

*** Сети спутникового
доступа на основе
VSAT**

VSAT (Very Small Aperture Terminal)

-малая спутниковая земная станция, то есть терминал с малой антенной, используется в спутниковой связи с начала 90-х годов.

По международной классификации к VSAT относятся спутниковые станции с антеннами диаметром менее 2,5 метров. Как правило, для VSAT применяется упрощённая процедура получения разрешений на частоты.



История развития VSAT в России:

2003 г. - начало развития рынка VSAT, связанное, во-первых, с принятием ГКРЧ решения об упрощении регистрации земных станций VSAT и, во-вторых, запуском новых спутников Экспресс AM1, Экспресс AM2, Экспресс AM11, Экспресс AM22, группировки Ямал 200 с мощными транспондерами.

2004 г. - в мире эксплуатируется более 750 тыс. терминалов VSAT, в России – 2500 единиц.

2005 г. - количество сетей VSAT в России возрастает до 30.

2006 г. - установлено более 6000 станций типа VSAT, на рынке работали более 10-ти коммерческих операторов.

2007 г. - увеличение рынка VSAT в 3 раза, связанное с началом государственных программ в 2007 году стартовали два проекта государственных программ: «Образование» и реализация Универсальной Услуги Связи.

2008 г. - торможение развития рынка VSAT, связанное с аварией на спутнике «Экспресс-AM2», а также с мировым финансовым кризисом, аварии при запуске ряда спутников

2014-2015 г.г. - запуск спутников Ka-диапазона Экспресс AM5, AM6, АМУ-1, появление сетей спутникового ШПД.

2019 г. - запуск спутника Ямал-601 с суммарной пропускной способностью (С-, Ku-, Ka-диапазоны) 30 Гбит/с, количество абонентов СШПД более 27 тыс.

Поколения VSAT-сетей.

Первое поколение - земные станции VSAT работают в C-диапазоне и только на прием, передача данных не предусмотрена.

Второе поколение - земные станции VSAT начинают поддерживать дуплексную (двухстороннюю) передачу данных, начинают работать в Ku-диапазоне.

Третье поколение - характеризуются малым диаметром антенн (1,2м и менее), работают исключительно в Ku-диапазоне.

Четвертое поколение - работают в Ku- и Ka-диапазонах и обеспечивают скорость до нескольких мегабит в секунду, размер антенн (в Ka-диапазоне) составляет, примерно, 70 см, а цена находится в пределах 300-500 долларов.

Диапазоны частот, используемые спутниковой системой передачи VSAT:

Название диапазона	Частота, ГГц	Начало освоения	Типичная ЭИИМ в центре луча, дБВт	Диаметр антенны VSAT, м	Доступный для использования ресурс, МГц
С-диапазон	4/6	Середина 60-х гг.	40	2,5	500
Ки-диапазон	11/14	Середина 80-х гг.	50	1,8	500
Ка-диапазон	19-20/28-29	Начало 2000-х гг.	60+	0,8	3500

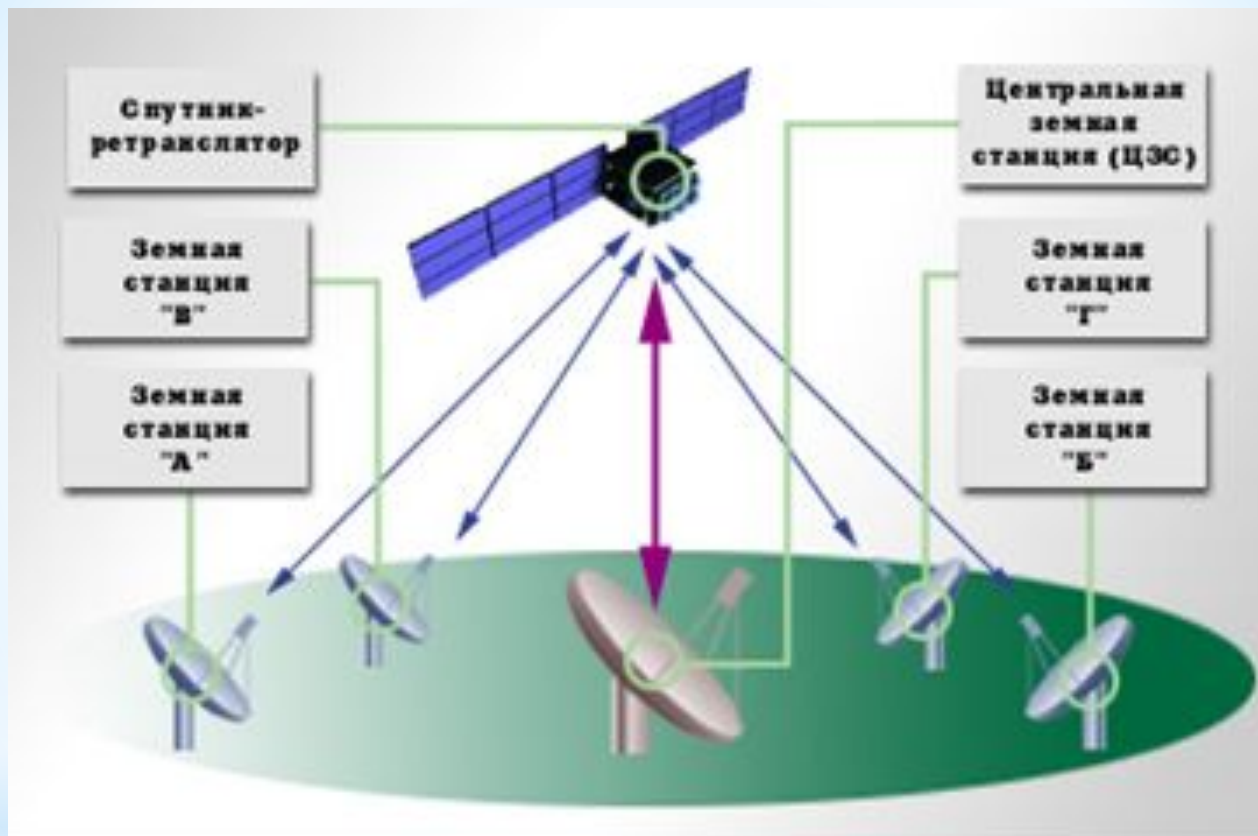
Типовая сеть VSAT состоит из:

- спутник связи на геостационарной орбите (ГСО);
- центр управления сетью (ЦУС) компании-оператора сети VSAT (HUB или хаб);
- спутниковые клиентские терминалы.

Применяют две топологии построения VSAT-сетей:

- «Звезда» (Star), где каждая станция соединена с хабом;
- «Каждый с каждым» (Mesh).

