

Организация и перспективы использования оптических каналов связи в аэрокосмических системах

К. С. Юдыцкая, С. В. Лешкевич, В. А. Саечников

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
e-mail: kseniya.yudytskaya@gmail.com*

В работе описываются основные принципы организации оптического канала связи, рассматриваются основные численные характеристики, определяющие каналы связи, приводится описание схемы эксперимента, позволяющего моделировать процесс приема информации, рассматриваются перспективы использования связи в оптическом диапазоне для внутрибортовых коммуникаций в университетском наноспутнике.

Ключевые слова: оптический канал связи; внутрибортовые коммуникации.

Organization and prospects of using optical communication channels in aerospace systems

K. S. Yudytskaya, S. V. Liashkevich, V. A. Saetchnikov

Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: kseniya.yudytskaya@gmail.com

The paper presents the basic principles of the organization of the optical communication channel, discusses the main numerical characteristics that determine the communication channels, describes the experimental scheme that allows modeling the process of receiving information, discusses the prospects for using communication in the optical range for on-board communications in university nanosatellite.

Keywords: optical communication channel, on-board communication system.

Введение

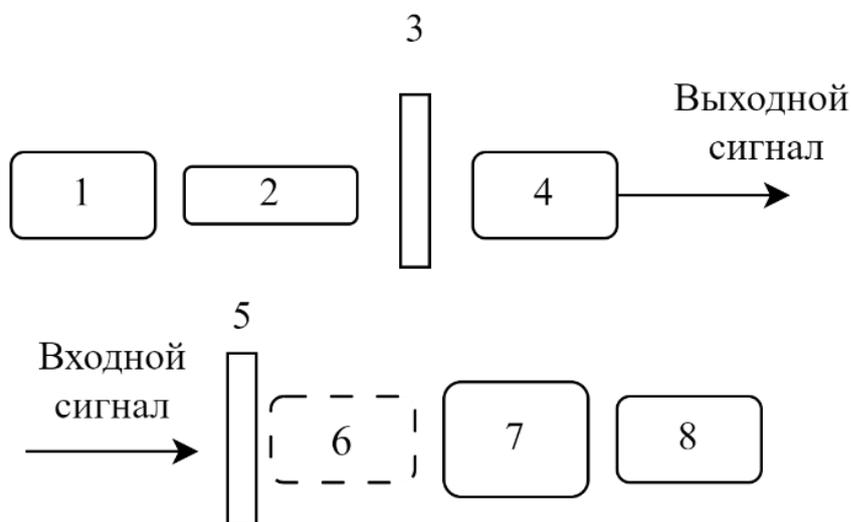
В связи с возрастающим числом устройств, использующий радиодиапазон для связи на орбите перспектива реализации связи в радиоканале представляется все более и более затруднительной. В качестве альтернативного способа обеспечения коммуникаций может выступать связь в оптическом диапазоне, приобретающая все большую популярность в сфере телекоммуникаций.

Поскольку современный уровень технических требований в области скорости передачи данных и помехоустойчивости связи на текущем этапе может быть удовлетворен с использованием оптических видов коммуникаций, данный вид связи нашел широкое применение не только при обеспечении обмена данными спутниковых систем, но и в области организации внутрибортовых коммуникаций. Так, например, принцип «Fly-by-light» широко реализуется в военной и гражданской авиации, в качестве одного из технически наиболее выгодных решений. В такой трактовке данный принцип предусматривает использование волоконно-оптических линий связи внутри корпуса летательного аппарата. При организации связи на небольшие расстояния волоконная линия также может быть заменена на полностью оптический беспроводной канал. Необходимо отметить, что применение находит возможность

реализации оптических видов между спутниками одной группировки или между бортовыми системами внутри одного спутника.

Организация оптического канала связи

Как правило, оптический канал связи для различных применений имеет структуру, представленную на рис. 1.



