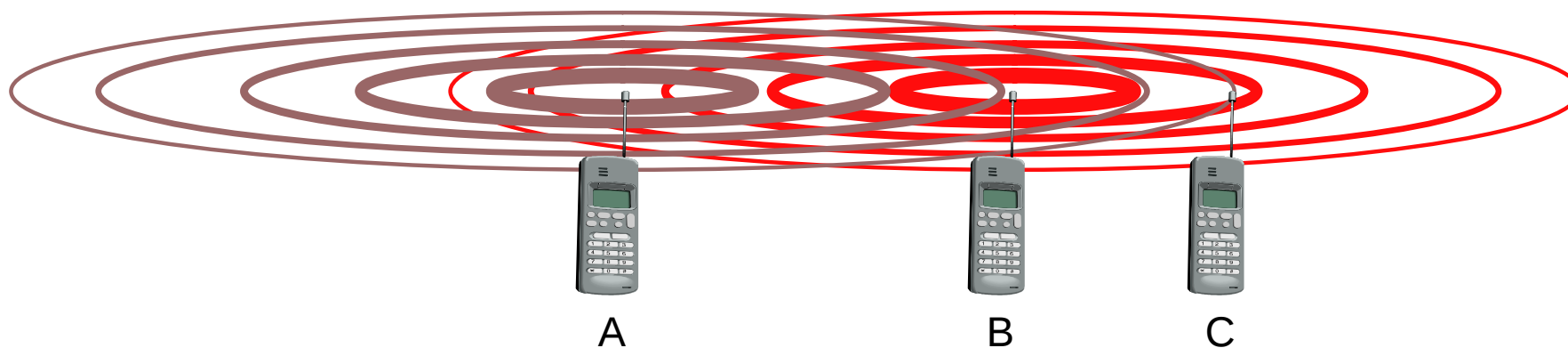
[http://www.cs.vsu.ru/~kas/doc/infonets/infonets08\\_3.pdf](http://www.cs.vsu.ru/~kas/doc/infonets/infonets08_3.pdf)