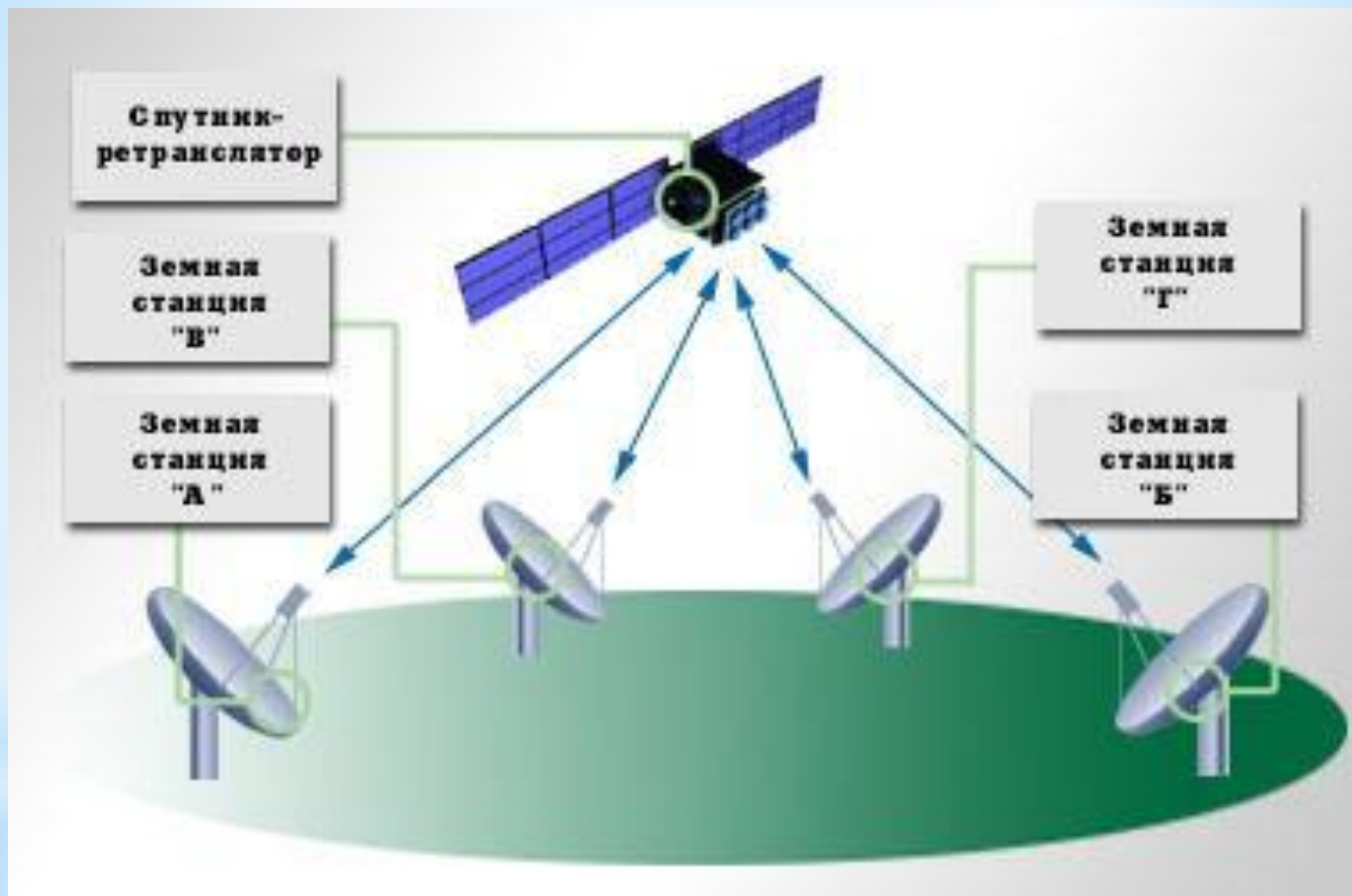
Топология типа «звезда» (Star)



В сети Звезда сигнал от одного терминала к другому два раза проходит путь от терминала до ГСО, запаздывание составляет 1,2 с - так называемый двойной скачок.

Существуют приложения, чувствительные к двойному скачку, например передача голоса или управление объектом в реальном времени.

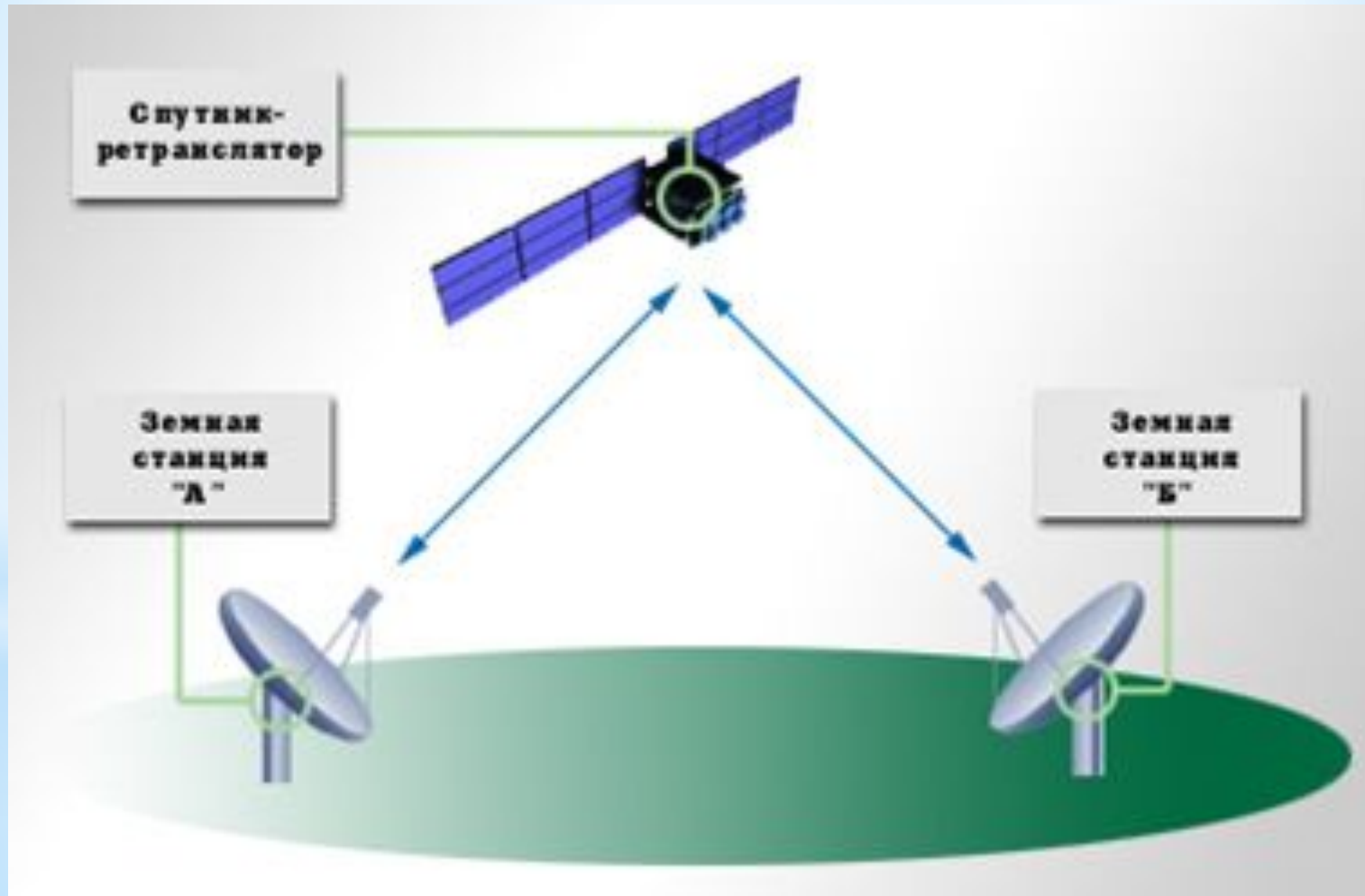
Топология «каждый с каждым» (Mesh)



В сети Mesh орбитальное запаздывание составляет 0,6 с, станции для сети такой топологии стоят дороже, поскольку фактически станция является хабом.

