

А.А. Стрельницкий, А.А. Цопа, А.И. Цопа, В.М. Шокало  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники

## СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ ПО БЕСПРОВОДНЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ

© Стрельницкий А.А., Цопа А.А., Цопа А.И., Шокало В.М., 2008

На прикладі WiMAX мережі вивчено способи підвищення і кількісної оцінки якості передавання відеоінформації по безпроводних каналах зв'язку.

In this article on the example of the WiMAX network the methods of increase and quantitative estimation of videoinformation transmission are studied on wireless communication channels.

### Введение

Широкое внедрение IP-телефонии, видеоконференций, IPTV и других мультимедиа приложений породило проблему обеспечения гарантированного качества передачи видеоинформации по каналам связи как при отсутствии, так и при наличии помех. Решение этой актуальной задачи сопряжено с исследованием целого ряда вопросов, в том числе и связанных с разработкой устройств частотной селекции помех и создания аппаратно-программных средств (АПС) для измерения характеристик, определяющих качество передачи видеоинформации. Эти вопросы в известных публикациях изучены пока мало и рассматриваются в этой статье на примере беспроводного канала с технологией WiMAX.

Технология WiMAX сегодня считается весьма перспективной для построения беспроводных городских сетей фиксированной связи диапазона 3,4 ÷ 3,6 ГГц [1, 2]. На этих частотах в пределах территории города работают и другие радиоэлектронные средства, создающие помехи, которые разрушают работу радиоканала WiMAX.

Известным из [3] способом подавления помех является применение односвязных пространственных фильтров (ПФ) в виде зон Френеля (рис. 1). Однако потенциальные возможности этих фильтров пока не выяснены.

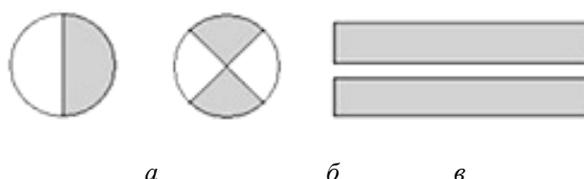


Рис. 1. Структуры некоторых пространственных фильтров

В первой части статьи исследованы частотные характеристики различных структур ПФ, приведенных на рис. 1, и возможности их применения в аппаратуре фиксированной связи WiMAX для ослабления действия преднамеренных помех.

Во второй части статьи приведено описание предложенного авторами АПС для измерения качества передачи изображения.

Наиболее точным критерием оценки качества видеоизображения является зрение человека. К сожалению, такой метод оценки в достаточной степени субъективный. Метрика качества изображения, которая основана на особенностях восприятия человека (MOS – Mean Opinion Score),

обеспечивает наибольшую информацию, но ее определение дорого, занимает много времени, требует высококвалифицированных экспертов и специального оборудования.

Из множества различных объективных методов оценки качества видеoinформации самые распространенные – точные с математической точки зрения критерии оценки качества изображения на основе оценки отношения энергии сигнала и искажений (шума).

Наиболее простым и распространенным параметром для оценки качества является пиковое отношение сигнал/шум PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*), которое выражает количественную характеристику отношения энергии шума к максимальной возможной энергии исходного сигнала.

Использование этого критерия позволяет получить достоверное значение за минимальный период измерения, а, следовательно, оперативно оценить качество передачи информации в канале связи.

Из обзора литературы следует, что не существует АПС для измерения PSNR, который бы транслировал видеoinформацию на различные мобильные терминалы, поэтому разработка таких АПС решается в этой статье.

### Результаты исследований пространственных фильтров

С целью выбора структуры ПФ, обеспечивающей наибольшее подавление помехи, изучались частотные характеристики коэффициента передачи по мощности  $K_p$ , который измеряли методом замещения по схеме рис. 2.

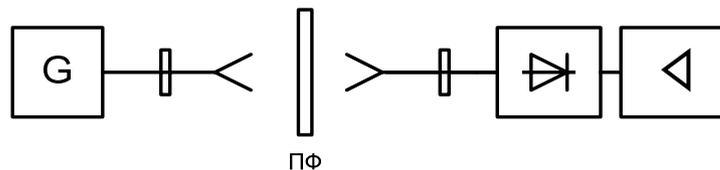


Рис. 2. Схема измерения величины  $K_p$

В результате экспериментов был накоплен массив значений частотных характеристик (ЧХ) для различных структур ПФ (рис. 1).

