

ПЕРЕДАЧА ТЕХНИЧЕСКОГО ВИДЕО

ПО ГИБРИДНОЙ БЕСПРОВОДНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ 2,4-/60-ГГц

Н.Зайцев, В.Любченко,
И.Еремин

Видеонаблюдение в реальном времени с передачей информации через беспроводную сеть необходимо во многих научных экспериментах и технологических процессах – например, при использовании вредных веществ и биологических объектов или при проведении работ в “чистых” комнатах. Из высокоскоростных беспроводных сетей сегодня наиболее распространены технологии группы стандартов IEEE 802.11 в диапазонах частот 2,4 и 5 ГГц, рассчитанные на скорость передачи данных 11 и 54/108 Мбит/с. Однако оборудование таких сетей подвержено взаимным помехам и недостаточно защищено от перехвата информации [1]. Освоение частотных диапазонов на миллиметровых волнах (диапазон частот от 30 до 300 ГГц, далее ММВ) для построения беспроводной локальной сети в перспективе позволит обеспечить множественный доступ к видеокамерам и одновременно решить проблему взаимных помех и защиты информации [2]. В этом отношении представляет интерес экспериментальная гибридная беспроводная сеть с видеокамерой, включающая в себя устройство стандарта 802.11b на частоте 2,4 ГГц и ММВ-канал волноводной конструкции для передачи на частоте 60 ГГц.

МИЛЛИМЕТРОВЫЙ ДИАПАЗОН: ДОСТОИНСТВА И ПРОБЛЕМЫ

Диапазон частот вблизи 60 ГГц из-за сильного затухания в строительных материалах и атмосфере (~15 дБ/км) не пригоден для связи на больших расстояниях. Однако в силу этих же причин он способен обеспечить высокий уровень помехозащищенности и конфиденциальности связи внутри помещений на расстояниях в десятки метров при условии прямой видимости. Этот диапазон традиционно относится к нелицензируемым как в отечественной, так и в иностранной литературе.

Несмотря на появление стандарта IEEE 802.16.-2004 на беспроводные сети в диапазоне частот 10–66 ГГц [3], на рынке отсутствует поддерживающая его аппаратура. Появление граничной частоты 66 ГГц объясняется, по-видимому, необходимостью включить в рассмотрение связанной диапазон вокруг 60 ГГц, тогда как в Регламенте радиосвязи принято разделение на диапазоны 59–66 ГГц, далее следует 66–76 ГГц. В стандарте нет никаких частотных пла-

нов. Рекомендован метод связи на одной несущей с ограничением максимальной полосы пропускания канала в 28 МГц при нестабильности центральной частоты не более $\pm 8 \cdot 10^{-6}$ для базовой и $\pm 1 \cdot 10^{-6}$ для пользовательской станций. Многолучевость описана тремя моделями для всего диапазона 10–66 ГГц. Остаются нерешенными и другие проблемы построения ММВ-сети [4], в том числе создание коммутируемой ММВ-антенны для точки доступа, а также исследование характеристик ММВ-многолучевости в условиях городской застройки и в помещениях.

Фактическое вхождение стандарта в жизнь зависит от наполнения рынка доступной для массового пользователя аппаратурой. Пока же имеются лишь экспериментальные разработки ММВ-трансиверов по интегральной технологии [5, 6].

МИЛЛИМЕТРОВЫЙ РАДИОКАНАЛ В СЕТИ С ВИДЕОКАМЕРОЙ СТАНДАРТА 802.11b

Задача состояла в построении сети видеонаблюдения с ММВ-каналом связи с видеокамерой, т.е. доступ к изображению на видеокамере должен быть многопользовательский. В начале пути освоения ММВ за основу пришлось брать кабельную сеть или беспроводную сеть диапазона 2,4 ГГц и, внедряя в их отдельные ветви радиоканал на ММВ, строить гибридную сеть. В частности, в нашем эксперименте использовалось оборудование стандарта 802.11b на скорость передачи данных 11 Мбит/с. В состав сети входила точка доступа, два пользовательских терминала с сетевыми картами и беспроводная сетевая камера (типа ICA-100W). Достоинства сетевой видеокамеры в том, что она может непосредственно, без дополнительных устройств, включаться в беспроводную сеть. Причем управлять параметрами видеокамеры можно дистанционно: изменять частоту кадров, количество пикселей в изображении, включать и выключать камеру, делать стоп-кадр, а при наличии нескольких камер – получать многоформатную картину.

