УДК 621.397

ЦИФРОВАЯ ТЕЛЕВИЗИОННАЯ РАДИОЛИНИЯ

И.В. Дорошенко, заместитель начальника СКБ ЗАО «МНИТИ»
В.А. Осокин, старший научный сотрудник ЗАО «МНИТИ», к.т.н.
В.В. Самович, заместитель начальника отдела ЗАО «МНИТИ»
В.Т. Шабаров, заместитель генерального директора, начальник СКБ ЗАО «МНИТИ»; mniti@mniti.ru

Ключевые слова: *радиолиния, модуляция COFDM, DVB-T, цифровое телевизионное вещание.*

Введение. Современные методы преобразования и передачи телевизионного сигнала по стандарту DVB-T/DVB-T2 обеспечивают его высокую помехоустойчивость и надежный прием в сложных условиях (работа в движении, низкий уровень сигнала в точке приема, отсутствие прямой радиовидимости между приемной и передающей антеннами, наличие отраженных сигналов и т.д.). Естественно, что эти методы находят все более широкое применение не только в наземном цифровом ТВ-вещании, но и в таких радиосистемах, как цифровые ТВ-радиолинии, используемые для беспроводной передачи/приема сигналов изображения, звука и данных [1–3]. Их использованию в радиолиниях способствует также наличие технических решений и электронных компонентов, разработанных в первую очередь для аппаратуры ТВ-вещания, но в то же время пригодных и для построения радиолиний.

Основными областями применения цифровых телевизионных радиолиний являются ТВ-вещание и видеонаблюдение.

В ТВ-вещании радиолинии используются в тех случаях, когда передача идет в «прямом эфире» и требуется обеспечить свободное, не ограниченное кабелем перемещение оператора относительно объекта съемки. При этом передатчик радиолинии размещается либо непосредственно на камере, либо в небольшом рюкзаке за спиной оператора, а приемник устанавливается в аппаратной стойке. Типичный пример – оснащение радиолиниями передвижных ТВ-станций, предназначенных для передачи прямых репортажей с мест событий.

В системах видеонаблюдения радиолинии применяются при технической невозможности или экономической нецелесообразности прокладки кабеля между передающей и приемной сторонами. Примером может служить установка ТВ-камер с передатчиками на вертолетах, беспилотных летательных и наземных аппаратах, а также в мобильных и стационарных пунктах видеонаблюдения [4–6].

В ЗАО «МНИТИ» разработана цифровая телевизионная радиолиния (рис. 1), которая может использоваться как в ТВ-вещании, так и в системах видеонаблюдения. В ее состав входят передатчик, приемник и комплект антенн.

Передатчик радиолинии. Видеосигналы (стандартной или высокой четкости) и аудиосигналы, поступающие от камеры или другого источника информации на соответствующие входы передатчика, преобразуются в цифровую форму в блоке интерфейсов. Далее они подвергаются кодированию в соответствии со стандартом MPEG-4 (H.264/AVC High Profile/Level 4.0).

Транспортный поток с выхода кодера подается на вход модулятора, вырабатывающего выходной сигнал в соответствии со стандартом DVB-T. Номинальная ширина полосы частот выходного сигнала модулятора – 8 МГц, центральная частота – 36 МГц. Для переноса сигнала с частоты 36 МГц на рабочую частоту радиолинии в диапазоне от 2,0 до 2,5 ГГц (в том числе в полосе от 2,4 до 2,4835 ГГц, отведенной для устройств малого радиуса действия) используется повышающий преобразователь частоты. В его составе имеется также усилитель мощности, обеспечивающий получение сигнала на выходе передатчика с уровнем 10 или 100 мВт.

Выходная мощность, рабочая частота, параметры модуляции и другие параметры передатчика оперативно устанавливаются с учетом условий применения радиолинии. При передаче изображений высокой четкости предпочтительными сочетаниями параметров передаваемого сигнала являются: QPSK, 2/3, 1/8; 16 QAM, 1/2, 1/8; 64 QAM, 2/3, 1/16 (метод кодирования первичного потока; скорость кода; защитный интервал) [7]. Для установки параметров используются либо встроенный пульт управления с жидкокристаллическим дисплеем и кнопками, либо персональный компьютер, подключаемый к входу управления (интерфейс – USB). Работу блоков передатчика координируют микроконтроллеры.

