

## КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ «РАСПРЕДЕЛЕННОГО СПУТНИКА» ДЛЯ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ГРУППИРОВКИ МИКРО- И НАНО-СПУТНИКОВ

Ильченко М.Е.<sup>1</sup>, Нарытник Т.Н.<sup>1</sup>, Рассамакин Б.М.<sup>1</sup>,  
Присяжный В.И.<sup>2</sup>, Капштык С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> КПИ им. Игоря Сикорского

<sup>2</sup> Национальный центр управления и испытаний космических средств  
E-mail: director@mitris.com

### **The concept of creating a "distributed satellite" architecture for low-orbit information and telecommunications systems based on the grouping of micro and nano satellites**

For low-orbit information and telecommunication systems for various purposes, the concept of creating a "distributed satellite" architecture is proposed, which is based on the use of satellite platforms of the micro satellite and nano satellite and the distribution of functional blocks of the composite payload of higher-class satellites (mini satellite and small satellite) connected satellites.

Растущий интерес к использованию низких околоземных орбит (высотой до 1500 км) обусловлен многими факторами[1-8]. К ним относятся:

-перспективы внедрения и развития в ближайшее десятилетие Интернета вещей (Internet of Things - IoT) и, построенных с использованием родственных технологий, промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things - IIoT) и интернета вещей для удаленных районов (Remote Internet of Things - RIoT), что обуславливает дальнейшее развитие телекоммуникационных систем для передачи возрастающего трафика этих услуг;

-задачи исследования Земли из космоса для целей научных исследований и экономического использования природных ресурсов, контроля развития и функционирования инфраструктурных проектов, функционирования территориально распределенных промышленных производств, транспортной инфраструктуры всех видов транспорта[1.2],

Фактором, существенно ограничивающим дальнейшее внедрение микро и нано спутников, является их ограниченные возможности по размещению, адаптации, обеспечению электроснабжения и отвода тепла сложной полезной нагрузки. Разрешить это противоречие можно на основе размещения сложной полезной нагрузки на нескольких спутниках, находящихся на одной орбите в непосредственной близости один от другого и функционирующих совместно. Такой подход названо концепцией создания архитектуры «распределенного спутника». В качестве примера в докладе рассмотрены возможные варианты применения архитектуры «распределенного спутника» в двух сегментах рынка космических информационных систем: дистанционное зондирование Земли и телекоммуникационные системы. Применение «распределенного спутника» в радиолокационных системах с синтезированной апертурой (SAR-система) рассмотрено с учетом требования операторов спутниковых SAR-систем и потребителей их информации о необходимости увеличивать информационное содержание в изображениях SAR, улучшать разрешения по дальности, по азимуту и временные показатели (частота повторной съемки одной и той же области), а также обеспечивать наблюдение под различными углами (интерферометрия и томография) [4]. Использование архитектуры «распределенного спутника» в SAR-системах позволяет также реализовать технологию мультистатической радиолокации с «мягкой» интерференционной базой (от 200 м до 1 км) [3]. На рис.1. представлена схема организации и взаимодействия «распределенного спутника». В состав «распределенного спутника» входят: спутник-передатчик на платформе микро спутника, который является ядром спутникового кластера, и нескольких спутников-приемников на

платформе куб-сат. Подробно рассмотрены функции, которые должны выполнять спутник-передатчик, межспутниковая радиолиния и спутник-приемник. Межспутниковая радиолиния, которая организуется отдельно к каждому спутнику-приемнику, обеспечивает измерение наклонной дальности и определение углов (угол места и азимут в плоскости местного горизонта) на основе моноимпульсного метода слежения.