# IEEE 802.15.1, Bluetooth

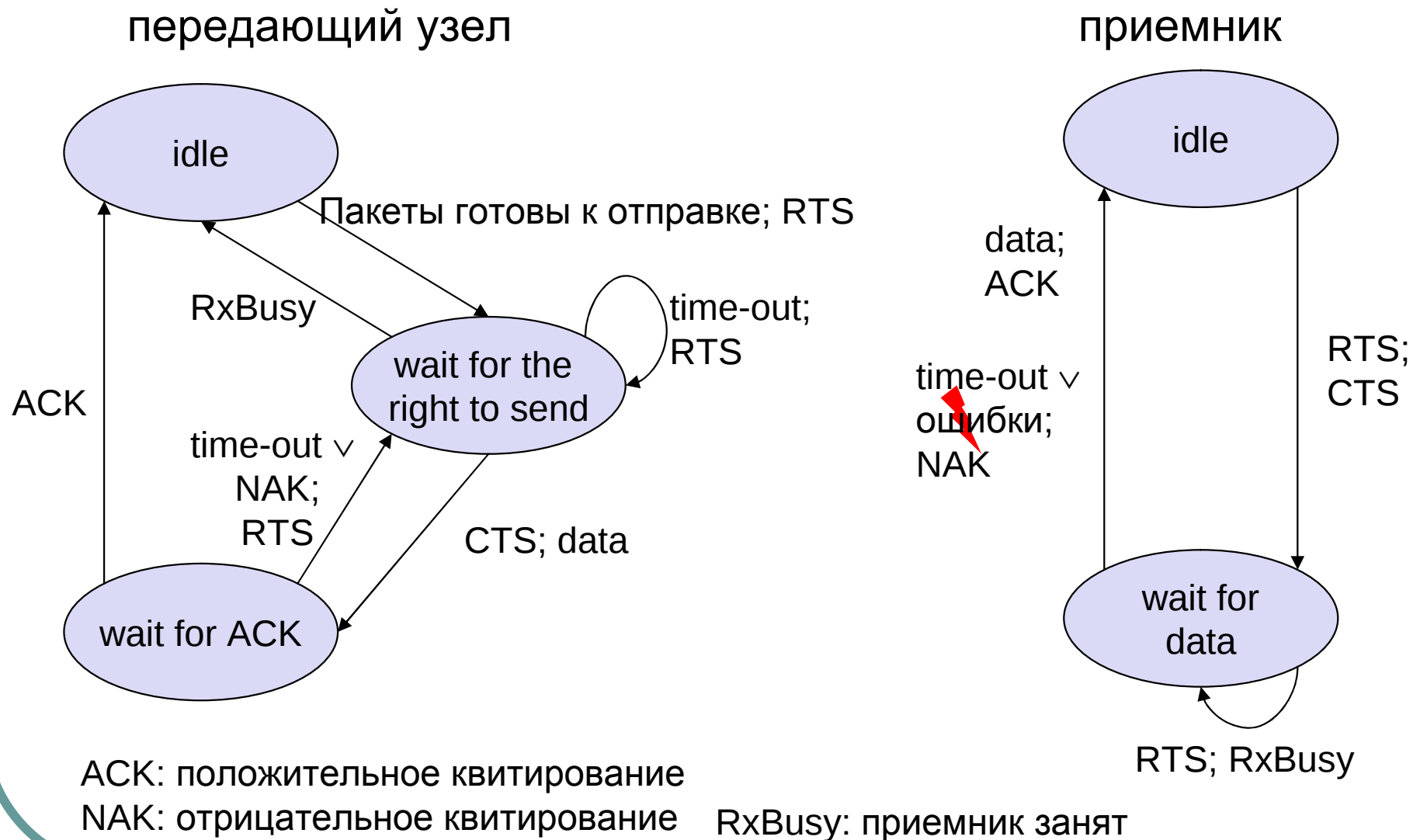
- Используемые частоты: 2,4465–2,4835 ГГц - нижний (2,45 ГГц) диапазон ISM (industrial, scientific, medical), 8 каналов
- Максимальные скорости: 723,2 кбит/с в асинхронном режиме; 433,9 кбит/с в полнодуплексном
- Изначально дальность действия радио-интерфейса определялась в 10м, (в границах одной комнаты). В настоящее время спецификациями Bluetooth определена и вторая зона - 100 м (для покрытия стандартного дома или вне его).
- Используются сигналы с расширением спектра путем скачкообразной перестройки частоты (FHSS) по псевдослучайному закону со скоростью 1600 перкл./с

- Проблемы использования CSMA/CD в беспроводных сетях
  - затухание сигнала, пакет может быть не принят даже при отсутствии коллизии
  - CD может не работать, т.к. отправитель может не слышать коллизии
  - CS может также не работать, если терминал «скрыт», т.е. не слышит передачи