Магистральные линии VSAT

Магистральные линии VSAT, например между хабами, строятся по топологии «точка-точка» (однократный доступ):



способы передачи информации в ССС

В спутниковой связи используют несколько способов передачи информации.

- **SCPC** (Single Channel Per Carrier) - ОКН (один канал на несущую), на одной несущей частоте передаётся один канал;
- **MCPC** (Multi Channel Per Carrier) - НКН (несколько каналов на несущую), на одной несущей частоте передаётся

несколько предварительно мульти-каналов;

плексированных

SCPC (ОКН) самый дорогой по земному сегменту и самый неэффективный с точки зрения использования спутникового ресурса.

Способы организации многостанционного доступа.

В ССС используют частотные и временные методы разделения каналов.

Частотные - FDM (Frequency Division Multiple)

- **FDMA** (Frequency Division Multiple Access) – МДЧР, множественный доступ с разделением по частоте (каждой станции сети выделяется своя пара частот – приём/передача).

Временные – TDM (Time Division Multiple)

- **TDMA** (Time Division Multiple Access) – МДВР, множественный доступ с разделением по времени. Абонентские станции передают информацию на хаб в чётко назначенные промежутки времени, от количества таких тайм-слотов, выделяемых хабом каждой VSAT, зависит выделяемая полоса и, соответственно, скорость.

Комбинированные, т.е. частотно-временные

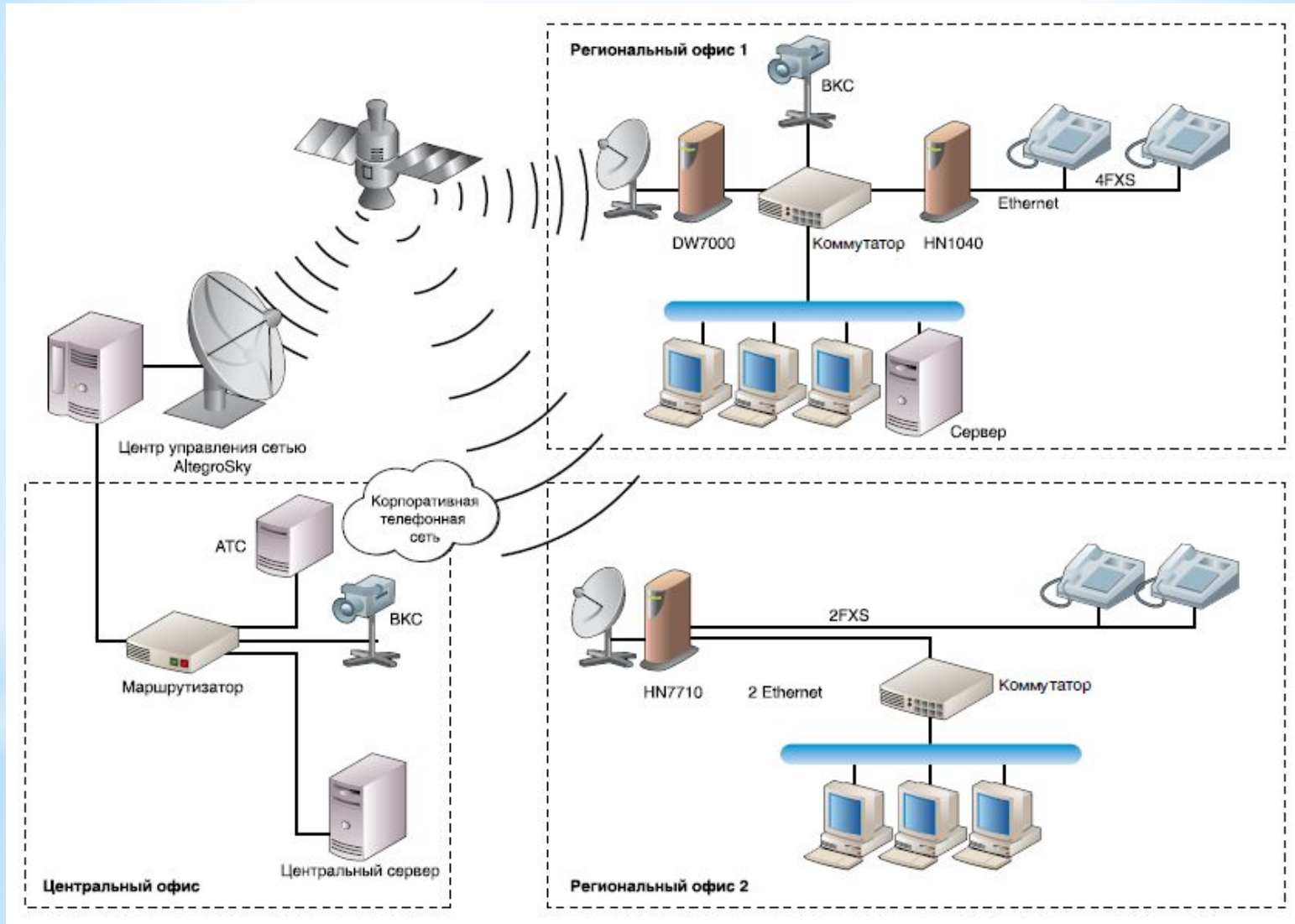
- **FTDMA** (Frequency/Time DMA) – используются во VSAT для организации обратных каналов;

- **MF TDMA** (Multi-Frequency TDMA) – многочастотный поочерёдный доступ. Общий частотный канал разбивается на несколько маленьких подканалов. Абонентский терминал включается в определённый тайм-слот и во время включений меняет частоту, выходя на свободный подканал.

