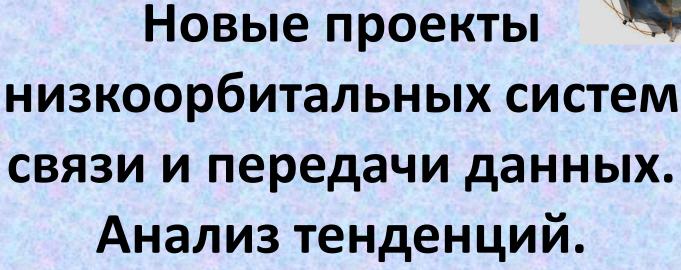
Профессиональная мобильная радиосвязь, спутниковая связь и навигация XI международный форум-выставка, 27-28.09.2017г., Москва





Анпилогов Валентин Романович avr@cts.ru

Три основных направления развития низкоорбитальных многоспутниковых систем

Многоспутниковые системы LEO-HTS

Основной функционал:

Предоставление сверхскоростных каналов глобального широкополосного абонентского доступа, конкурентоспособных с наземными сетями

Модернизация действующих низкоорбитальных систем MSS

Основной функционал:

Обеспечение преемственности голосовой связи и ПД при расширение функций (+IoT,+Д33, + АИС, +А3H-В)

Многоспутниковые системы М2М/ІоТ

Основной функционал:

Предоставление низкоскоростных каналов для глобального контроля и управления любыми процессами и устройствами

Многоспутниковые системы LEO-HTS Ku/Ka

Система	Технические сведения о космическом сегменте	Оценка частотной	Проектная
		емкости одного спутника	стоимость и
			сроки
SpaceX	Абонентские лучи Ku, фидерные Ka. Число спутников		
	4425. Первый этап 1600 спутников на орбитах высотой		2018-2020г.
	1150 км с наклонением 53 град. Второй этап 2825		
	спутников на орбитах с высотами от 1100 км до 1325 км с наклонениями 53.8 град., 70 град. 74 град и 81 град.		
OneWeb	Абонентские лучи Ки, фидерные Ка. 720 спутников на	2000 МГц для прямых	3.0-3.5 млрд. \$
Ollewen	полярных орбитах высотой 1200 км в 18-и орбитальных	=	_
		обратных	2010 20201.
LeoSat	Диапазон Ка. Число спутников 84 , полярные орбиты		
	1400 км , 14 плоскостей. Возможно увеличение		3.5-3.6 млрд. \$
	группировки до 108 спутников.	обратных	2018-2020г.
Telesat LEO	Диапазон частот Ка. Оптическая межспутниковая связь	Н.д.	Н.д.
Constellation	для управления. 117 спутников на низких круговых		2021г.(два
	орбитах. Из них 72 спутника в 6-и плоскостях на орбитах		экспериментал
	высотой 1000 км с наклонением 99.5 град.; 45 спутников		ьных спутника
	в 5-и плоскостях на орбитах 1246 км с наклонением 37.4 град.		в 2017г.)
MULTUS	град. Используется диапазон частот Ки. Солнечно синхронные	450 МГц для обратных	Н.д.
	орбиты высотой 600 км, 7 плоскостей по 20 спутников,	=	
	наклонение 98.6 град. Масса спутника 5 кг. Функции		
	ШПД и ІоТ		
TSN	Используется диапазон частот Ки (абонентские лучи) и		
	Ка. 112 активных спутников на орбитах высотой 800 км,		2020-2021г.
	в 8-и плоскостях с наклонением 98.6 град.	•	
	Предусмотрены оптические межпутниковые линии. Функции ШПД и ДЗЗ		
	Функции шид и доо		and the second second

Проблема ЭМС системы OneWeb с планируемыми системами на ВЭО



Проекты систем LEO-HTS в V-диапазоне (37.5 - 52.4ГГц)

