

О ПЕРЕДАЧЕ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ ПО РАДИОКАНАЛУ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ЦИФРОВОЙ МОДУЛЯЦИИ СИГНАЛА

Рассматриваются вопросы передачи широкоформатных видеоизображений по беспроводным каналам связи, представляются математические зависимости и примеры графиков распространения радиосигнала с амплитудной и частотной цифровой модуляцией, приводятся примеры технических задач, требующих использования цифровой модуляции сигнала, в контексте этих задач даются рекомендации относительно выбора оптимального типа модуляции с точки зрения пропускной способности радиоканала и мощности передающего устройства.

Ключевые слова: панорамная съёмка, широкоформатное изображение, передача, радиоканал, цифровая модуляция.

В последнее время особую актуальность приобрела задача о статистическом анализе автотранспортных потоков мегаполисов (с целью сокращения количества транспортных заторов) [1], а также задача автоматизированной идентификации очагов возгорания лесных массивов с целью их скорейшей нейтрализации [2]. Обе указанные задачи можно решать при использовании цифровых панорамных аэровидеоизображений, получаемых с помощью малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (например, квадрокоптеров).

Однако, для качественной идентификации нужных фрагментов изображений и достоверности анализа необходимо иметь широкоформатные изображения, передача которых, в свою очередь, требует значительной мощности передающего устройства (массово-габаритные показатели передатчика при этом резко возрастают).

Между тем известно, что для беспроводной передачи видеоизображений применяются в основном два типа цифровой модуляции радиосигнала: амплитудная и частотная (а также их различные модификации и сочетания) [4; 5]. В этой связи имеет смысл параметрическая оценка и сопряжение типов цифровой модуляции с указанными техническими задачами.

Рассмотрим основные типы цифровой модуляции радиосигнала более подробно. При амплитудной цифровой модуляции (см. рис. 1) дискретной по уровню и переменной во времени является амплитуда полезного сигнала. Напряжение на приёмной антенне, в зависимости от времени и расстояния передачи, может быть приближённо вычислено по формуле:

$$U(t, x) = A(t)e^{-\lambda x} \sin(2\pi vt), \quad A(t) \in \mathbb{Z},$$

где $U(t, x)$ – напряжение полезного сигнала;

$A(t)$ – амплитуда полезного сигнала;

λ – показатель затухания (ослабления) сигнала в пространстве;

v – частота сигнала;

t – время;

x – координата (в данном случае ассоциируется с расстоянием между передающей и приёмной антеннами).

Здесь скачкообразно варьируется амплитуда полезного сигнала, а количество уровней амплитуды должно изначально быть выбрано равным количеству элементов ансамбля (множества) передаваемых цифровых символов плюс несколько уровней для управляющих символов (символизирующих, например, начало или конец очередной строки).