1 – модулятор, 2 – источник излучения, 3 – оптический фильтр, 4 – оптическая антенная система, 5 – оптический фильтр, 6 – усилитель, 7 – приемник излучения, 8 – демодулятор

Рис. 1. Обобщенная структура оптической линии связи

Для описания свойств оптической связи проводятся оценки энергетических и шумовых характеристик системы. Наибольший вклад в характеристики шума в оптической линии связи вносит фоновое излучение, которое можно оценить, как:

$$P_n = 10^{-2} \cdot S_p \cdot \angle\alpha \cdot \Delta\lambda \quad (1)$$

где S_p – площадь приемника; $\angle\alpha$ – угол зрения приемника; $\Delta\lambda$ – диапазон длин волн, принимаемый фотоприемником.

Минимальная мощность сигнала, которая может быть зарегистрирована фотоприемником, определяется способом модуляции и зависит от минимального обеспечиваемого отношения сигнал/шум при фиксируемом виде модуляции - N_M следующим образом:

$$P_s = N_M \cdot P_n \quad (2)$$

При организации оптического канала связи прибегают как правило к модуляции по амплитуде или интенсивности путем прямой модуляции тока диода и использованию схемы прямого детектирования, а также используют преобразователи модуляции для обеспечения независимости от частоты и фазы несущей. Применение в оптическом диапазоне находит также поляризационная модуляция.

Частота несущей зависит от сферы использования реализуемого канала. Разработаны аппаратно-программные средства как для организации высокоскоростной

модуляции в космической лазерной связи, так и более простые в реализации форматы с меньшей частотой. Длина волны излучения лазерных диодов, применяемых в оптических линиях связи, как правило, принадлежит диапазону 700–950 нм [1].

Важнейшее значение при проектировании оптических систем коммуникаций имеет расхождение оптического луча, определяющее длительность линии связи. При распространении оптического сигнала на длительные расстояния потери, связанные с расхождением луча, можно оценить в соответствии с выражением:

$$P_{\text{Lost}} = 10 \lg \left(\frac{\theta \cdot l}{D} \right)^2 \quad (3)$$

где θ – угол расходимости луча; l – расстояние до приемника; D – диаметр приемника [2].

Моделирование процесса передачи

При проектировании систем с использованием оптических видов коммуникаций одной из первоочередных задач является также выбор протокола передачи и обеспечение условий, позволяющих выполнять передачу информационных сигналов без помех, их прием и декодирование. Для моделирования процесса передачи информации, реализуя простейший протокол в оптическом диапазоне, используются светодиод с углом расходимости излучения $\theta = 20^\circ$ и кремниевый фотоприемник, с площадкой $S = 1 \text{ мм}^2$, установленные на макетной плате.

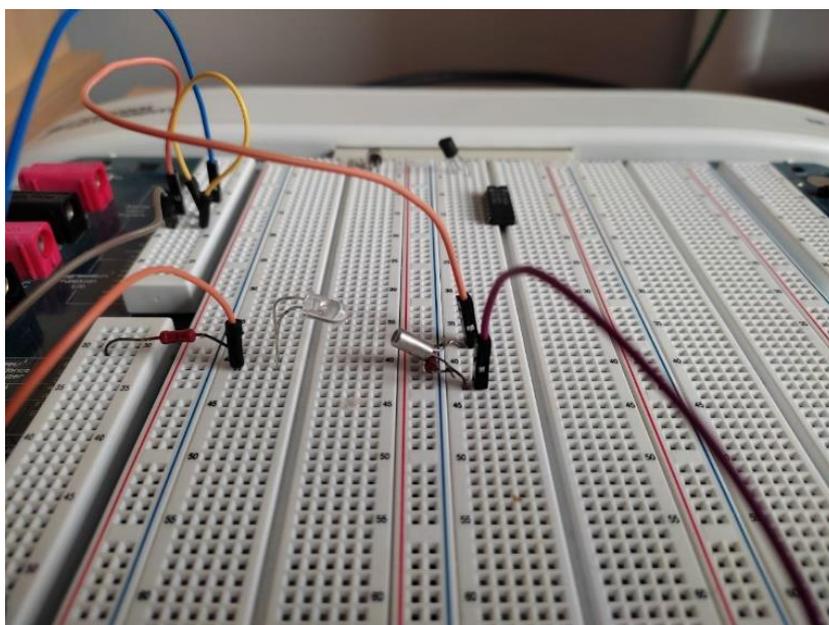


Рис. 2. Макетная плата с элементами схемы

Программная часть схемы предложена к реализации на базе графической среды разработки программ LabView, позволяющей воспроизводить работу приемопередающих устройств.