Компания (система)	Тип	Количество спутников	Орбиты	Зона обслужива
				ния
Boeing	LEO-HTS	1396 (1-й этап)	Высота 1030 км, 35 плоскостей с наклонением 45 град.	1-й этап
			Высота 1082 км, 6 плоскостей с наклонением 55 град.	США,
		+1560 (2-й	Высота 1082 км, 12 плоскостей с наклонением 55 град.	глобальная
		этап)	Высота 970 км, 21 плоскостей с наклонением 88 град.	
	HEO-HTS	15	Элииптическая типа Тундра (44 271 х 27 355км) с	1-й этап
	+		наклонением 63.4 град., три орбиты по 5 спутников	США,
	LEO-HTS	132	Высота 1056 км, 11 плоскостей с наклонением 54 град.	глобальная
O3b	MEO	24	Высота 8062 км, экваториальная орбита (O3bN)	63с.ш63
				ю.ш.
	MEO	16	Высота 8062 км, 2 плоскости с наклонением 70 град.(O3bI)	Глобальная
OneWeb V	MEO	160 (1-й этап)	Высота 8575 км, 8 плоскостей с наклонением 45 град.	70с.ш70
	+	1280 (2-й этап)	Высота 8475-8575 км, 16 плоскостей с наклонением 44-46	ю.ш.
	LEO		град.	
		720	Высота 1200км 18 плоскостей с наклонением 87.9 град. (вторая генерация спутников Ки/Ка)	глобальная
Telesat V	LEO-HTS	72	Высота 1000 км, 6 плоскостей с наклонением 99.5 град.	глобальная
		45	Высота 1248 км, 5 плоскостей с наклонением 37.4 град.	
SpaceX	LEO-HTS	2547	Высота 346.6 км, 32 плоскости с наклонением 53 град.	60с.ш 60
VLEO		2478	Высота 340.8 км, наклонение 48 град.	ю.ш.
		2493	Высота 335.9 км, наклонение 42 град.	
TSN	LEO-HTS	120	Высота 800 км, 8 плоскостей с наклонением 98.6 град.	глобальная

Распределение заявок в ITU на спутниковые сети V-диапазона по странам



Общие проблемы для всех многоспутниковых систем LEO-HTS

1. ЭМС со спутниковыми сетями на геостационарной орбите

Решение проблемы – выключение спутников LEO в экваториальной зоне

2. ЭМС со спутниковыми системами на любой негеостационарной орбите (LEO/MEO/HEO)

Решение проблемы – нет

- 3. Создание дешевых абонентских станций (\$200-\$300) со сканированием луча Решение проблемы – нет
- 4. САРЕХ достигает миллиардов и десятков миллиардов долларов

Решение проблемы – неизвестно

Действующие системы MSS, предоставляющие услуги M2M/IoT

The second secon			1 4 5 7 5 5 5	STATE OF THE PARTY	AND THE PARTY OF THE PARTY.	STATE OF THE PARTY	THE RESERVE OF THE PARTY OF THE PARTY OF THE PARTY.
Спутник, Компания	Сервис	Минимальн ая стоимость терминала, \$	ть подключ	Стоимость КБ	Задержка, с	Зона обслуживания	Развития системы после 2017г.
Iridium	SBD	400	0	1.7\$ за КБ	5.0 – 20.0	Глобальная	Создание новой группировки Iridium Next к 2018г.
Globalstar	Simple x, Spot	150 200	20	5.3\$ за КБ	Н.д.	70с.ш-70 ю.ш.	Группировка обновлена в 2013г.
Orbcomm	AIS типа почты	300	Н.д.	1\$ за КБ	15.0	Ограниченна я, с ожиданием сеанса связи	Начало штатной эксплуатации новой группировки OG2 из 17 спутников
Aprize Satellite (SpaceQuest) (exactEarth)	M2M AIS	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Ограниченна я, с ожиданием сеанса связи	Имеется 10 спутников из 24 требуемых, переход на использование Iridium Next
Гонец	Элект ронна я почта	Н.д.	8,5	0,3\$ за КБ	Минуты, часы	Потенциальн о глобальная, с ожиданием сеанса связи	

http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/sputnikovye-tehnologii-na-rynke-m2miot-20170714015726

Число подключений и ARPU для систем MSS и наземных сетей (2016г.)

Сеть	ARPU, \$	Число подписчиков (примерно)
Iridium	13,4	413 000
Globalstar (Simplex)	2.6	300 000
Orbcomm	5,5	1 720 000 (зарегистрировано)
Гонец	Н.д.	Н.д.

Сотовые сети M2M (2G/3G/4G)	0.54.0	400 000 000
LPWAN (Lora, Sigfox, и т.п.) (лицензируемые/нелицензируемые	0.6/0.1 за датчик	2 600 000 000



Перспективы действующих низкоорбитальных систем MSS

Недостатки

Неконкурентоспособность с наземными сетями по ценовым параметрам сегодня и, тем более, в перспективе

Невозможно реализовать режим реального времени для контроля и управления динамичными объектами, в том числе беспилотными системами

Централизация обработки информации при глобальном обслуживании

Достоинства

Глобальность обслуживания абонентов и исключение проблем роуминга

Перспективы наземных сетей LPWAN

Недостатки

Невозможно реализовать режим реального времени для контроля и управления динамичными объектами, в том числе беспилотными системами