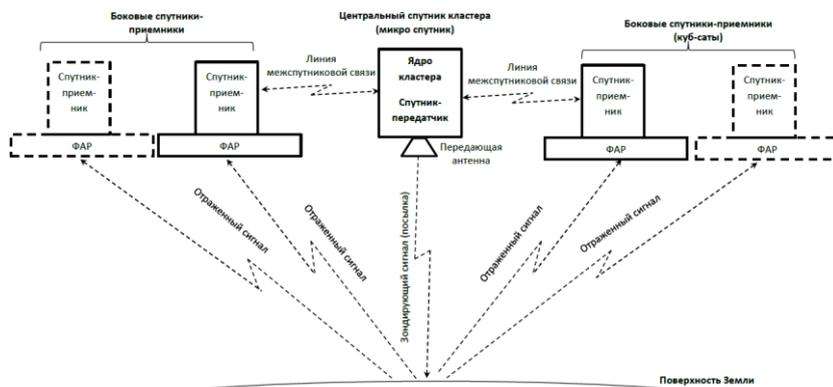


Рис. 1. Применение концепции «распределенного спутника» для задач дистанционного зондирования с синтезированной апертурой.

Работа «распределенного спутника» поясняется рис.2, на котором представлена структурная схема SAR-системы дистанционного зондирования Земли.

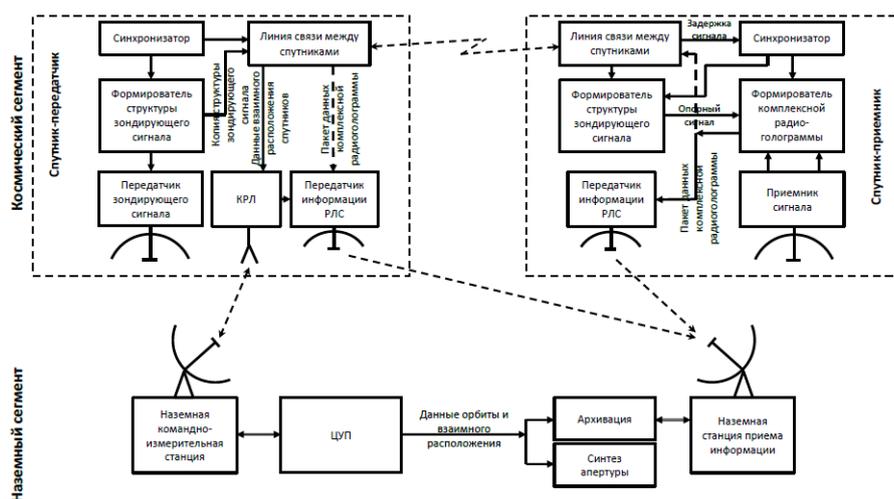


Рис. 2. Структурная схема SAR-системы дистанционного зондирования Земли

Применение «распределенного спутника», в состав которого входят корневой спутник и спутники-ретрансляторы, в телекоммуникационных системах иллюстрируется рис.3, на котором представлен вариант архитектуры низкоорбитальной системы спутниковой связи.

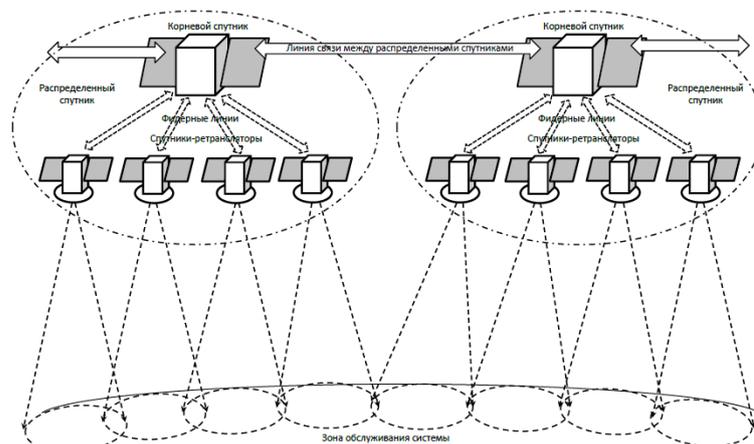


Рис. 3. Вариант архитектуры низкоорбитальной системы спутниковой связи

Концепция «распределенного спутника» с использованием только спутников форм-фактора куб-сат, которая может быть применена при построении спутниковой системы для предоставления услуг IoT, представлена на рис.4.