Экспериментальные ЧХ односвязных ПФ приведены на рис. 3, где буквами а, б, в обозначены ЧХ  $K_p = F(f/f_0)$  соответственно структур а, б, в на рис. 3 ( $f$ ,  $f_0$  – текущая и центральная частоты). В результате выяснено, что в требуемой для работы аппаратуры WiMAX полосе частот ( $\approx 3\%$ ) все три структуры обеспечивают подавление сигнала не менее чем на 8 дБ. В дальнейших экспериментах предпочтение было отдано однощелевому фильтру, как более технологичному и имеющему большее затухание на центральной частоте.

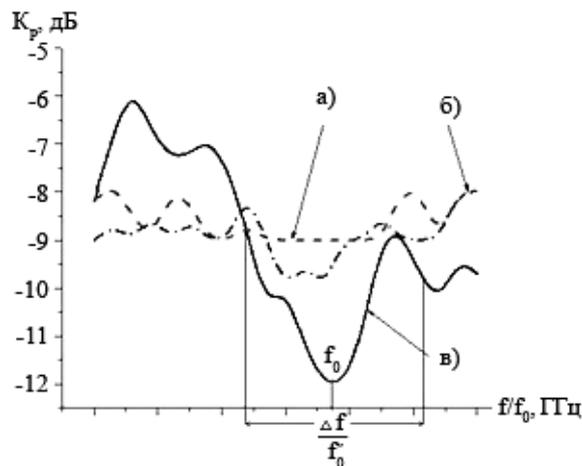


Рис. 3. Частотные характеристики пространственных фильтров

Для изучения влияния помехи на качество передачи видеоинформации и определения достижимых значений соотношения сигнал/шум (S/N) была осуществлена серия натурных экспериментов с помощью предложенного варианта схемы сети связи (рис. 4), в котором Wi-Fi технология интегрируется с технологией WiMAX.

В удаленной точке была расположена веб-камера, соединенная с WiMAX модемом через беспроводной интерфейс Wi-Fi. Сигнал от модема поступал на базовую станцию, откуда он транслировался на другой WiMAX модем, соединенный через Ethernet интерфейс с компьютером. На пути между базовой станцией и модемом был расположен генератор помех, имитирующий воздействие помехи на канал фиксированной связи.

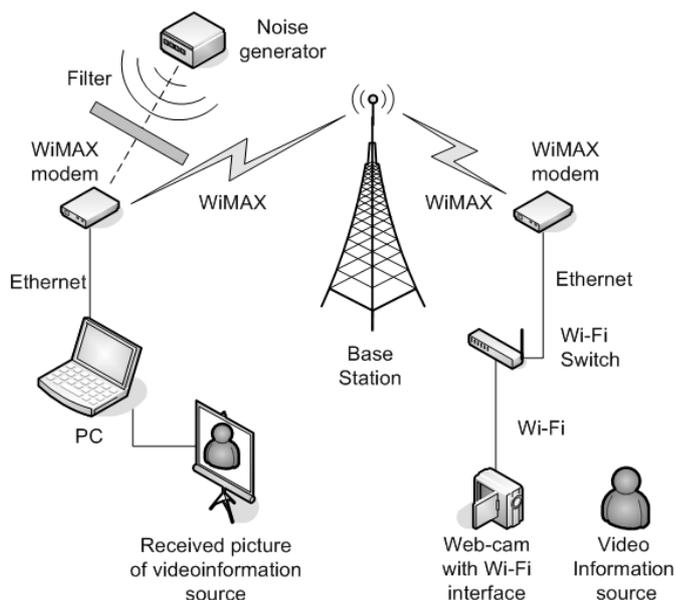


Рис. 4. Структурная схема беспроводной сети

На компьютере велись измерения отношения S/N с помощью специального интерфейса, а также наблюдения за изменением качества видеоизображения, передаваемого с веб-камеры при влиянии помехи и ее подавлении с помощью ПФ.

Исследовалось воздействие помехи на приемный блок WiMAX IEEE 802.16d с центральной рабочей частотой канала  $f_0=3.519$  ГГц. В качестве постановщика помех применялся генератор типа Г4-80, нагруженный на рупорную антенну. Выходная мощность генератора  $P_r=10$  мВт, размеры апертуры рупора  $250 \times 190$  мм<sup>2</sup>.

Размещенный на расстоянии  $r=2.5$  м от антенны WiMAX рупор создавал в месте ее расположения плотность потока мощности  $\Pi=4$  мВт/м<sup>2</sup>. При таком уровне помехи, частота которой  $f_{п}=f_0$ , соотношение сигнал/шум  $S/N=0$  дБ (см. рис. 5, кривая а)) и радиоканал разрушается. При установке однощелевого фильтра соотношение S/N возрастает примерно на 12 дБ и канал WiMAX восстанавливает свою работу (рис. 5, кривая б)).