# Скрытые терминалы



# MAC 802.11 (DFWMAC) с использованием кадров готовности



# Беспроводная «последняя миля»

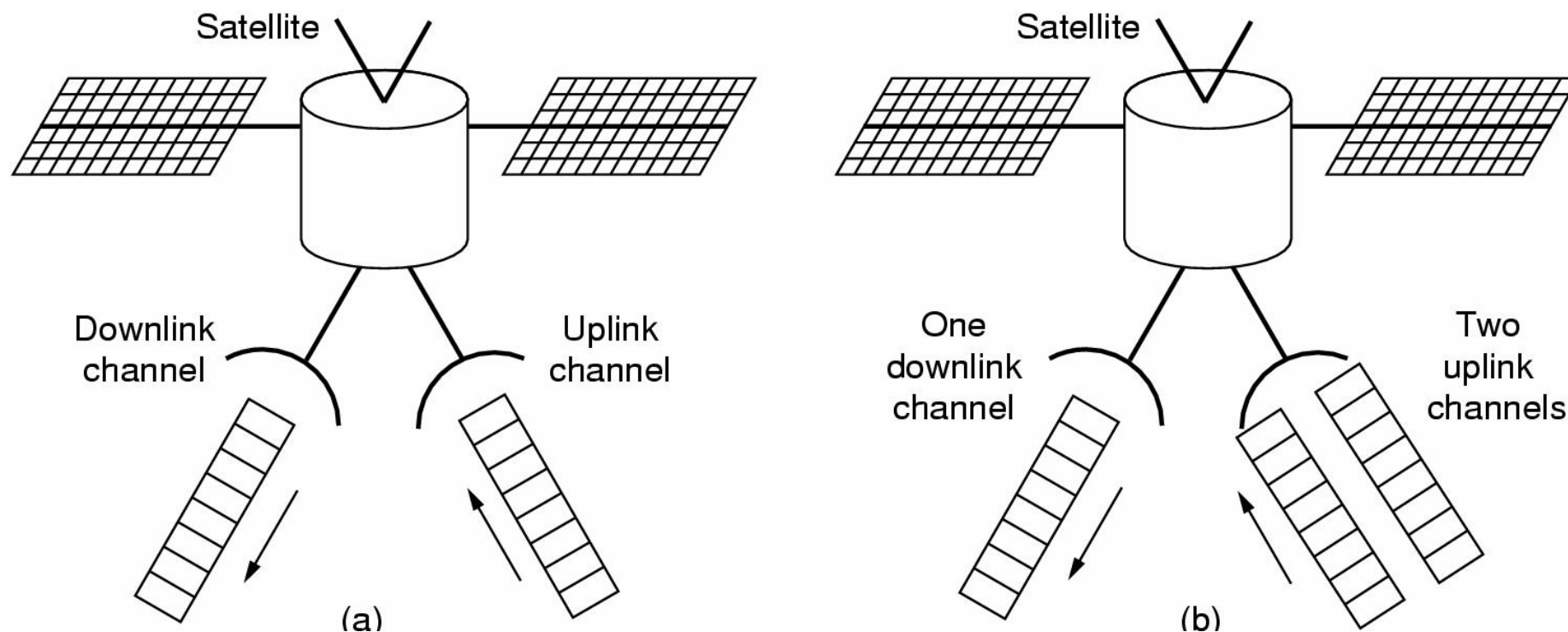
## Wireless Local Loop, WLL. 802.16

- IEEE 802.16 представляет собой рассчитанную на внедрение в городских беспроводных сетях технологию, которая обеспечивает беспроводное подключение к Интернету через точки доступа стандарта 802.11
- IEEE 802.16.1, определяет радиointерфейс для систем, работающих на частотах от 10 до 66 ГГц;
- IEEE 802.16.2, регламентирует вопросы совместимости разных систем широкополосного беспроводного доступа;
- IEEE 802.16.3, определяет радиointерфейс для систем, работающих в лицензируемых диапазонах от 2 до 11 ГГц
- <http://grouper.ieee.org/groups/802/16/>