Проблемы реализации роуминга

Уязвимость для преднамеренного внешнего воздействия

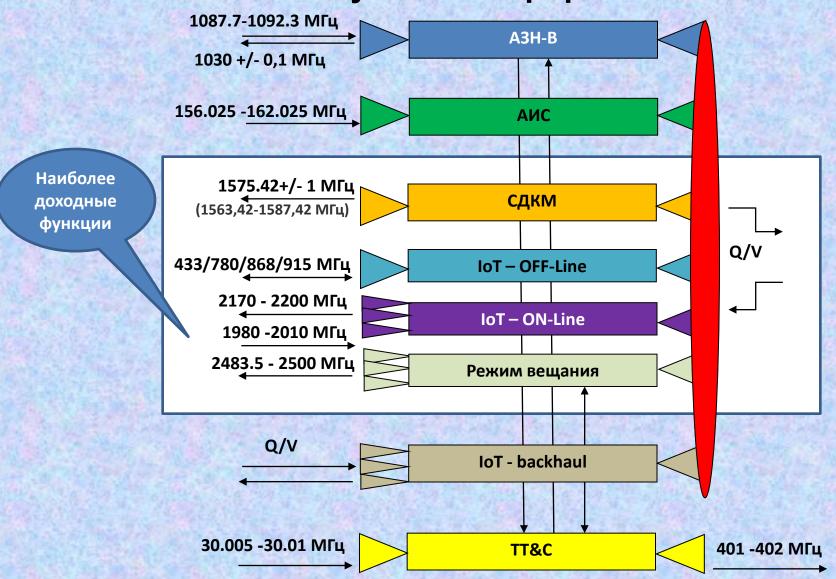
Достоинства

Предельно низкие цены оборудования и трафика Оперативность развертывания локальной сети LPWAN

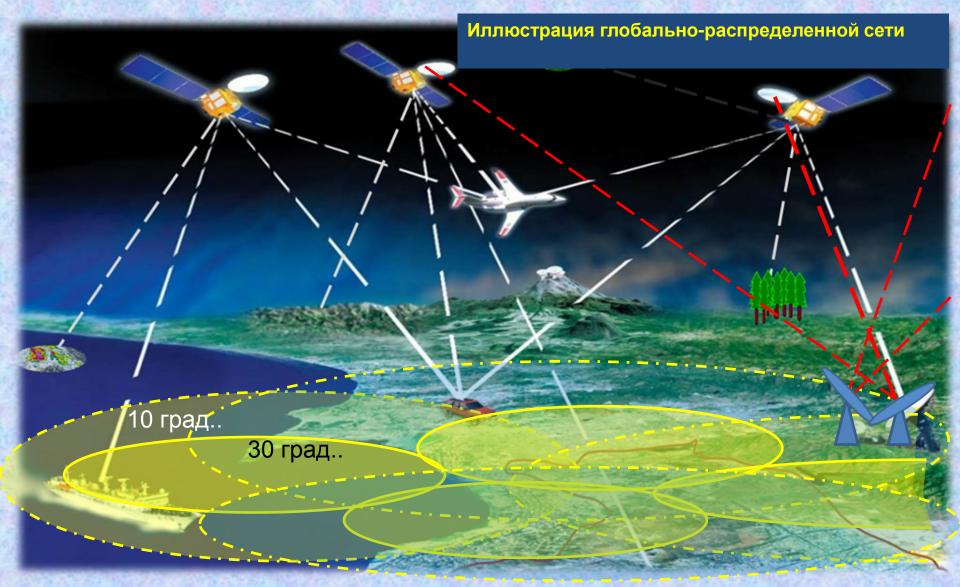
Проекты глобальных многоспутниковых систем M2M/IoT

