

МОСТ МЕЖДУ ОРБИТОЙ И ЗЕМЛЕЙ: СПУТНИКОВАЯ СВЯЗЬ И ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ НА МКС

В.Д. Косых

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье произведен анализ обеспечения связи и передачи данных между МКС и Землей. Рассматривается организация спутниковых каналов связи, протоколы передачи данных и перспективы развития коммуникаций. Также было уделено внимание роли современных IT-решений в поддержании надежной связи с экипажем МКС.

Ключевые слова: МКС, спутниковая связь, передача данных, телеметрия, ЦУП, космические коммуникации, низкоорбитальные спутники, задержка сигнала, IP-протоколы в космосе.

THE BRIDGE BETWEEN ORBIT AND EARTH: SATELLITE COMMUNICATIONS AND DATA TRANSMISSION TO THE ISS

V.D. Kosykh

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Annotation. The article analyzes the communication and data transmission between the ISS and the Earth. The organization of satellite communication channels, data transmission protocols and communication development prospects are considered. Attention was also paid to the role of modern IT solutions in maintaining reliable communication with the ISS crew.

Keywords: ISS, satellite communications, data transmission, telemetry, MCC, space communications, low-orbit satellites, signal delay, IP protocols in space.

Международная космическая станция (МКС), расположенная примерно в 400 километрах над Землей, является не только научной лабораторией, но и сложным информационным центром. Обеспечение непрерывной и надежной связи между МКС и наземными центрами управления является важной задачей,

от которой зависит безопасность экипажа и успех научных экспериментов. Современные IT-технологии позволяют организовать этот "мост" с использованием сложной архитектуры спутниковых систем и специальные протоколы передачи данных.



Рисунок 1 – Международная космическая станция (МКС)

Система связи Международной космической станции (МКС) построена по комбинированному принципу и включает несколько основных компонентов:

- Спутниковая система ретрансляции данных (TDRSS)

Американские спутники TDRSS (Tracking and Data Relay Satellite System), расположенные на геостационарной орбите, они образуют практически непрерывный канал связи между МКС и наземными станциями. Это предотвращает потерю сигнала при отсутствии видимости на наземной станции;

- Наземные приемные станции

Российские и американские земные станции создают сеть перехвата данных, расположенную в разных частях планеты, обеспечивая покрытие крупнейшего орбитального маршрута МКС;

- Система бортовая аппаратура связи

На самой станции установлено оборудование, которое состоит из:

- Высокоскоростные передатчики и приемники;
- Цифровые системы обработки сигналов;
- Антенные системы с автоматическим наведением.

Передача данных осуществляется с использованием специальных протоколов в соответствии с требованиями пространственных коммуникаций:

- Протокол CFDP (CCSDS File Delivery Protocol)

Надежный стандартный протокол передачи файлов был разработано Консультативным комитетом по системам передачи пространственных данных. Это обеспечивает надежность передачи данных при передаче по каналам с высокой задержкой и потенциальными помехами;

- Система телеметрии в реальном времени

Данные о состоянии систем станции и состоянии здоровья экипажа передаются с высокой частотой цифровизации, что требует эффективных алгоритмов для определения нагрузки и приоритета данных.

Современные системы связи используют VoIP-технологии для управления многоканальной связью между станциями, ЦУПами (центр управления полетами), а также семьями космонавтов. Обычные сеансы видеосвязи осуществляются с использованием кодеков H.265, адаптированных для работы в условиях ограниченной пропускной способности канала.

Пропускная способность асимметрична, скорость приема достигает 600 Мбит/с и отправки до 25 Мбит/с, что позволяет передавать огромные массивы научной информации и видео.

Сигнал до спутников и обратно проходит примерно за 500 мс (полсекунды), создавая задержку. Поэтому требуются специальные алгоритмы для управления системами станции в реальном времени, чтобы избежать эту задержку.

Защита каналов связи от несанкционированного доступа является приоритетной задачей. Используются:

- Квантово-стойкие алгоритмы шифрования

Метод шифрования, который невозможно взломать;

- Многофакторная аутентификация

Процесс подтверждения личности в несколько этапов;

- Системы обнаружения вторжений в реальном времени

Специальное ПО, которое анализирует трафик и моментально реагирует на кибератаки.

