



Государственное космическое агентство Украины
Институт космических исследований НАНУ - ГКАУ
Международный комитет по реализации Проекта МАКСМ
Международная академия астронавтики
Российская Академия космонавтики имени К.Э. Циолковского
Международная ассоциация "ЗНАНИЕ"
ОАО "Российские космические системы"

IV Международный специализированный симпозиум
«Космос и глобальная безопасность человечества»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ И ПРОГРАММА

Евпатория, Украина
3-7 сентября 2012 г.

State Space Agency of Ukraine
Space Research Institute NASU - SSAU
International Committee on the IGMASS Project Implementation
International Academy of Astronautics
K.E. Tsiolkovsky Russian Academy of Cosmonautics
International Association "ZNAIE"
JSC Russian Space Systems

The Forth International Specialized Symposium
«Space and Global Security of the Humanity»

ABSTRACTS AND PROGRAM

Yevpatoria, Ukraine
September 3-7, 2012

Контроль вариаций дальности телекоммуникационных геостационарных спутников по базисным наблюдениям станций приема спутникового телевидения

Бушуев Ф.И., Калюжный Н.А., Шульга А.В. –

*НИИ «Николаевская астрономическая обсерватория» (НИИ НАО), г. Николаев
Сливинский А.П. – Украинский радиотехнический институт (УРТИ), г. Николаев*

Экспериментальный радиотехнический аппаратно-программный комплекс (РТ АПК), разработанный и испытанный в НИИ «Николаевская астрономическая обсерватория», предназначен для измерения относительной задержки модулирующего сигнала, соответствующего формату DVB-S (Digital Video Broadcasting – Satellite) и излучаемого активным телекоммуникационным геостационарным спутником (ТК ГСС).

Комплекс состоит из двух разнесенных станций приема сигналов спутникового телевидения и пункта обработки принятой информации. Станции приема имеют идентичное аппаратно-программное обеспечение. Прием сигналов DVB-S осуществляется с помощью телевизионных (ТВ) тюнеров SkyStar-1, подключенных к выходам стандартных антенно-фидерных трактов с антеннами диаметром 0.9 м и 1.9 м. Телевизионные тюнеры были доработаны в части вывода синфазного и квадратурного сигналов (IQ) до цифровой обработки их микропроцессором ТВ тюнера. Временные реализации сигналов IQ являются исходной информацией для определения разности задержек сигналов DVB-S, принятых двумя станциями. Запись этих сигналов на жесткие диски персональных компьютеров осуществляется с применением цифровых USB-осциллографов с полосой пропускания 40 МГц и 200 МГц и с 8-ми и 9-ти битными аналого-цифровыми преобразователями, соответственно. Для синхронизации записи двумя станциями используются одночастотные GPS-приемники Resolution-T.

В пункте обработки определяется разность задержек сигналов DVB-S, принятых двумя станциями. Для этого предварительно комплексные выборки IQ преобразуются в действительные с учетом структуры сигнала DVB-S. Затем вычисляется корреляционная функция двух действительных выборок. Определяется относительное смещение максимума корреляционной функции, которое соответствует разности наклонных дальностей от станций приема до ТК ГСС.

Испытания комплекса проводились в условиях как совмещенных, так и разнесенных станций приема. В обоих случаях принимался сигнал DVB-S с символьной частотой 27.5 мега символов за секунду и с шириной спектра 30 МГц. В условиях совмещенных станций приема расстояние между антеннами было порядка 10 м, а синхронизация записи выборок IQ осуществлялась одним и тем же GPS-приемником. При этом проводились измерения дополнительной задержки, вызванной кабелем, включенным в один из приемных трактов. Длина дополнительного кабеля была равна 6.94 м. Было получено среднее значение дополнительной задержки, равное $25 \cdot 10^{-9}$ с при среднеквадратическом отклонении (СКО) – $7 \cdot 10^{-9}$ с.

Измерения разности задержек сигнала DVB-S проводились на протяжении двух суток в условиях, когда станции приема были удалены друг от друга на расстояние порядка 150 км и размещались в г. Николаеве и в п. Маяки, Одесской области. Вариации разности задержек при этом составили величину порядка $0.67 \cdot 10^{-6}$ с, а СКО единичного измерения равнялось примерно $24 \cdot 10^{-9}$ с или 7.3 м. Было установлено, что определяющим фактором, влияющим на точность измерения задержки, является точность синхронизации измерений с помощью GPS-приемника Resolution-T.

Для сравнения, в системе DARTS (Digital Advanced Ranging with Transport-stream Signals) сигнал DVB-S с шириной спектра, равной 30 МГц, используется для определения наклонной дальности до ТК ГСС по смещению максимума корреляционной функции излученного и принятого сигналов IQ [1]. Точность разрешения корреляционного пика составляет, при этом, величину, равную $1.67 \cdot 10^{-9}$ с. Приведенная точность вполне достижима и в РТ АПК при условии модернизации на базе атомного стандарта частоты системы синхронизации, включая этап аналого-цифрового преобразования. Учитывая эквивалентность принятого подхода радиоинтерференционному, можно получить оценку точности определения орбиты ТК ГСС региональной сетью модернизированных РТ АПК. При оптимальной ориентации базовых линий, длиной около 1000 км, точность может составить величину порядка 18 м или 0.1 угловой секунды.

Литература:

1. Harles G., Siebert P., Eberlein E., Nowotne H-J., Fritzsche B., Haiduk F., Knuchel U., Lindig M. A novel ranging method using DVB-S transport stream packets. The Seventh International Workshop on Digital Signal Processing Techniques for Space Communications (DSP 2001), 01-03 October 2001. Sesimbra, Portugal. <http://esamultimedia.esa.int/>