Конструкция передатчика позволяет размещать его на камере вместо аккумулятора Anton Bauer. При этом аккумулятор устанавливается на передатчик и питает одновременно и его, и камеру. На верхней плоскости корпуса передатчика имеется разъем

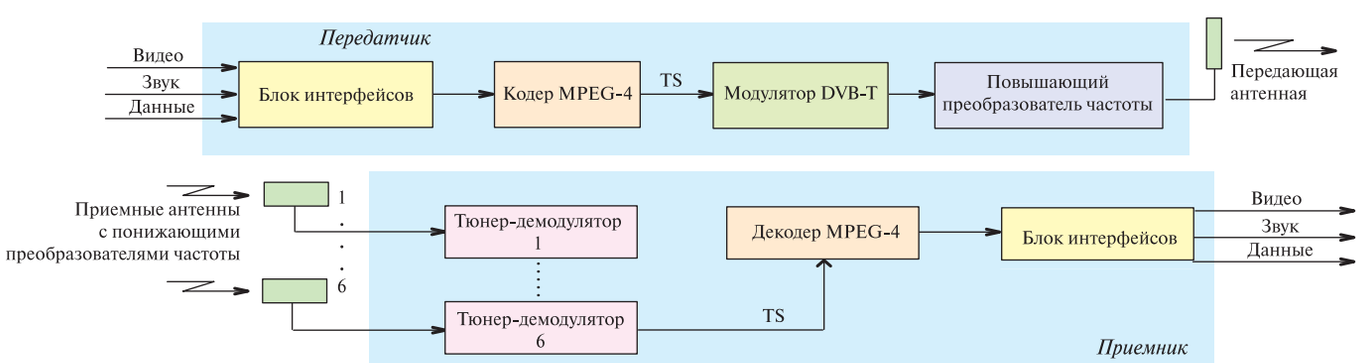

Рис. 1

Рис. 2

N-типа для подключения фидера передающей антенны. Габаритные размеры передатчика с элементами крепления (Д×Ш×В) – 216×110×85 мм. Внешний вид передатчика радиолинии (с коротким фидером и антенной с круговой диаграммой направленности) представлен на рис. 2.

Приемник радиолинии. В состав приемника радиолинии (рис. 3) входят тюнеры-демодуляторы, декодер MPEG-4 (H.264/AVC) и блок интерфейсов, формирующий выходные видео- и аудиосигналы, а также сигналы данных.

Интегральные тюнеры-демодуляторы позволяют реализовать метод приема сигнала на разнесенные антенны (MRC-FFT). Данный метод существенно повышает надежность приема полезного сигнала, в том числе при наличии отраженных сигналов с изменяющимся уровнем, что особенно актуально для случаев, когда передатчик радиолинии установлен на подвижном объекте [8, 9].

На входы приемника подаются сигналы с выходов понижающих преобразователей частоты, размещенных в приемных панельных антеннах. Приемник имеет шесть входов (разъемы F-типа), и соответственно максимальное количество подключаемых к нему антенн равно шести.

Рис. 3

Приемник работает в диапазоне частот от 470 до 862 МГц (IV и V диапазоны). Частота приема устанавливается с учетом частоты передатчика и частоты гетеродина понижающего преобразователя. Разность между ними определяется автоматически – пользователю остается лишь задать значение частоты гетеродина и значение частоты приема, равное частоте передатчика. Установка частоты и других параметров приемника осуществляется либо с встроенного пульта управления, аналогичного тому, что применяется в передатчике, либо с помощью персонального компьютера.

Декодер выполняет преобразование транспортного потока, поступающего на его вход с цепочки тюнеров-демодуляторов или от внешнего источника (вход ASI). После декодирования на выходе блока интерфейсов формируются видео- и аудиосигналы, а также сигналы данных. Управление работой блоков приемника осуществляется посредством микроконтроллеров.

Приемник рассчитан на питание от электросети переменного тока 220 В, 50 Гц. Для питания понижающих преобразователей частоты на соответствующих входах приемника имеется напряжение 12 В постоянного тока.

Конструктивно приемник выполнен в виде блока высотой 1U, устанавливаемого в стандартную 19-дюймовую аппаратную стойку. Функцию принудительного охлаждения выполняют два компактных вентилятора. Габаритные размеры приемника без выступающих частей (Ш×Г×В) – 448×285×44 мм. Внешний вид задней панели приемника приведен на рис. 4.

Комплект антенн. В его состав (рис. 5) входят:

- передающая антенна с круговой диаграммой направленности;
- передающие панельные антенны с секторной диаграммой направленности;
- приемная панельная антенна с секторной диаграммой направленности со встроенным понижающим преобразователем частоты (до шести антенн).

Поляризация всех антенн – вертикальная.

Передающая антенна с круговой диаграммой направленности применяется в случае, когда во время съемки камера с передатчиком перемещается. Она выполнена по схеме коаксиального вибратора и представляет собой полуволновый диполь с плечами разного диаметра. Коэффициент усиления антенны 2 dBi, коэффициент стоячей волны по напряжению не более 1,5 в полосе частот от 1,5 до 2,8 ГГц, волновое сопротивление 50 Ом. Антенна закрыта радиопрозрачным кожухом цилиндрической формы диаметром 40 мм. Длина антенны с разъемом N-типа 112 мм. Небольшая масса антенны позволяет устанавливать ее непосредственно на коротком фидере, подсоединенном к выходному высокочастотному разъему передатчика.