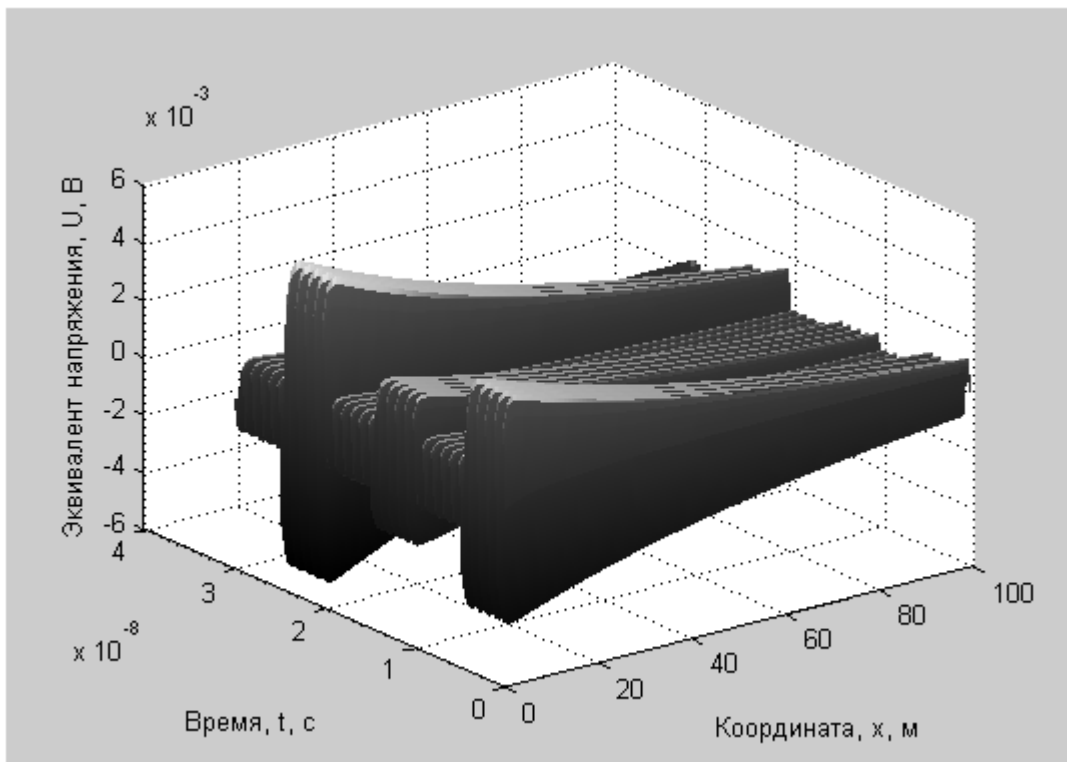


Рис. 1. Эквивалент напряжения распространения для сигнала с амплитудной цифровой модуляцией

Если зафиксировать координату x , то получим одномерный график напряжения на приёмной антенне в этой точке (при этом время распространения радиосигнала между антеннами не учитывалось).

В случае частотной модуляции (см. рис. 2) дискретной по уровню и переменной во времени является уже частота v , а напряжение на приёмной антенне может быть приближённо вычислено по формуле:

$$U(t, x) = Ae^{-\lambda x} \sin(2\pi v(t)t), \quad v(t) \in \mathbb{Z}.$$

В этом случае цифровой сигнал передаётся уже не за счёт изменения амплитуды, а за счёт «сгущений» и «разрежений» количества гармоник полезного сигнала по оси времени.