Эксперимент состоял во внедрении ММВ-канала между сетевыми адаптерами видеокамеры и компьютера пользователя. Удалив антенну у сетевого адаптера пользователя, удалось добиться прекращения связи в диапазоне 2,4 ГГц. После этого в антенное гнездо сетевого адаптера пользователя была подключена аппаратура ММВ-канала.

В минимальной конфигурации передающий модуль ММВ-канала можно реализовать как преобразователь вверх частоты сигнала локальной сети (2,4/60 ГГц), а приемный модуль – как преобразователь вниз (смеситель) частоты (60/2,4 ГГц) (см. таблицу). В качестве задающего генератора и гетеродина использовались генераторы Ганна, а в качестве перемножителей – диоды Шоттки. Оба преобразователя имеют волноводную конструкцию в канале сечением 3,6x1,8 мм.



Основные технические характеристики ММВ-преобразователей [7]:

Частота задающего генератора преобразователя вверх, ГГц	...60
Частота гетеродина смесителя, ГГц	...60
Мощность задающего генератора преобразователя вверх, мВт	...29
Мощность гетеродина смесителя, мВт	...21
Нестабильность частоты задающего генератора	... 10^{-4}
Нестабильность частоты гетеродина смесителя	... $3 \cdot 10^{-4}$
Потери преобразования смесителя, дБ	...5,2
Выходная мощность преобразователя вверх в двухполосном режиме на частоте модулирующего сигнала 2,3–2,6 ГГц при мощности 15 мВт, мВт	...3,5

Сделаем оценку требований к нестабильности частоты задающего генератора ММВ-преобразователя, способного работать в гибридной сети стандарта 802.11b, для которого нестабильность частоты 2,45 ГГц составляет $\pm 25 \cdot 10^{-6}$ [8]. Разделив эту величину на отношение частот 60/2,45 ГГц @ 25, получим, что допустимая нестабильность ММВ-генератора должна быть не хуже чем $\pm 10^{-6}$. Величина нестабильности генераторов Ганна без стабилизации – на уровне 10^{-4} , что на два порядка больше, чем требуется. В принципе проблема решается с помощью синтезатора частоты со стабилизацией от кварца. Однако этот подход весьма дорогостоящий и, будучи оправданным в радиорелейных станциях, не годится для массового пользователя. Поэтому для синхронизации на ММВ необходимо найти другие решения.

В нашем же эксперименте проверку работоспособности ММВ-преобразователей пришлось выполнять в режиме шлейфа с одним общим генератором Ганна для преобразователей вверх и вниз (рис. 1). Причем ММВ-канал работал только в направлении передачи, в то время как в направлении на прием действовал радиоканал 2,4 ГГц.

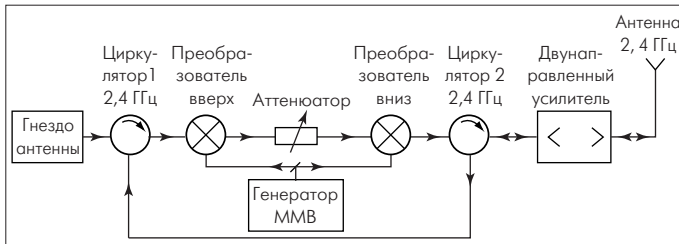


Рис. 1. Структурная схема проверки работоспособности ММВ-радио-канала

Беспроводный ММВ-канал эмулировался аттенуатором, т.е. был закрытым (рис. 2). Гибридная сеть 2,4/60 ГГц в таком виде нормально работала при суммарном затухании сигнала в аттенуаторах около 70 дБ. С учетом предполагаемого усиления 20 дБ двух рупор-

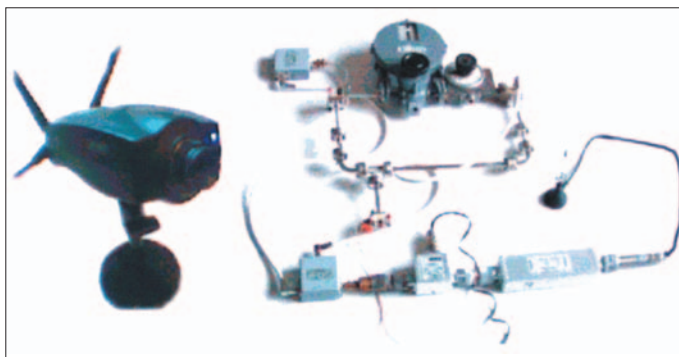


Рис. 2. Общий вид беспроводной видеокамеры и миллиметрового радиоканала в диапазоне 60 ГГц, встроенного в разрыв беспроводной сети 2,4 ГГц стандарта 802.11b

ных антенн энергетический потенциал миллиметрового радиоканала составит 110 дБ.