# Спутниковые сети, распределение ресурсов

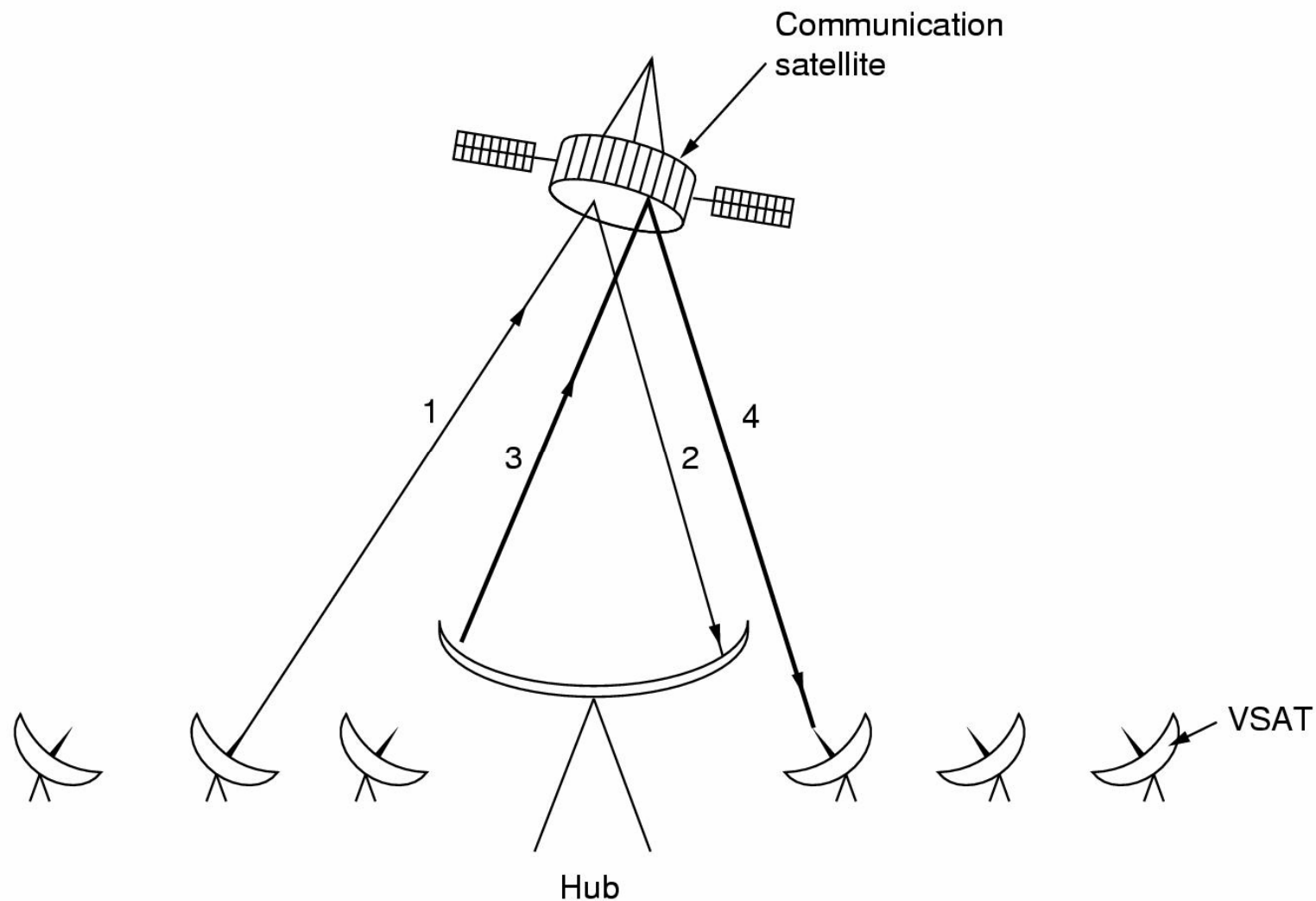
- TDM Time Division Multiplexing  
(временные слоты)
- FDM Frequency Division Multiplexing  
(частотные поддиапазоны)
- CDMA Code Division Multiple Access  
(кодированное разделение в системах с  
множественным доступом)

# Приемно-передающие тракты спутниковых систем



Одна система антенна–преобразователь–антенна называется **транспондер** (ствол). Для современных геостационарных спутников число транспондеров порядка 20-30. Кроме того, на одной позиции геостационарной орбиты может находиться несколько спутников.

# Приемно-передающие тракты спутниковых систем



# Спутниковые частотные диапазоны

| Диапазон | Нисходящие сигналы | Восходящие сигналы | Ширина полосы | Проблемы                      |
|----------|--------------------|--------------------|---------------|-------------------------------|
| L        | 1,5 ГГц            | 1,6 ГГц            | 15 МГц        | Узкая полоса; переполнен      |
| S        | 1,9 ГГц            | 2,2 ГГц            | 70 МГц        | Узкая полоса; переполнен      |
| C        | 4,0 ГГц            | 6,0 ГГц            | 500 МГц       | Наземная интерференция        |
| Ku       | 11 ГГц             | 14 ГГц             | 500 МГц       | Дождь                         |
| Ka       | 20 ГГц             | 30 ГГц             | 3500 МГц      | Дождь, стоимость оборудования |