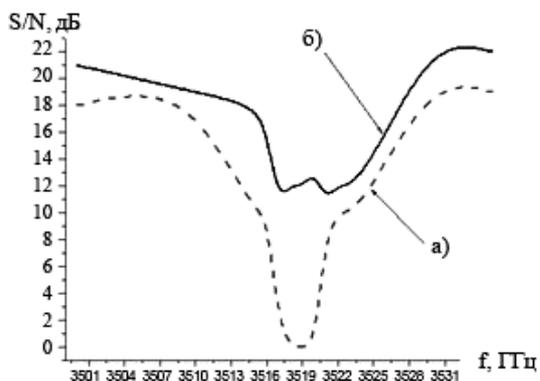


Рис. 5. Зависимость соотношения сигнал/шум от частоты

В ходе эксперимента при изменении мощности генератора помех можно было наблюдать изменения качества передаваемой видеoinформации (рис. 6).



*а) без воздействия помехи*



*б) при воздействии помехи*



*в) при воздействии помехи и применении ПФ*

*Рис. 6. Изменение качества передаваемой информации при воздействии помех*

Из представленной на рис. 6 информации следует, что применение ПФ существенно улучшает качество видеоизображения при воздействии помехи. Но степень улучшения можно определить, только измерив величину PSNR.

#### **АПС для измерения PSNR**

Критерий качества передачи информации PSNR не может быть измерен в реальном масштабе времени, а только в режиме постобработки. Универсального программного решения для передачи видеoinформации на различные мобильные терминалы абонентов сегодня нет. Поэтому мы использовали при эксперименте программное обеспечение *Microsoft Portrait* (для персонального компьютера (ПК) и для КПК (*Pocket PC*, *Handheld PC* и *Smartphone*)), предназначенное для проведения в реальном времени видео- и аудиоконференций через локальные и глобальные сети.

В качестве тестовых видеопоследовательностей использовались как статические, так и динамические видеоролики, имеющие различное разрешение. Для работы этими видеопоследовательностями было использовано программное обеспечение *Broadcaster StudioPRO*, которое позволяет захватывать и транслировать видео.

На рис. 7 предлагается структурная схема аппаратно-программной системы для измерения PSNR, основными компонентами которого являются:

а) Приложение-транслятор видеопотока, источником которого является видеофайл. В предложенной схеме транслятором было выбрано приложение *Broadcaster StudioPro*. В качестве транслируемого видеофайла были использованы общепринятые последовательности для оценки качества видео.

б) Приложение-передатчик видеопотока, источником данных которого является видеопоток, сгенерированный приложением-транслятором. Приложением-передатчиком был выбран пакет *MS Portrait*, одно из преимуществ которого – наличие версии для карманных компьютеров, что позволило выполнить эксперименты не только компьютер–компьютер, но и компьютер – мобильное устройство.

в) Приложение-приемник видеопотока. В основном таким приложением выступает клиентское приложение-передатчик. В нашем случае это тоже *MS Portrait*, получающий видеопоток от *MS Portrait* посредством беспроводного соединения с другого компьютера.

г) Приложение-регистратор видеопотока, которое выполняет функцию сохранения видеоданных в файл. Такое же приложение запускается и на передаваемом компьютере, и на принимающем для того, чтобы в результате получить файлы для сравнения и оценки качества передаваемой видеoinформации. Для реализации этой функции было выбрано приложение *Snagit*.

д) Приложение-оценщик, задача которого – сравнить оригинальный видеофайл с передающего компьютера и результирующий с принимающего компьютера и получить график распределения *PSNR* по фреймам. В экспериментах этой программой выступал *MSU Video Quality Measurement Tool*.