В дальнейшем такой потенциал позволит работать

с антеннами при расстоянии между ними в несколько метров.

Таким образом, можно констатировать, что сегодня одна из ключевых проблем для массового оборудования диапазона ММВ – это задача синхронизации. Однако в этом направлении наметился ряд новых подходов. Один из них – метод "самогетеродинирования" ("self-heterodyne technique"), описанный в работе [6]. Его суть: передатчик одновременно с полезным сигналом $s = u \sin(\omega_0 + \omega_m)t$ излучает примерно с таким же уровнем мощности сигнал несущей частоты (гетеродина) $s_0 = u \sin \omega_0 t$ (рис. 3). В приемнике оба сигнала усиливаются, фильтруются и поступают на квадратичный детектор, выполняющий преобразование $(s + s_0)^2$. Выходной сигнал квадратичного детектора, без учета амплитуд и в предположении, что они равны, будет иметь вид $[\sin(\omega_0 + \omega_m)t + \sin \omega_0 t]^2 = 1 - 0,5 \cos 2(\omega_0 + \omega_m)t - 0,5 \cos 2\omega_0 t + 2 \sin(\omega_0 + \omega_m)t \sin \omega_0 t$. Последнее слагаемое равно $\cos \omega_m t - \cos(2\omega_0 + \omega_m)t$. Таким образом, квадратичный детектор фактически выполняет функцию смесителя, и после фильтрации можно выделить модулирующий несущую сигнал $\cos \omega_m t$. При этом система связи оказывается нечувствительной к фазовому шуму и уходам частоты, поскольку принятый сигнал и "самогетеродин" точно коррелированы.

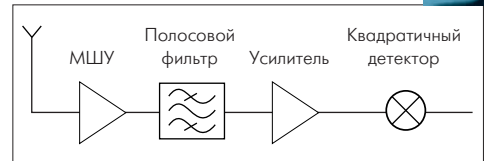


Рис. 3. Приемный модуль для метода "самогетеродинирования"

В заключение отметим, что сделан очередной шаг по построению беспроводной сети на миллиметровых волнах. Следующий шаг – создание действующего дуплексного ММВ-радиоканала с антеннами – предполагается в ближайшем будущем.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 04-07-90111в.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шахнович И. Беспроводные локальные сети. Анатомия стандартов IEEE 802.11. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2003, № 1, с.38–48.
2. Зайцев Н.М., Любченко В.Е., Соколов А.В., Федорова Л.В. Линии связи на миллиметровых волнах в локальных информационных сетях. – Радиотехника, 2003, №11, с. 26–34.
3. Шахнович И. Сети городского масштаба: решения рабочей группы IEEE 802.16 – в жизнь. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2003, №8, с.50–56.
4. Zaitsev N.M., Dolotko V.I. Five problems of mm-wave range WLAN. – Proceedings of MSMW'04, 21–25 Juny, Kharkov, 2004, p. 837–838.
5. K.S. Yang et al. 60GHz highly integrated small mobile terminal for radio-on-fibre millimeter-wave communication system. – Electronics Letters, Oct. 2004, vol.40, No.22.
6. Y.Shoji and H. Ogawa. 70GHz-Band MMIC Transceiver With Integrated Antenna Diversity System: Application of Receiver-Module-Arrayed Self-Heterodyne Technique. – IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Nov. 2004, vol.52, No.11, p. 2541–2549.
7. Lyubchenko V.E, Eryomin I.S., Zaitsev N.M. Converters 2,4/60GHz for "the last mile" technology. – Proceedings of MIKON 2004, Warsaw, 2004, p.737–739.
8. Феер К. Беспроводная цифровая связь. – М.: Мир, 1979.