# Затухание в атмосфере без учета дождя на линии спутник-Земля

| Угол места | Затухание в идеальной атмосфере, дБ                |           |        | Затухание в атмосфере, с учетом паров воды 5 г/м3, дБ |           |        |
|------------|----------------------------------------------------|-----------|--------|-------------------------------------------------------|-----------|--------|
|            | Диапазон (Название, средняя частота диапазона ГГц) |           |        |                                                       |           |        |
|            | С, 4                                               | Ки, 11-12 | Ка, 18 | С, 4                                                  | Ки, 11-12 | Ка, 18 |
| 0          | 1,54                                               | 2.3       | 8,0    | 2,0                                                   | 3,3       | 9,7    |
| 5          | 0,4                                                | 0,7       | 2,0    | 0,7                                                   | 1,1       | 2,8    |
| 10         | 0,2                                                | 0,38      | 1,0    | 0,5                                                   | 0,7       | 1,2    |
| 15         | 0,15                                               | 0,28      | 0.75   | 0,2                                                   | 0,35      | 1,0    |
| 20         | 0,1                                                | 0,2       | 0,6    | 0,12                                                  | 0,25      | 0,7    |
| 25         | 0,05                                               | 0,15      | 0,48   | 0,1                                                   | 0,21      | 0,6    |
| 30         | -                                                  | 0,08      | 0,37   | 0,08                                                  | 0,13      | 0,35   |
| 45         | -                                                  | 0,05      | 0,25   | 0,07                                                  | 0,11      | 0,3    |

Здесь и далее использованы материалы журнала «Спутниковая связь», Изд-во ООО Гротек.

# Шумы атмосферы без учета дождя ( $T_{атм}$ , К)

| Угол места                                                                                                      | Идеальная атмосфера, К |     |     | Атмосфера с учетом паров воды 5 г/м3, К |     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----|-----|-----------------------------------------|-----|-----|
|                                                                                                                 | Диапазон               |     |     |                                         |     |     |
|                                                                                                                 | С                      | Ku  | Ka  | С                                       | Ku  | Ka  |
| 0                                                                                                               | 78                     | 107 | 234 | 96                                      | 138 | 256 |
| 5                                                                                                               | 23                     | 39  | 96  | 39                                      | 58  | 124 |
| 10                                                                                                              | 12                     | 22  | 53  | 28                                      | 39  | 63  |
| 15                                                                                                              | 9                      | 16  | 41  | 12                                      | 20  | 53  |
| 20                                                                                                              | 6                      | 12  | 34  | 7                                       | 15  | 39  |
| 25                                                                                                              | 3                      | 9   | 27  | 6                                       | 13  | 34  |
| 30                                                                                                              | -                      | 5   | 23  | 5                                       | 8   | 20  |
| 45                                                                                                              | -                      | 3   | 15  | 4                                       | 7   | 17  |
| Примечание. При определении Татм значение термодинамической температуры на территории СНГ принято равным 260 К. |                        |     |     |                                         |     |     |

# Влияние погодных условий на BER при передаче данных

Рекомендации ITU (сокращенные данные) для спутниковых каналов Intelsat и Eutelsat:

| Вероятность ошибки на бит, более | Intelsat (SuperIBS)<br>Eutelsat (HighGradeSMS) |                  | Intelsat (BasisIBS),<br>Eutelsat (StandartSMS) |                  |
|----------------------------------|------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------|------------------|
|                                  | P <sub>м</sub> %                               | P <sub>г</sub> % | P <sub>м</sub> %                               | P <sub>г</sub> % |
| 10 <sup>-7</sup>                 | 10                                             | 4                | -                                              | -                |
| 10 <sup>-6</sup>                 | 2                                              | 0,64             | 3                                              | 1                |
| 10 <sup>-3</sup>                 | 0,2                                            | 0,04             | -                                              | -                |

Примечание 1. Вероятность ошибки 10<sup>-8</sup> гарантируется только в ясную погоду.