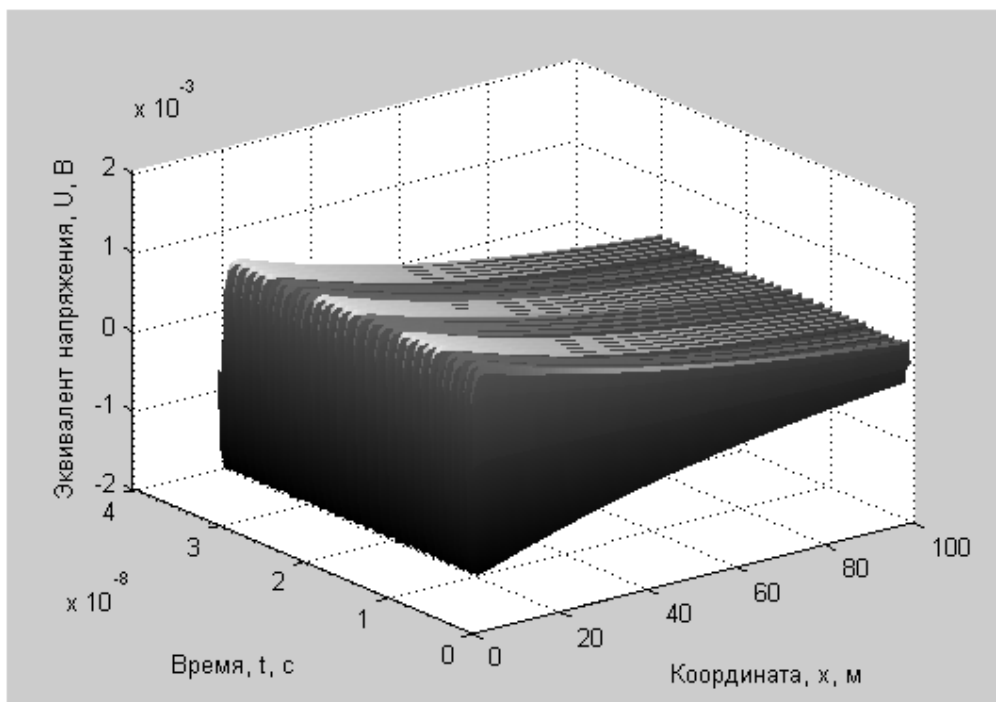


Рис. 2. Эквивалент напряжения распространения для сигнала с частотной цифровой модуляцией

Графики получены в среде MATLAB [3]. Независимо от типа модуляции и несущей частоты (частот), изображения передаются в виде бинарных кодов, а минимальным объёмом передаваемой информации обычно является бит, тетрада или байт. Так, в случае побитовой передачи кодов изображений достаточно двух информационных уровней амплитуды или двух уровней частоты. В случае тетрады потребуется уже 16 уровней варьируемого параметра.

В этой связи, возвращаясь к рассматриваемым прикладным техническим задачам, следует отметить, что в задаче об анализе транспортных потоков, для того, чтобы достоверно вычислять не только количества, но и скорости движения автомобилей, требуется обеспечивать частоту следования кадров не менее 3 кадров/с. По этой причине здесь больше подойдёт амплитудная цифровая модуляция (либо амплитудная квадратурная). Минимальный объём передаваемой информации целесообразно задавать байтом (в случае передачи «сырых» изображений), либо тетрадой (в случае использования алгоритмов компрессии). В результате обеспечивается высокое значение пропускной способности радиоканала, но неизбежно возрастают требования к мощности передатчика.

В задаче о лесных пожарах более предпочтительно выглядит частотная цифровая модуляция с передачей кодов изображений по принципу «бит за битом», поскольку требования к пропускной способности радиоканала здесь не так критичны (для того, чтобы оценить скорость и основное направление распространения пожара высокая частота передачи изображений не требуется, а период между передачей пары соседних изображений может достигать нескольких минут). В результате, здесь рекомендуется использовать передатчик с низкой мощностью и малыми габаритами, а требования к высокому значению пропускной способности радиоканала отпадают.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калистратов Д.С., Минаков Е.И, Бархоткин В.А., Киселёв А.П. Статистический анализ и компрессия цифровых аэровидеоизображений транспортных потоков: монография. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. – 121 с.

2. Минаков Е.И., Калистратов Д.С., Мирчук С.Г. Метод идентификации проекций очагов возгорания лесных массивов по цифровым видеоизображениям // Цифровая обработка сигналов. – 2017. – № 4. – С. 30–33.
3. Поршнева С.В. MATLAB 7. Основы работы и программирования: учебник. – М.: Изд-во «Бином. Лаборатория знаний», 2006. – 320 с.
4. Прокис Джон. Цифровая связь. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
5. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.

Kalistratov D.S.

Candidate of Engineering Sciences, Doctoral Candidate, assistant

Tula State University
Russia, Tula

ON THE TRANSFER OF VIDEOS ON A RADIO CHANNEL WITH DIFFERENT TYPES OF DIGITAL SIGNAL MODULATION

In the article discusses the transmission of wide-format video images over wireless communication channels, presents mathematical dependencies and examples of radio signal propagation graphs with amplitude and frequency digital modulation, provides examples of technical problems requiring the use of digital signal modulation, in the context of these tasks recommendations are made on choosing the optimal modulation type in terms of radio channel capacity and transmit power.

Key words: panoramic, widescreen image, transmission, radio channel, digital modulation.