Развитие систем связи МКС связано с внедрением:

- Лазерных систем передачи данных

Лазерный луч вместо радиоволны передает информацию, что и позволяет иметь большие (гигабайты) скорости для передачи;

- Квантовой связи

Метод защищенной передачи данных, который обнаруживает попытку перехвата сообщения;

- ИИ-оптимизации трафика;

- Интеграции с системами Starlink и OneWeb.

Организация надежной и эффективной связи с МКС - один из наиболее сложных и технологичных IT-проектов на сегодняшний день. Постоянное совершенствование коммуникационных технологий обеспечивает не только бесперебойную связь с космонавтами, но и позволяет передавать большие объемы информации. Это нужно и важно для проведения экспериментов на станции, а также освоения безграничного космоса.

Список литературы

1. Громов, К.А. Кибербезопасность космических систем связи / К.А. Громов // Защита информации. Инсайд. – 2023. – № 1. – С. 56-63.
2. Джонсон М. Разработка систем спутниковой связи / М. Джонсон, Х. Робертс. – Спрингер, 2022. – 318 с.
3. Иванов, А.В. Космические системы связи: современные технологии и перспективы развития / А.В. Иванов // Космическая техника и технологии. – 2023. – № 4(35). – С. 12-25.
4. Козлов, Д.В. Цифровая обработка сигналов в спутниковой связи / Д.В. Козлов // Электроника и связь. – 2023. – № 2. – С. 67-74.
5. Мартинес, Л. Космические интернет-технологии следующего поколения / Л. Мартинес // Акт космонавтики. – 2022. – Том 191. – С. 164-175.
6. Петров, С.М. Протоколы передачи данных в космических системах связи / С.М. Петров, Е.В. Сидорова // Информационные технологии в телекоммуникациях. – 2022. – № 3. – С. 45-53.
7. Смирнов, В.П. Системы телеметрии и управления космическими аппаратами / В.П. Смирнов // Автоматика и телемеханика. – 2022. – № 5. – С. 34-42.
8. Технологии беспроводной передачи данных в экстремальных условиях: монография / О.И. Смирнова, В.К. Белов; Воронежский

государственный лесотехнический университет. – Воронеж: ВГЛТУ, 2023. – 184 с.

9. Томпсон Р. Протоколы и стандарты космической связи / Р. Томпсон // Международный журнал спутниковой связи. – 2022. – Том 40, Выпуск 3. – С. 215-230.

10. Федеральное космическое агентство. Технический регламент систем связи МКС. – М.: Роскосмос, 2023. – 156 с.

References

1. Federal Space Agency. Technical regulations of the ISS communication systems. Moscow: Roscosmos, 2023. 156 p.

2. Gromov, K.A. Cybersecurity of space communication systems / K.A. Gromov // Information protection. Insid. – 2023. – No. 1. – pp. 56-63.

3. Ivanov, A.V. Space communication systems: modern technologies and development prospects / A.V. Ivanov // Space engineering and Technology. – 2023. – № 4(35). – Pp. 12-25.

4. Johnson M. Development of satellite communication systems / M. Johnson, H. Roberts. – Springer, 2022. – 318 p.

5. Kozlov, D.V. Digital signal processing in satellite communications / D.V. Kozlov // Electronics and communications. – 2023. – No. 2. – pp. 67-74.

6. Martinez, L. Space Internet technologies of the next generation / L. Martinez // The act of cosmonautics. – 2022. – Volume 191. – pp. 164-175.

7. Petrov, S.M. Data transmission protocols in space communication systems / S.M. Petrov, E.V. Sidorova // Information technologies in telecommunications. 2022. No. 3. pp. 45-53.

8. Smirnov, V.P. Systems of telemetry and control of spacecraft / V.P. Smirnov // Automation and telemechanics. - 2022. – No. 5. – pp. 34-42.

9. Thompson R. Protocols and standards of space communications / R. Thompson // International Journal of Satellite Communications. – 2022. – Volume 40, Issue 3. – pp. 215-230.

10. Wireless data transmission technologies in extreme conditions: a monograph / O.I. Smirnova, V.K. Belov; Voronezh State Forestry Engineering University. Voronezh: VGLTU, 2023. 184 p.