Примечание 2. P<sub>м</sub> и P<sub>г</sub> – отношения наблюдаемой продолжительности дождей заданной интенсивности к периодам в 1 месяц и один год.

# Распределение емкости КГ спутников связи и вещания

| Диапазон частот | В мире |      |      | В России |      |      |
|-----------------|--------|------|------|----------|------|------|
|                 | 1998   | 2001 | 2004 | 1998     | 2001 | 2004 |
| C               | 40     | 35   | 30   | 95       | 80   | 50   |
| Ku              | 59     | 64   | 53   | 5        | 20   | 50   |
| Ka              | 1      | 1    | 17   | -        | -    | ?    |

Первые в СССР геостационарные спутники связи и вещания  
и современные им зарубежные спутники

| Параметры        | Радуга | Горизонт | Intelsat-4 | Intelsat-4A |
|------------------|--------|----------|------------|-------------|
| Срок службы, лет | 3      | 3        | 5          | 7           |
| Рабочий диапазон | C      | C/Ku/L   | C          | C           |
| Число стволов    | 6      | 6/1/1    | 12         | 24          |

# Действующие спутники "Экспресс", "Горизонт" и "Ямал"

| Название КА                      | Точка стояния | Дата запуска | Принадлежность | Примечание                                                                         |
|----------------------------------|---------------|--------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Горизонт-37                      | 14° з.д.      | 15.07.1992   | ФГУП КС        | С-диапазон, 6 стволов по 34 МГц                                                    |
| Экспресс-А, № 3<br>(Экспресс-3А) | 11° з.д.      | 23.06.2000   | ФГУП КС        | С-диапазон, 11 стволов по 36 МГц, 1 ствол 40 МГц; Ки-диапазон, 5 стволов по 36 МГц |
| Стационар-12<br>(Горизонт-43)    | 40° в.д.      | 25.01.1996   | ФГУП КС        | С-диапазон, 6 стволов по 34 МГц                                                    |
| Стационар-5<br>(Горизонт-44)     | 53° в.д.      | 25.05.1996   | ФГУП КС        | С-диапазон, 6 стволов по 34 МГц                                                    |
| Экспресс-А, № 2<br>(Экспресс-бА) | 80° в.д.      | 12.03.2000   | ФГУП КС        | С-диапазон, 11 стволов по 36 МГц, 1 ствол 40 МГц; Ки-диапазон, 5 стволов по 36 МГц |
| Ямал-100                         | 90° в.д.      | 06.09.1999   | ОАО "Газком"   | С-диапазон, 10 стволов по 36 МГц                                                   |
| Стационар-6<br>(Горизонт-40)     | 96,5° в.д.    | 29.10.1993   | ФГУП КС        | С-диапазон, 6 стволов по 34 МГц                                                    |
| Экран-М, №18                     | 99° в.д.      | 07.04.2001   | ФГУП КС        | 1 активный ствол, 770 МГц                                                          |
| Экспресс-9                       | 103° в.д.     | 26.09.1996   | ФГУП КС        | С-диапазон, 10 стволов по 34 МГц                                                   |
| Стационар-7<br>(Горизонт-36)     | 140° в.д.     | 02.04.1992   | ФГУП КС        | С-диапазон, 6 стволов по 34 МГц                                                    |
| Стационар-16<br>(Горизонт-45)    | 145° в.д.     | 07.06.2000   | ФГУП КС        | С-диапазон, 6 стволов по 34 МГц                                                    |

по состоянию на октябрь 2001 г.