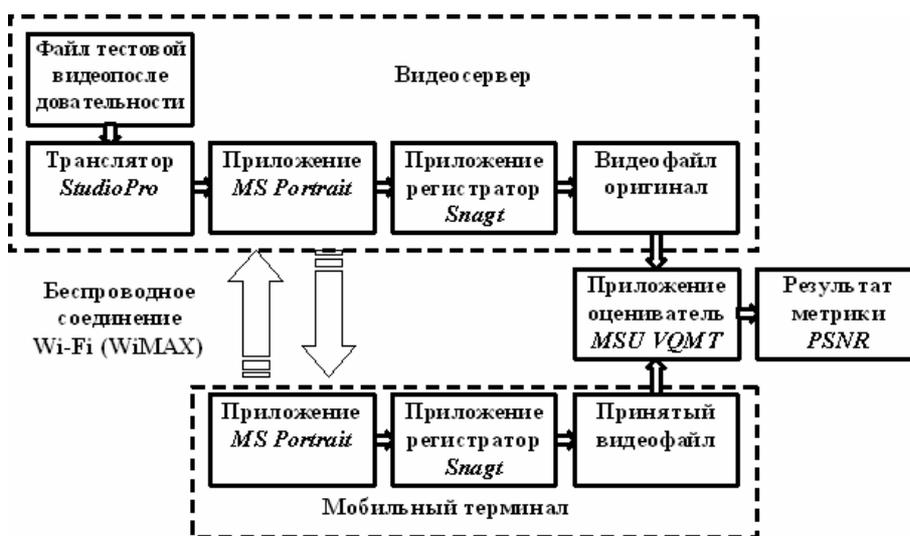


Рис. 7. Структурная схема программно-аппаратной системы для определения PSNR

Разработанные АПС были применены для передачи видеоизображения по фрагменту сети, показанному на рис. 4. Результаты приведены на рис. 8 и 9.

Передавалась тестовая видеопоследовательность движущегося автомобиля (рис. 8). Измерения осуществлялись для двух случаев:

- 1) при антенне, направленной на максимум сигнала;
- 2) приходящем сигнале с уровнем на 18 дБ меньше максимума.

Такое искусственное уменьшение сигнала было достигнуто за счет поворота диаграммы направленности в некоторый угол, при котором визуально наблюдалось ухудшение качества передаваемого видеоизображения (рис. 8, б).



Рис. 8. Тестовая видеопоследовательность при различных уровнях PSNR

Результаты в виде графика распределения значения PSNR во фреймах видеопоследовательности, полученного при сравнении эталонного видеоролика и переданного через беспроводный канал связи, приведены на рис. 9.

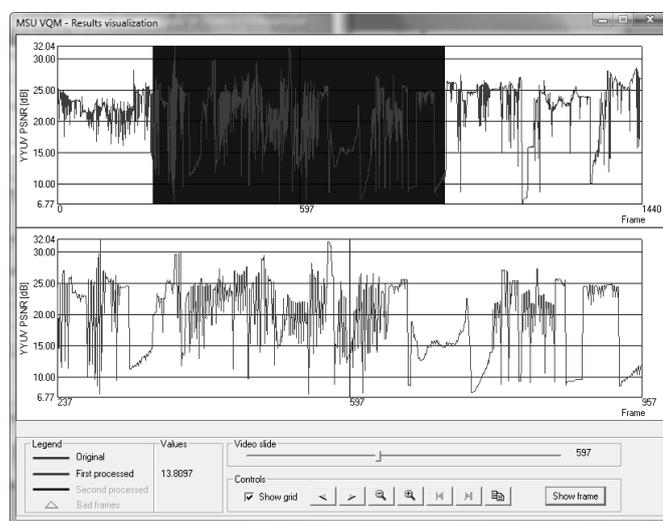


Рис. 9. Результаты измерения PSNR

Таким образом, сравнив полученные значения PSNR и метрики MOS согласно таблице [5], получим, что PSNR=30 дБ соответствует MOS – “хорошо”, а PSNR=13,8 дБ соответствует MOS – “плохо”.

### Выводы

1. Экспериментально доказана целесообразность применения односвязных щелевых фильтров для повышения помехозащищенности аппаратуры WiMAX.
2. Предложена структура АПС измерения PSNR для беспроводных каналов с различными мобильными терминалами.

1. Strelnitskiy O.E., Tsopa O.O., Tsopa O.I., Shokalo V.M. The variant of quality increasing of video information transmission via WIMAX fixed connection radio channel // Proc. of IX International Conf. Modern problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science “TCSET’2008”. – Lviv-Slavsko. – 2008. – P. 388–389. 2. Сюваткин В.С. и др. WiMAX-технология беспроводной связи: основы теории, стандарты, применение. – БХВ-Петербург, 2005. – 368 с. 3. Ямпольский В.Г., О.П. Фролов О.П. Антенны и ЭМС. – М.: Радио и связь, 1983. – 272 с. 4. Стрельницкий А.Е., Стрельницкий А.А., Цопа А.А., Цопа А.И., Шокало В.М. Применение пространственных фильтров для повышения защищенности систем абонентского радиодоступа // Сборник научных трудов “Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій”. – 2006. – Том 4, – Вып. № 3. – С. 177–183. 5. Gross J., Klaue J., Karl H. and Wolisz A. Cross-layer optimization of OFDM transmission systems for MPEG-4 video streaming // Computer Communications, vol. 27, 2004.