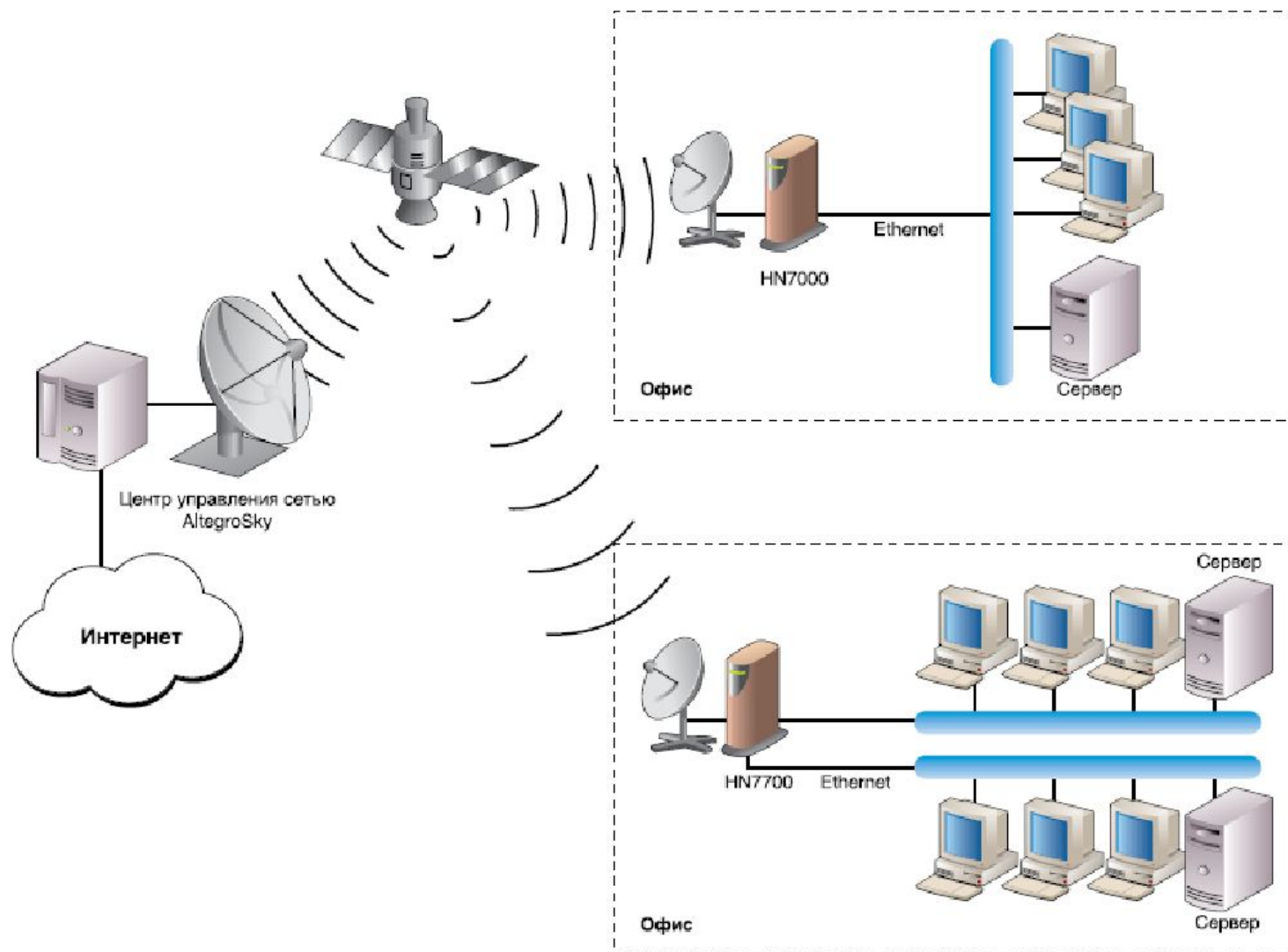
Использование VSAT:

- Интернет через спутник;
- Дистанционное обучение;
- Сельская связь;
- Телемедицина;
- Служба чрезвычайных ситуаций;
- Национальные и международные сети;
- Широкополосная передача данных;
- Широковещательные радио- и ТВ-службы;
- Службы правительственных организаций;
- Корпоративные телекоммуникационные сети;
- Службы расширения инфраструктуры ТфОП;
- Службы рассылки новостей.

Организация корпоративной ЛВС:



Организация доступа в Интернет



Мобильный VSAT:

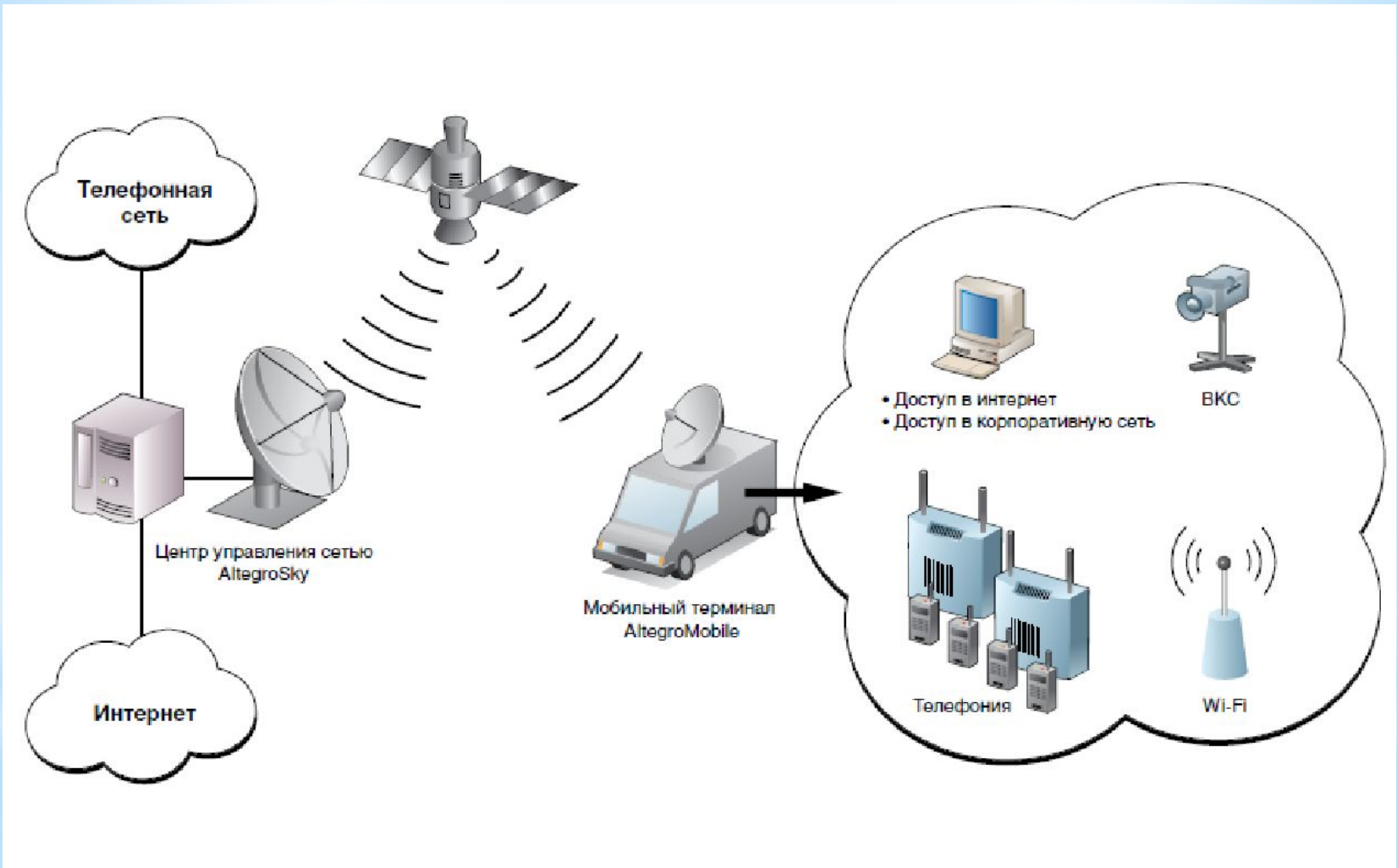
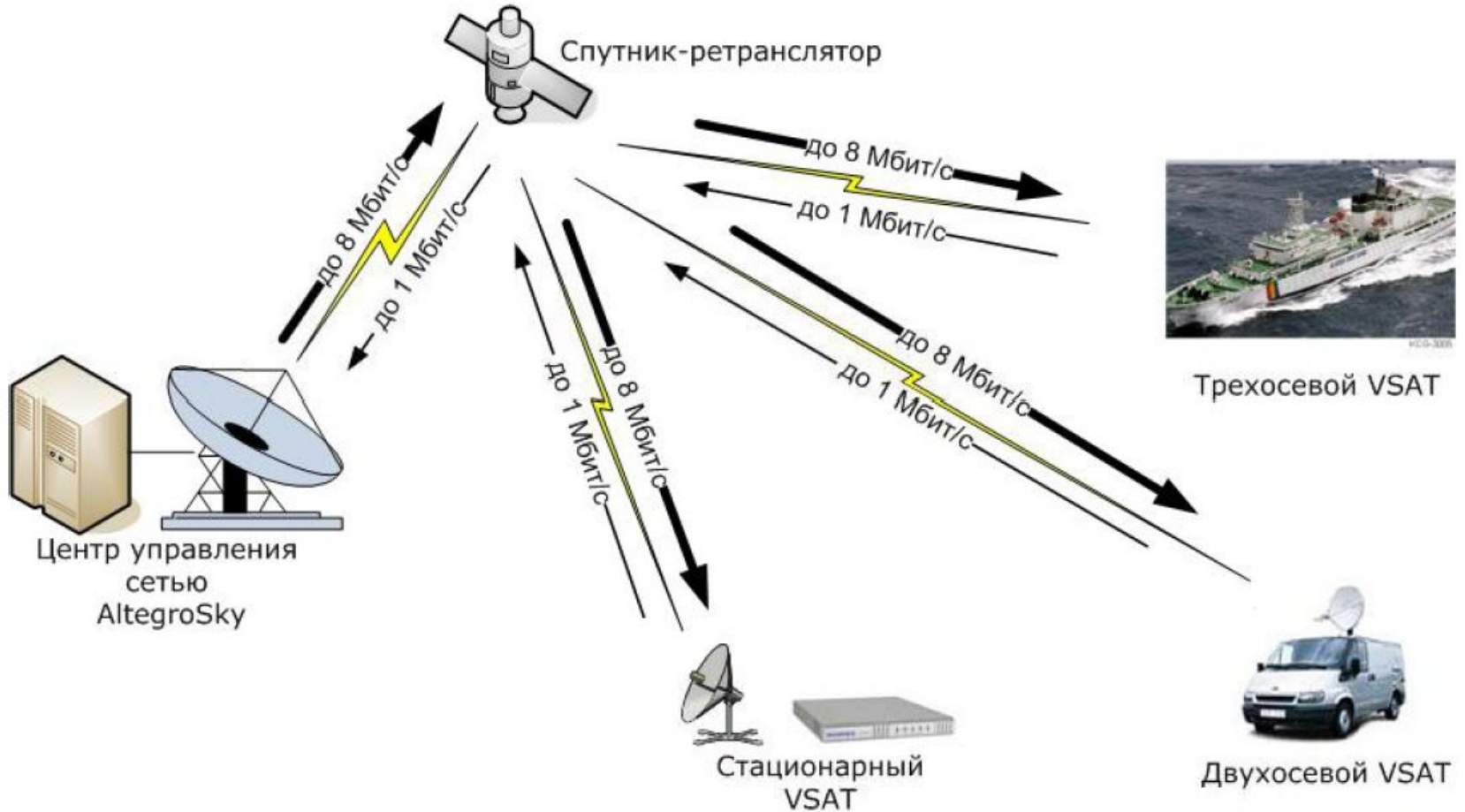


Схема связи через VSAT



Стационарный и мобильный антенные посты VSAT



Стационарный

Низкая стоимость

Для монтажа необходим подготовленный персонал

Время развертывания – около 1 часа.



Мобильный двухосевой

Двухосевая стабилизированная антенна.

Максимальное удобство.

Технология one button – достаточно нажать одну кнопку-остальное делает автоматика.

Время развертывания – до 5 мин.



Антенный пост VSAT для речных и морских судов



Трехосевая стабилизированная антенна.

DVB приемник наведения L-диапазона

Блок управления автополяризацей
с режимом слежения, ручного и
программного наведения

Угол места от -20° до 100°

Скорость отслеживания 90° в секунду

Система поддержания рабочей температуры внутри
РПУ с точностью $\pm 3^{\circ}$ при температуре окружающей
среды – 55°

Универсальный интерфейс NMEA-0183 для
сопряжения с судовыми аналоговыми и
цифровыми гирокомпасами



Мобильный VSAT для судов



Инновационная разработка компании Hughes Network Systems в области спутниковой связи – платформа НХ в сочетании с трехосевой геостабилизированной антенной позволяет создать уникальный по производительности и функциональным возможностям спутниковый терминал класса VSAT для подвижных объектов.

Спутниковый терминал на базе НХ позволяет строить сети связи произвольной топологии – «звезда», «вложенные звезды», «каждый с каждым».

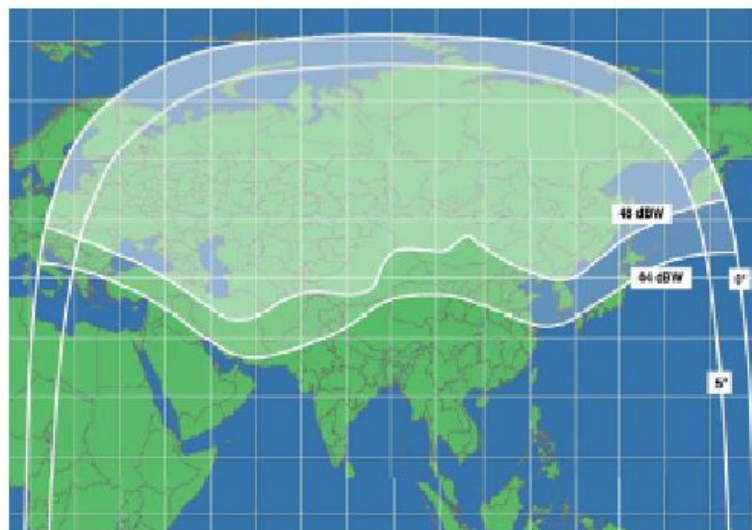
Пропускная способность канала может составлять до **8 Мбит/с** на прием и до **1 Мбит/с** на передачу.