# Сравнительные данные зарубежных и отечественных спутников

| Параметр                                                | Intelsat-7 | Eutelsat-W2,<br>Eutelsat -W3 | Intelsat-9 | Экспресс-АМ (80°<br>в.д.) |
|---------------------------------------------------------|------------|------------------------------|------------|---------------------------|
| Год запуска первого спутника серии                      | 1993       | 1998                         | 2001       | 2003                      |
| Срок службы, лет                                        | 10,9       | 12                           | 13         | 12                        |
| Масса спутника (сухая), кг                              | 1470       | 1500*                        | 1700*      | Н.Д.                      |
| Мощность солнечных батарей в<br>конце срока службы, Вт  | 3851       | 5840                         | 7000*      | 6000                      |
| Масса полезной нагрузки, кг                             | 442        | 260 (без<br>антенн)          | 560*       | 570                       |
| Потребление полезной нагрузки, Вт                       | 2670       | 4100                         | 5300*      | 4200                      |
| Число активных стволов:<br>С-диапазон                   | 26         | -                            | 44         | 10                        |
| Ки-диапазон                                             | 10         | 24                           | 12         | 14                        |
| ЭИИМ в основной рабочей зоне,<br>дБВт: С-диапазон       | 35-40      | -                            | 35-45      | 35-42                     |
| Ки-диапазон                                             | 45-49      | 47-53                        | 47-53      | 45                        |
| Эквивалентная рабочая полоса<br>частот, МГц: С-диапазон | 1512       | -                            | 2596       | 436                       |
| Ки-диапазон                                             | 720        | 1692                         | 792        | 756                       |
| Примечание * Приблизительные данные.                    |            |                              |            |                           |

# Параметры полезной нагрузки спутников Eutelsat и SeSat

| Параметры                                      | Eutelsat-2     | Eutelsat-W        | SeSat                        |
|------------------------------------------------|----------------|-------------------|------------------------------|
| Рабочий диапазон частот, ГГц:<br>- ИСЗ-Земля   | 10,95-11,2     | 10,95-11,7        | 10,95-11,2                   |
|                                                | 11,45-11,7     | -                 | 11,45-11,7                   |
|                                                | 12,5-12,75     | 12,5-12,75        | 12,5-12,75                   |
| - Земля-ИСЗ                                    | 14-14,5        | 13-13,25 13,75-14 | 13,75-14                     |
| Число стволов                                  | 16             | 24                | 18                           |
| Полоса частот ствола, МГц                      | 36/72*         | 36/72*            | 72                           |
| Мощность передатчика, Вт                       | 50             | 90                | 95                           |
| Максимальный ЭКИМ, дБВт:<br>- широкий луч      | 49 (Widebiam)  | 49 (фиксиров.)    | 48 (фиксиров.)               |
| - узкий луч                                    | 53 (Syperbiam) | 53 (перенацелив.) | 50-51 (перенацелив.)         |
| Уровень ОД в максимуме, дБ/К:<br>- широкий луч | Н.Д.           | Н.Д.              | +4 (фиксиров.)               |
| - узкий луч                                    | Н.Д.           | Н.Д.              | +6 (перенацелив.)            |
| Поляризация                                    | линейная       | линейная          | линейная                     |
| Частоты маяка (телеметрия), МГц                | Н.Д.           | Н.Д.              | 11450,35<br>12501<br>11199,5 |

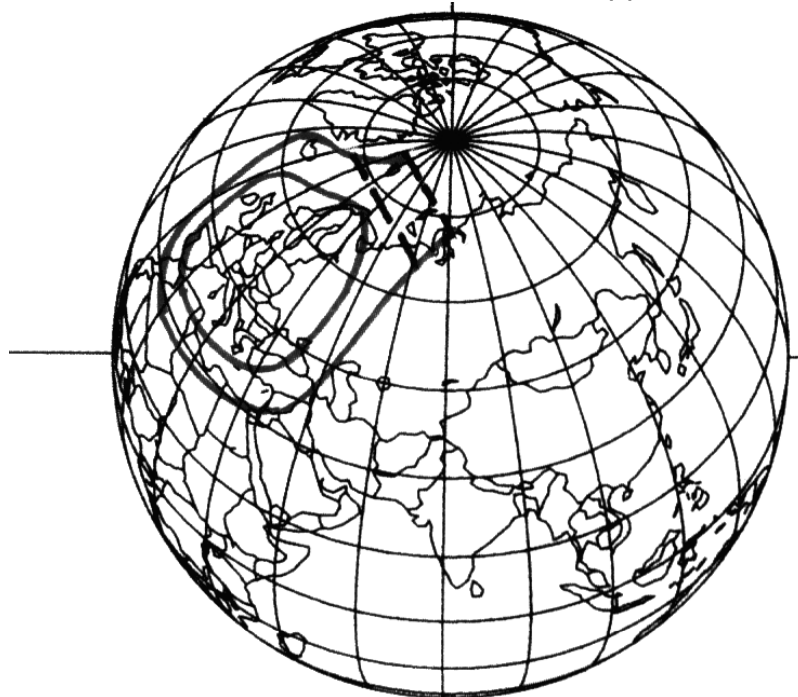
Примечания: \* для серии Eutelsat-2 - 9 стволов по 72 МГц, в Eutelsat-W4 все стволы по 33 МГц, в Eutelsat-W3 и W2 21 ствол по 36 МГц и 13 стволов по 72 МГц, Eutelsat-W1R все стволы по 72 МГц.