На рис. 3 представлена часть схемы, осуществляющая демонстрацию сигнала на входе фотоприемника и его запись в течении времени, необходимого для приема

8 бит в случае, если сигнал достиг уровня, превышающего порог. По истечении времени структура, работающая по принципу конечного автомата, переходит в состояние ожидания следующего сигнала, содержащего информационную последовательность.

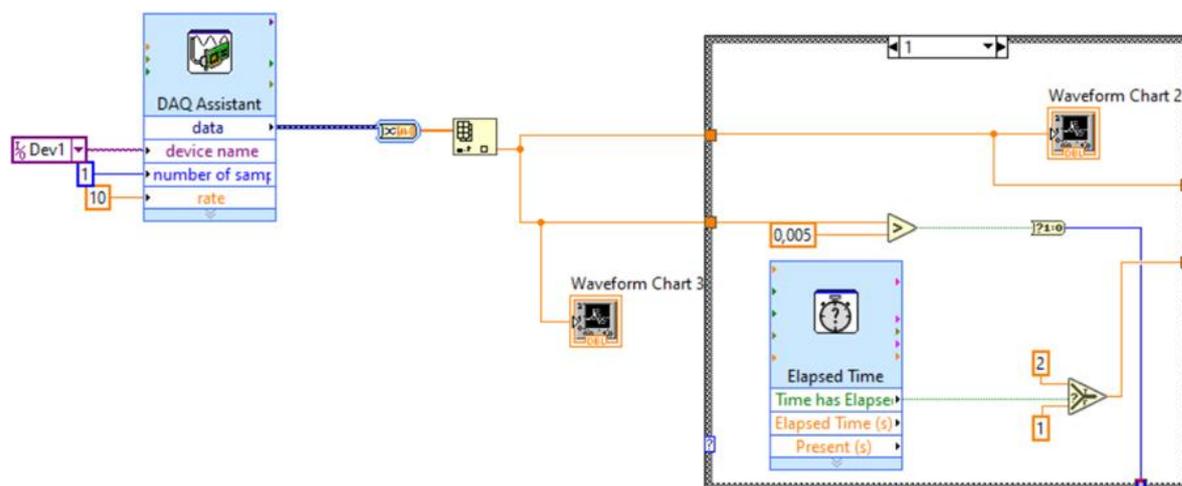


Рис. 3. Схема, осуществляющая управление приемом сигнала в LabView

На рис. 4 представлен принятый сигнал, который состоит только из информационной последовательности длиной 8 бит и не содержит лишних неинформационных бит.

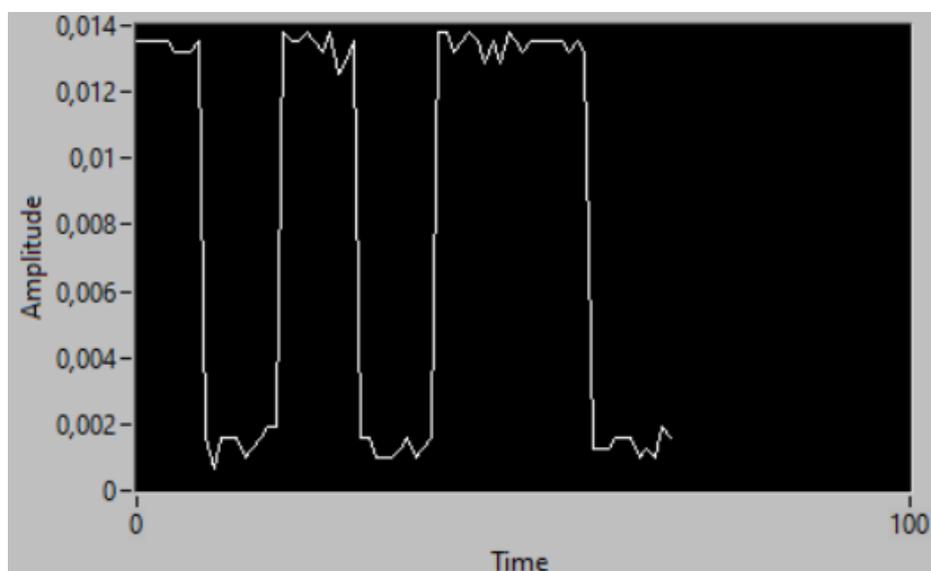


Рис. 4. Осциллограмма принятого сигнала

В аналогичном виде представимы многие сигналы, которые могут быть использованы для передачи информации между системами спутника или между спутниками. Ввиду этого перспективной представляется возможность организации оптического канала передачи внутри корпуса одного космического аппарата. Это свя-