При установке передатчика на мобильных объектах (без работы в движении) применяется *передающая панельная антенна с секторной диаграммой направленности*. Она представляет собой двухэлементную решетку с синфазным питанием. Антенна имеет

Рис. 4

Рис. 5

коэффициент усиления 12 dBi и коэффициент стоячей волны по напряжению не более 1,75 в полосе частот от 2,0 до 2,5 ГГц. Угол раствора диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости около 60°. Для подключения фидера используется разъем N-типа (50 Ом).

Передняя часть антенны защищена радиопрозрачным кожухом из ABS-пластика, с тыльной стороны установлен металлический кожух. Антенна укомплектована кронштейном, позволяющим размещать ее на опорах различного диаметра, при этом возможна установка антенны с отклонением от вертикали вверх и вниз. Габаритные размеры антенны без кронштейна (Ш×В×Г) – 205×262×80 мм.

При стационарной установке передатчика используется четырехэлементная передающая панельная антенна высотой 430 мм с коэффициентом усиления 15 dBi.

Приемная панельная антенна устроена аналогично двухэлементной передающей, но имеет встроенный понижающий преобразователь частоты, выход которого посредством фидера подключается к входу приемника. Электропитание преобразователя (напряжение 9–16 В постоянного тока) осуществляется от приемника по фидеру.

Поскольку диапазон частот входных сигналов приемника менее 0,5 ГГц, для перекрытия всего диапазона рабочих частот (от 2,0 до 2,5 ГГц) необходимо разбить его на два поддиапазона: 1-й поддиапазон – от 2,0 до 2,28 ГГц, 2-й поддиапазон – от 2,22 до 2,5 ГГц. Это достигается путем изменения частоты гетеродина преобразователя.

Применение антенной системы, состоящей из шести приемных антенн, расположенных по окружности, позволяет реализовать круговую диаграмму направленности при высоком коэффициенте усиления.

Рассмотренные выше передающие антенны могут использоваться и в качестве приемных при наличии внешних понижающих преобразователей частоты.

Заключение. Испытания радиолинии в различных условиях показали возможность ее успешного применения для передачи/приема сигналов изображения и звука, а также данных.

Дальнейшими направлениями работ в этой области могут быть:

- повышение устойчивости передатчиков к внешним воздействующим механическим и климатическим факторам;
- снижение энергопотребления и уменьшение габаритов и массы передатчиков;
- использование методов передачи/приема, предусмотренных стандартом DVB-T2;
- сокращение времени задержки сигнала при кодировании/декодировании;
- создание устройств, работающих в диапазоне от 7,15 до 7,75 ГГц, отдельные участки которого в соответствии с Таблицей распределения полос частот [10] могут использоваться передвижными и стационарными репортажными ТВ-станциями с мощностью передатчиков не более 1 Вт.

Положительные результаты работ в указанных направлениях будут способствовать расширению области применения создаваемых цифровых телевизионных радиолиний.

В разработке представленной радиолинии принимали участие специалисты Научно-производственного предприятия «Цифровые решения» и научно-исследовательской части Московского технического университета связи и информатики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каталог продукции компании GMS (Cobham)// www.cobham/gms.com.
2. Каталог продукции компании BMS // www.bms-inc.com.
3. Каталог продукции компании Nucomm (IMT)// www.imt-solutions.com.
4. **Слюсар В.** Передача данных с борта БПЛА: стандарты НАТО// Электроника: наука, технология, бизнес. – 2010. – № 3.
5. **Слюсар В.** Радиолинии связи с БПЛА: примеры реализации// Электроника: наука, технология, бизнес. – 2010. – № 5.
6. **Ксензенко П.Я., Химич П.В.** Модуляция COFDM. Новые возможности для видеонаблюдения// Бизнес и безопасность. – 2007. – № 6.
7. **Pittas J.L.** (Fujitsu Computer Products of America, Inc.) Getting the shot: Advanced MPEG-4 AVC encoding and robust COFDM modulation deliver HD-ENG// SMPTE 2008 Technical Conference and Expo.
8. Информация компании BMS (White paper). Multi-Way Diversity Reception for Digital Microwave Systems// www.bms-inc.com.
9. Информация компании DIBcom (White paper № 3 – Rev. B May 08). Advantages of Diversity implementation on mobile & portable TV receivers// www.dibcom.com.
10. Таблица распределения полос частот между радиослужбами Российской Федерации (п. 278)/ ФГУП «Главный радиочастотный центр»// www.grfc.ru.

Получено 30.12.11

Не забудьте подписаться на журнал «Электросвязь»

• **во всех почтовых отделениях по каталогам:**
«Агентство «Роспечать», индекс – 71107; «Пресса России», индекс – 41411; «Почта России», индекс – 61854;

• **через альтернативные агентства:**
«Урал-Пресс», тел. (495) 789-8636; «Интер-Почта 2003», тел. (495) 788-0060; «Артос-Гал», тел.(495) 981-0324; «Глобал Пресс Логистик», тел. (499) 269-0900;

• **в редакции журнала «Электросвязь»**
тел. (495) 625-84-36, e-mail: tim@elsv.ru www.elsv.ru