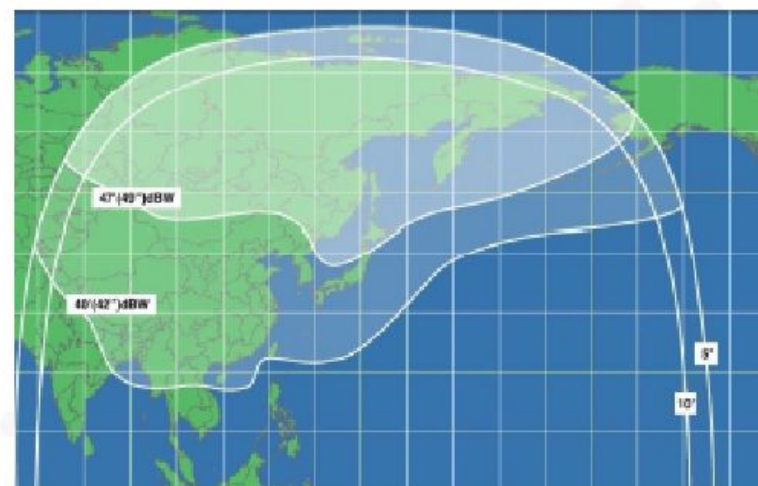
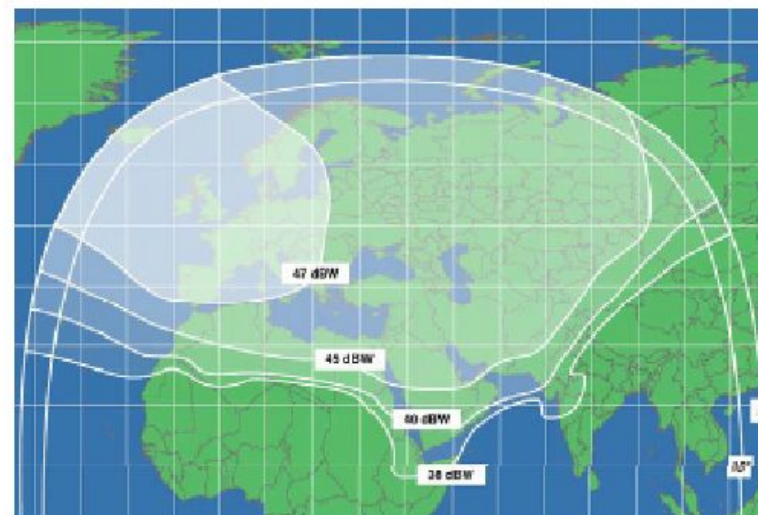
Зона предоставления услуг AltegroSky



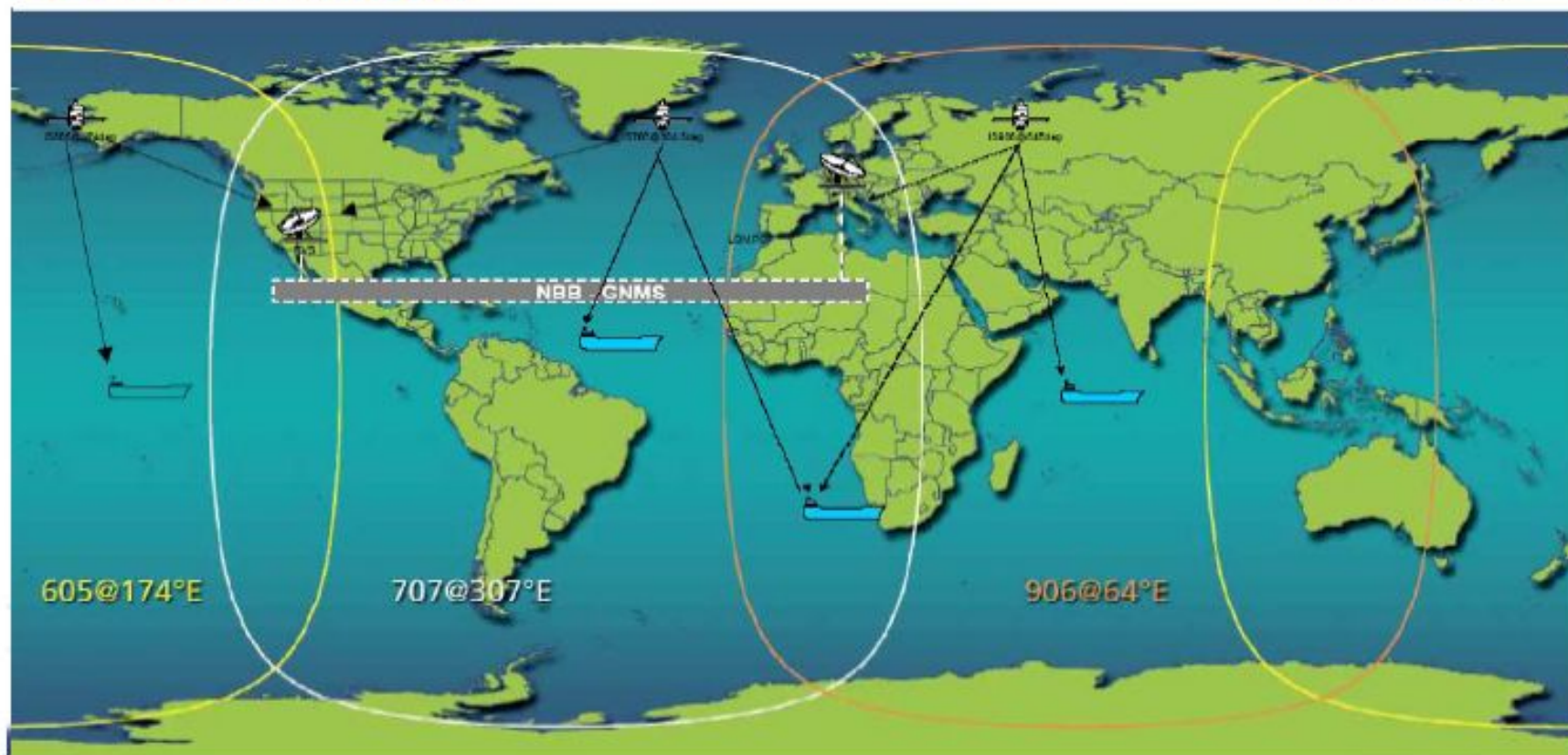
Общая пропускная способность сети
более 100 Мбит/с



- Ямал-200 (90 ° в.д.)
- Экспресс-AM1 (40 ° в.д.)
- Экспресс-AM3 (140 ° в.д.)