зано в первую очередь с необходимостью организации связей между большим количеством отдельных управляющих систем и контроллеров, связанных с каждым отдельным модулем бортовой системы летательного аппарата, что влечет за собой увеличение числа информационных каналов.

Использование беспроводных каналов для связи систем спутника между собой может иметь решающую роль при необходимости обеспечения минимального веса систем летательного аппарата. Среди беспроводных видов соединений оптический канал связи может быть организован при использовании наиболее простых интерфейсов и способов модуляции. Кроме того, обеспечение связи при помощи беспроводных видов соединений позволяет избежать вредоносного влияния наводимых электромагнитных полей. Модули для обеспечения оптической связи характеризуются, как правило, меньшим энергопотреблением, что также имеет важную роль при проектировании малых космических аппаратов.

Описанная схема коммуникаций позволяет организовать работу канала связи между платами наноспутника, имеющего слотовую компоновку, как в случае университетского наноспутника BSUSSat-2, представленного на рис. 5.

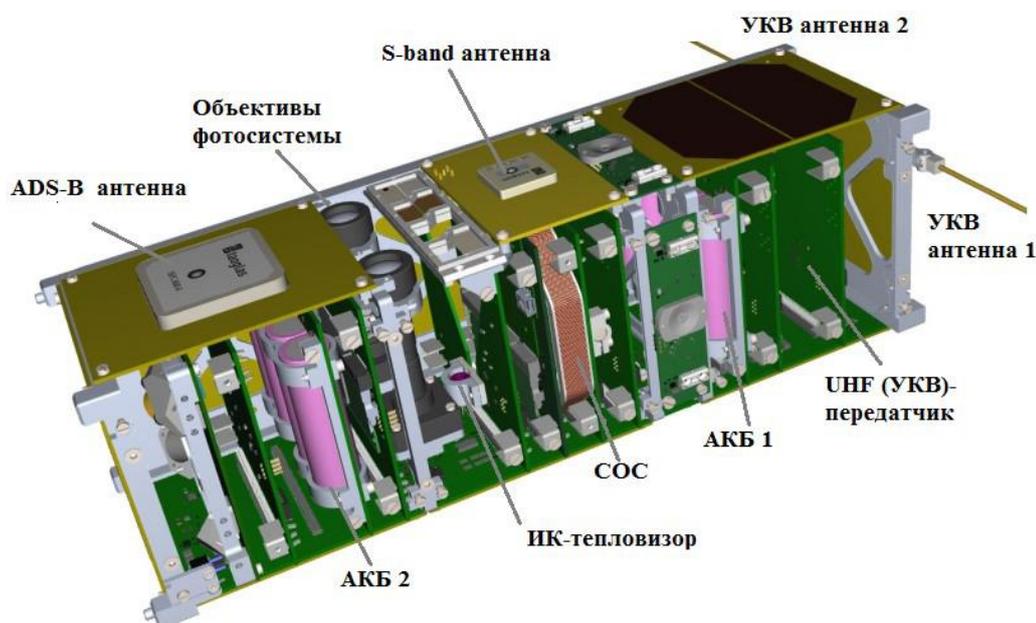


Рис. 5. Схема расположения модулей наноспутника

Ввиду небольшого расстояния между модулями, сигнал может быть без трудностей детектирован фотоприемником.

Библиографические ссылки

1. Аксененко М. Д., Бараночников М. Л. Приемники оптического излучения: Справочник. – М.: Радио и связь, 1987. 296 с
2. Ландсберг Г. С. Оптика. Учеб. пособие: Для вузов. – 6-е изд., стереот. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 848 с.