# Стоимость изготовления и запуска спутников Eutelsat

| Контракт                                                 | Стоимость млн дол. |
|----------------------------------------------------------|--------------------|
| Изготовление спутника - серии Eutelsat-2                 | 50                 |
| Изготовление спутника - серии Eutelsat-W                 | 115                |
| Запуск спутника серии Eutelsat-2                         | 65                 |
| Создание центров управления и мониторинга для Eutelsat-2 | 10                 |

# Рабочие зоны спутников

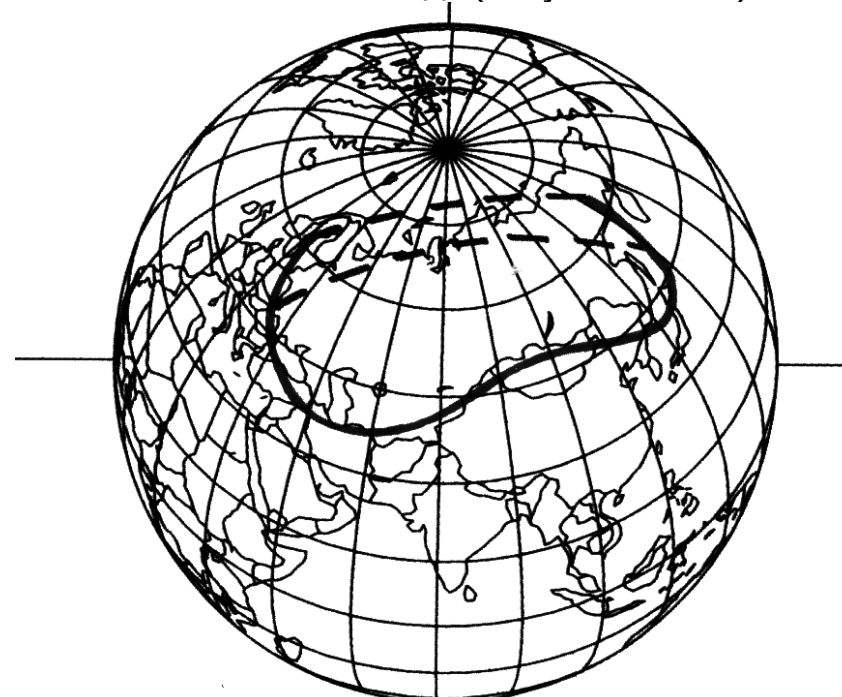
Eutelsat-W2, 16° в.д.



ЭИИМ max = 52 дБВт  
(G/T) max = +6 дБВт

Контур внешний: 45 дБВт  
внутренний 48 дБВт

Ямал-200, 90° в.д. (запуск 2003 г.)



Ки-диапазон  
ЭИИМ max = 49 дБВт

Контур 47 дБВт  
(G/T) max = +3 дБ/К

# Европейский стандарт DVB (Digital Video Broadcasting)

- Стандарт определяет
  - структуру передаваемого потока данных
  - систему канального кодирования и модуляции для мультителепрограммных служб телевидения