Глобальная морская широкополосная связь от Intelsat



Антенны 2,4 м (C –bund), Скорость до 512 кбит. Цена 4400 \$/месяц за 128 К.
Дополнительная опция GNMS – Global Network Monitoring System – Глобальная система мониторинга сети

Преимущества технологии морского VSAT от ГП КС:

- гораздо более высокие скорости спутникового канала передачи данных. Для сравнения, в морской сети VSAT ГП КС скорость достигает 45 Мбит/с (на судно), в то же время канал через зарубежную систему, используя самое «мощное» оборудование Sailor FBB-500 (Fleet Broad Band), обеспечивает скорость на порядок меньше - до 432 Кбит/с на судно.
- стоимость 1Мб IP-трафика, который проходит через оборудование морского VSAT, составляет 45 копеек, что на порядок дешевле, чем у зарубежной системы, где стоимость составляет 6,5 рублей за 1 Мб. Разница в цене - в 14 раз.
- ГП КС предлагает своим заказчикам безлимитные тарифы, что удобно при планировании бюджета на связь. Зарубежная система такой возможности не предоставляет.

Недостатки технологии морского VSAT от ГП КС:

Основным недостатком системы морского VSAT от ГП КС является высокая стоимость оборудования, которая начинается с 40 000\$, стоимость самой дорогой системы Sailor FBB-500 работающей через зарубежную систему, составляет 16 000\$.

Стоимость оборудования



Платформа	Стоимость каналообразующего и радиочастотного оборудования*, руб**	Стоимость антенного поста диаметром 1,2 м, руб**
Стационарный VSAT	от 27 000	от 14 900
VSAT для автотранспорта	от 275 000	от 585 000
VSAT для морских судов	от 275 000	от 2 900 000



*- передатчик 4 Вт, высокостабильный МШУ, спутниковый модем HX260

** - без учета НДС

Основные сервисы морского VSAT от ГП КС:

При выполнении условий по установке рекомендованного ГП КС оборудования и соблюдении схемы организации связи на борту судна возможны следующие сервисы:

- * Выход в городскую телефонную сеть общего пользования через офисную АТС (телефонную линию) судовладельца, организованную по технологии VoIP;
- * Служебный доступ в сеть Интернет;
- * Разделение сетей доступа по потребителям на судне;
- * Удалённый доступ к локальным ресурсам судовладельца;
- * Видеонаблюдение на судне и окружающей обстановки;
- * Трекинг судна (прослеживание на карте) в реальном времени;
- * Подключение судовых телеметрических датчиков;
- * Индивидуальный доступ к сети Интернет членов экипажа и оплата сервиса посредством электронной платёжной системы;
- * Удалённый контроль работы судового оборудования;
- * Сбор, трансляция и хранение телеметрической, картографической и навигационной информации;
- * Телемедицина;
- * Приём открытых ТВ-программ

Достоинства технологии VSAT:

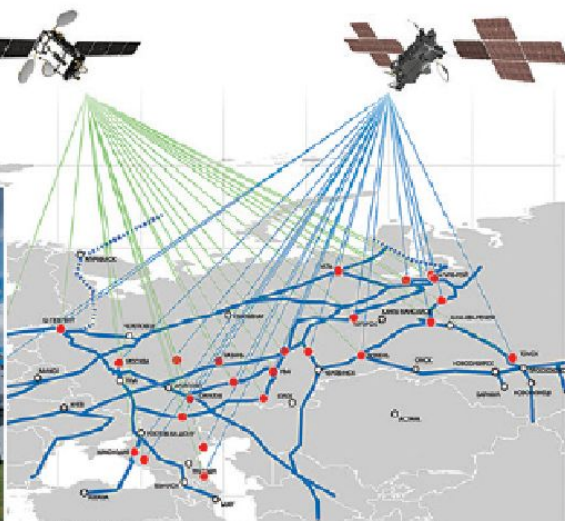
- упрощённая регистрация земных станций VSAT,
- быстрое развертывание,
- высокое качество связи,
- архитектуры "звезда" и "каждый - с каждым",
- простота реконфигурации,
- высокая надежность.

Недостатки:

- достаточно высокая стоимость первоначальных затрат на оборудование,
- относительно большая спутниковая задержка (ping) - до 1200 мс,
- ограничения пропускной способности канала,
- необходимость монтажа громоздкого наружного оборудования,
- зависимость качества сигнала от погодных условий.

СЕТЬ СТАНЦИЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ, ЭКСПЛУАТИРУЕМАЯ ОАО «ГАЗПРОМ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ» (2013 ГОД)