Система, страна	Космическая группировка	Частотные диапазоны	Целевая функция	Дополнительные сведения
AISTech Испания	25 КА , размерность КА до 6U.	Н.д.	АН3-B, AIS, +Д33	Реализация 2018-2020г.г.
Analitical Space CШA	20KA	Земля-КА: X,S, UHF, VHF KA-Земля: Оптический	IoT,эксперименты на линии КА- Земля до 10Гбит/с	Стартап выпускников Гарварда, Space Angels Network.
Astrocast Швейцария	64 КА, размерность КА 3U. Рассматривается межспутниковая связь.	Планирует договориться с держателями L- диапазона.	M2M/IoT	2 демонстратора в 2017г. Реализация 2018-2022 .Стоимость КА в начале \$0.5 млн, в серии \$0.25 млн. Проект \$50млн.В конце 2016г. компания ELSE подтвердила финансирование \$4млн.
Sky and Space Global Великобрита ния	200 КА. Масса КА 10 кг. САС 5-7 лет . Планируется SDR.	КА-Земля и Земля-КА: UHF и S. Рассматривается L- диапазон. КА-КА: S –диапазон.	М2М/ІоТ, предполагается +ТЛФ. Обслуживание экваториального пояса.	Реализация проекта 2018-2020 3 демонстратора в 2017г. Проект \$120-\$160 млн. Запуски PH PSLV, 50 запусков. Стоимость запуска \$200-\$250 тыс. Стоимость спутника менее \$500 тыс.
Fleet Space Австралия	Сотни КА , размерность КА12U.	Н.д.	ІоТ	Стартап Австралии, грант \$50тыс. от Правительства и частные инвестиции. В 2017г. инвестиции \$5 млн.
Helios Wire Канада	30КА, размерность КА 16U. Высота орбиты 600 км,5 лучей.	S-диапазон (полоса 30МГц).	M2M/IoT	Запуски 2-х демонстраторов с 2018г. Реализация 2021г. Проект \$100 млн,1\$ за датчик в месяц, стоимость спутника \$3 млн . Инвестиции в 2017г.\$ 4 млн. Запуски РН Союз.
Blink Astro США	Размерность КА 3U. Высота орбиты 700км	Н.д.	M2M/IoT	Данных о сроках реализации и финансировании нет.
Magnitude Space Нидерланды	Высота орбиты 600км. САС 3 года.	Н.д.	M2M/IoT	Данных о сроках реализации и нет. Инвестиции в 2017г. 5.5 млн евро.
Kepler США	140 КА, масса 5кг. САС 3 года. Высота орбиты 600 км. 10 абонентских лучей. Заявлена технология SDR.	Ки, рассматривается использование линий КА-КА в Ка-диапазоне.	Backhaul для операторов IoT.	В 2107г. – 2 спутника, в 2018г. 5 спутников. В 2022г. – полный состав. Инвестиции на март 2017г. \$5 млн.
"Аврора" РФ	До 264 КА, масса 40кг. САС 4 года. Орбита 800км.	ДМ-диапазон, S- диапазон, 1090/1030МГц, 1575 МГц	M2M/IoT , включая АЗН-В, СДКМ	Первый этап 3 КА, второй этап 50-100 КА, глобальное обслуживание 264 КА, рабочий угол места более 30 град. Инициативный проект (ВИСАТ-ТЕЛ в кооперации).

Потенциальные целевые функции полезной нагрузки спутника "Аврора"



В системе "Аврора" для реализации IoT планируется применить технологию Lora



Диаметр рабочей зоны станции сопряжения примерно 4200 км при угле места 10 град Диаметр рабочей абонентской зоны примерно 2150 км при угле места 30 град

Основные проблемы и решения для многоспутниковых систем M2M/IoT системного характера

Проблема

Низкая энергетика радиолиний и, как следствие, невозможность достижения режима реального времени

Решение

Использование многолучевой приемной ФАР и организация пространственных скачков луча (лучей) передающей ФАР (S-диапазон)

Проблема

Неопределенность правил международного выделения полос радиочастот и назначения радиочастотных каналов для многоспутниковых систем M2M/IoT

Решение

Применение адаптивного алгоритма изменения диапазонов и частотных литер в зависимости от зоны обслуживания (диапазон ДМ)

В настоящее время готова первая версия Концепции системы "Аврора", подготовлена компанией ЗАО "ВИСАТ-ТЕЛ" (Москва)

Для уточнение Концепции с целью перехода к этапу системного проектирования формируется кооперация компаний:

ЗАО "ВИСАТ-ТЕЛ" (Москва)

ПАО НИИ "Радиофизика" (Москва)

АО "Российские космические системы" (Москва)

Компания "СПУТНИКС" (Москва)

ИКЦ "Северная Корона" (Санкт Петербург)

Переговоры по участию в проекте идут с компаниями:

ПАО "Газпром космические системы" (Московская обл.)
Компания EVERYNET (Финляндия)
ООО "Вега-Абсолют" (Новосибирск)
ЗАО "Радиокомпания Вектор" (Чистополь)

Мы приглашаем все заинтересованные компании к участию в проекте. Мы открыты для диалога, предложений и критических замечаний.

Благодарю за внимание! Анпилогов Валентин Романович avr@cts.ru