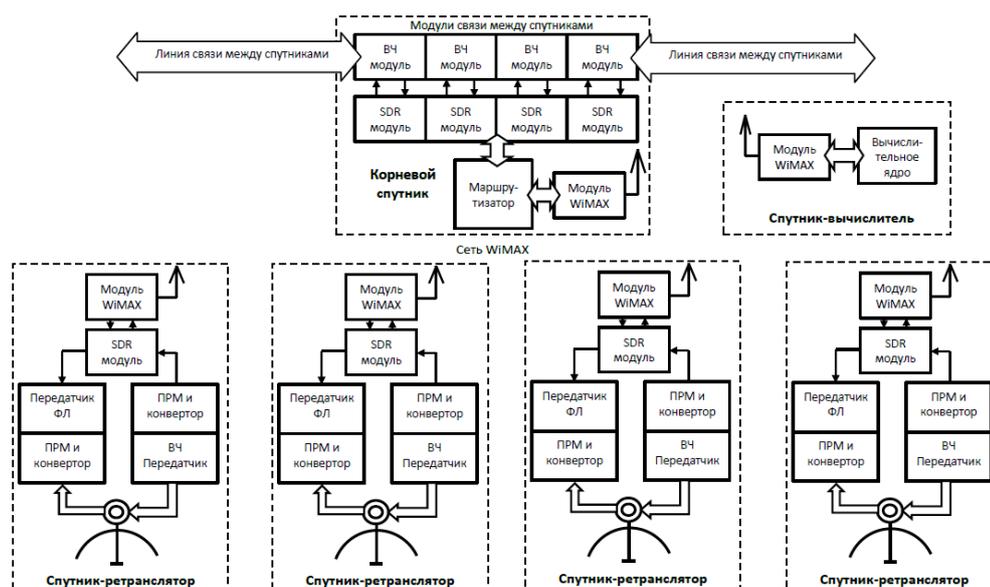


Рис.4. Вариант «распределенного спутника» для LEO-системы IoT с использованием куб-сат

В этой схеме спутники-ретрансляторы обеспечивают передачу в лучах пользователей транспортного потока DVB-S2, DVB-S2x, и прием потоков DVB-RCS/2, WiMAX от пользователей. Архитектура «распределенного спутника» позволяет реализовать в космическом сегменте LEO-системы FC-архитектуру.

В заключение отметим, что архитектура «распределенного спутника» позволяет эффективно использовать спутники класса микро спутник и нано спутник (куб-сат) для создания сложных информационно-телекоммуникационных систем космического базирования, в частности систем дистанционного зондирования земли радиолокационного типа с синтезированной апертурой, систем связи и широкополосного доступа, в том числе систем Интернета вещей. Использование платформ микро спутников массой до 100 кг и нано спутников массой до 10 кг создает условия для снижения стоимости низкоорбитальной информационно-телекоммуникационной системы, а разнесение функциональных элементов целевой полезной нагрузки системы по нескольким физически обособленным элементам позволяет упростить восстановление работоспособности системы и создать условия для совершенствования системы в процессе эксплуатации.

#### Литература

1. Prospects for the Small Satellite Market. A Euroconsult Executive Report. March 2015.
2. Iceye raises \$13 million for radar microsats. by Jeff Foust - August 24, 2017 <http://spacenews.com/iceye-raises-13-million-for-radar-microsatellites>.
3. Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.Э. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования/ Под ред. В.С. Вербы. – М.: Радиотехника. 2010 – 680с.: ил.
4. A Tutorial on Synthetic Aperture Radar. Alberto Moreira, Pau Prats-Iraola, Marwan Younis, Gerhard Krieger, Irena Hajnsek, and Konstantinos P. Papathanassiou. Microwaves and Radar Institute of the German Aerospace Center (DLR), Germany. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine. March 2013.
5. LEO Vantage 1 - Gunter's Space Page. [http://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/leo-vantage-1.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sdat/leo-vantage-1.htm).
6. LEO Vantage 2 Satellite. <http://spaceflight101.com/meteor-m-2-1/leo-vantage-2>.
7. OpenFog Reference Architecture for Fog Computing. Produced by the OpenFog Consortium Architecture Working Group. February 2017. OPFRA001.020817.