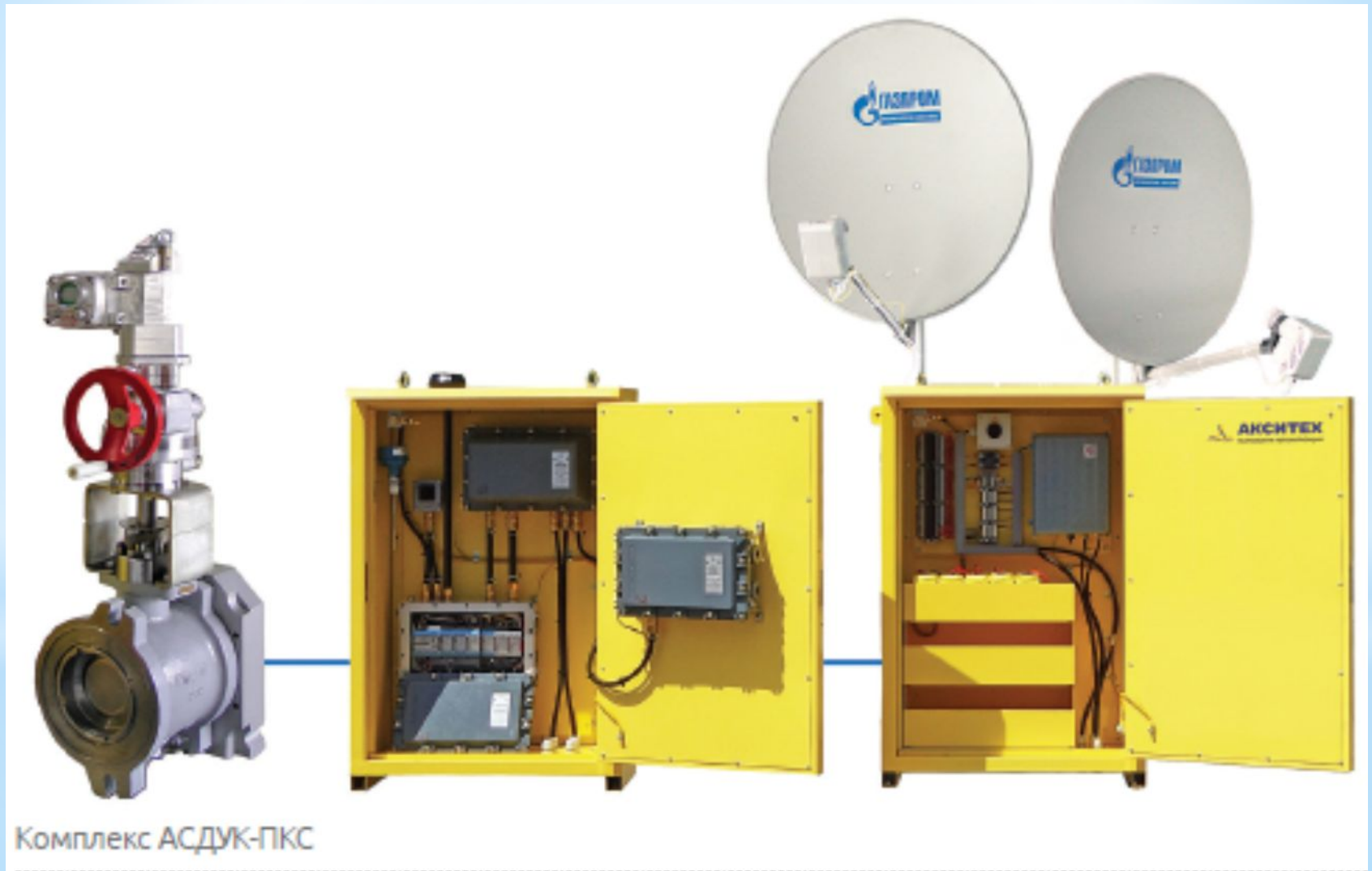


«ЯМАЛ-401»



Подвижный пункт управления и связи для проведения аварийно-восстановительных работ

Дистанционное управление крановым узлом трубопровода













VSAT-сеть РТКОММ в Ku-диапазоне



Спутниковый широкополосный доступ

Под спутниковым широкополосным доступом (СШПД) понимается канал доступа, организованный интернет-сервис-провайдером через спутник для индивидуальных пользователей или групп пользователей, а также для домохозяйств или малых офисов.

СШПД предусматривает предоставление сервиса на условиях одинакового уровня доступа к ресурсу всем пользователям, без создания выделенных сетей. Широкополосным в развитых странах считается доступ на скорости не ниже 10-20 Мбит/с, в развивающихся – 1-2 Мбит/с.

Системы *широкополосной* связи служат для передачи **высококачественной речи, высокоскоростных потоков данных, мультимедийной информации**, а также для **доступа в Интернет**.

Существуют СШПД на КА, расположенных на геостационарных орбитах (ГСО) и негеостационарных орбитах (НГСО) - LEO, MEO.

Спутниковый ШПД через ГСО

СШПД через ГСО осуществляется с помощью терминалов VSAT, функционирующих в основном в Ka-диапазоне частот (19-20/28-30 ГГц). Там, где нет покрытия спутниками Ka-диапазона, используются спутники Ku-диапазона.

Наибольшее количество пользователей находится в Северной Америке, на втором месте - Европа (265 тыс.).



Крупнейший оператор **Европы** Eutelsat оказывает услуги на базе КА «КА-Sat» (144 тыс.) Ресурсы спутника КА-Sat 9E сейчас исчерпаны, В 2021 году планируется запустить спутник Konnekt общей ёмкостью 500Гбит/с.

В **России** на конец 2019 года насчитывалось примерно 27 тысяч абонентов СШПД. Лидером по числу подключенных абонентов является ГП КС (государственное предприятие «Космическая связь») - около 16 тыс.

Второе место у компании Евтелсат Нетворкс (дочерняя компания Eutelsat) - около 10 тыс. абонентов.

Третий участник рынка - ГКС (газпром кос-мические системы).

Российские спутники ШПД

ГП КС: - Экспресс-АМ5, Экспресс-АМ6, Экспресс-АМУ-1;

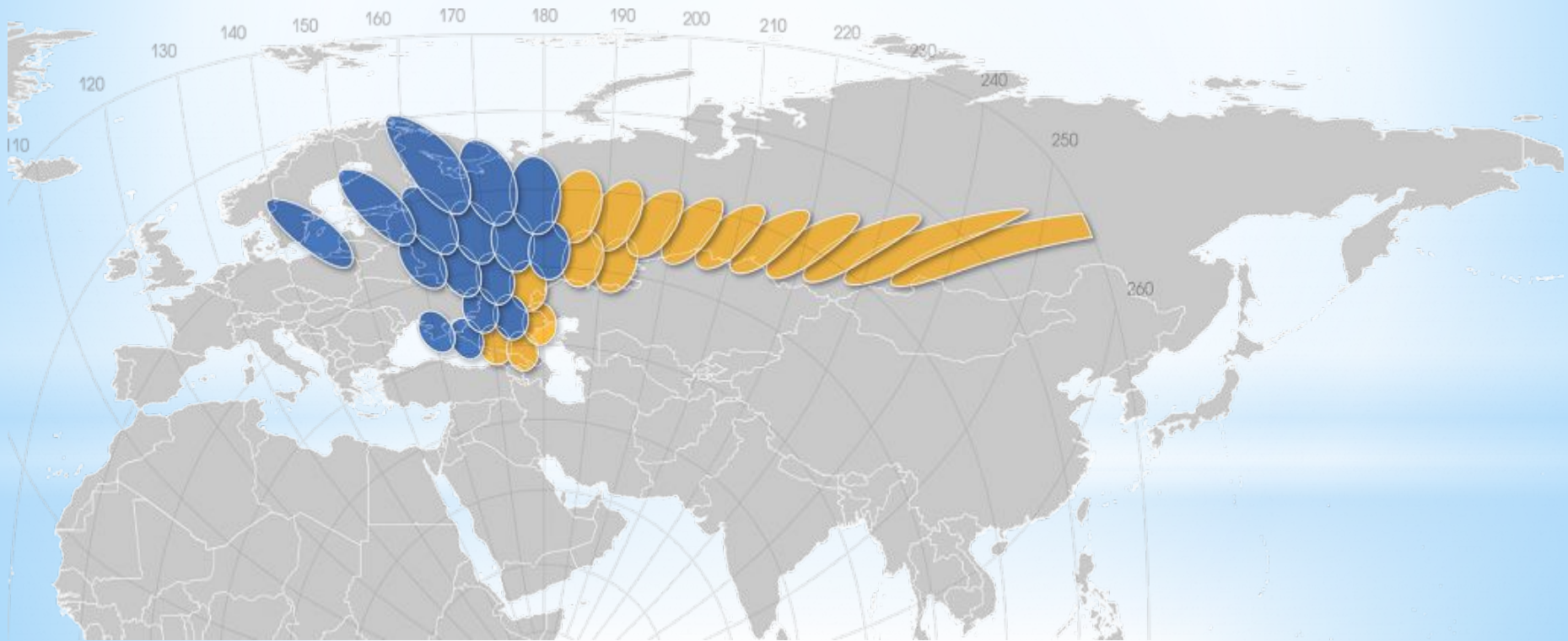
ГКС: - Ямал-601.



Сервис, предоставляемый через российские космические аппараты «Экспресс-АМУ1» (36° в.д.) и «Экспресс-АМ5» (140° в.д.).

ЯМАЛ-601 (49°E) КА-ДИАПАЗОН

Территория предоставления услуг связи в Ка-диапазоне (спутник Ямал-601) - европейская часть России, включая Калининградскую область, Западную Сибирь, Иркутск и Красноярск.





Малогабаритный спутниковый терминал VSAT с доступом в Интернет

