

Совместное использование пакетов LabVIEW и MATLAB в задачах эхокомпенсации и выравнивания каналов связи

Лидия Белиовская, Мария Джиган, Ольга Джиган (Москва)

В статье рассматриваются виртуальные инструменты, предназначенные для исследования характеристик адаптивных компенсаторов эхосигналов и эквалайзеров каналов связи. Их можно использовать при проектировании средств связи, а также в лабораторных практикумах по телекоммуникационным дисциплинам и цифровой обработке сигналов. Инструменты реализованы с использованием двух языков программирования: LabVIEW и MATLAB.

ВВЕДЕНИЕ

Существование современного информационного общества немислимо без наличия телекоммуникационных технологий, прошедших в своём развитии значительный исторический период. Итог этого развития – огромное разнообразие средств связи, которые условно можно разделить на проводные, беспроводные и оптоволоконные. Эти средства постоянно развиваются в направлении повышения скорости передачи данных. Высокая скорость передачи данных достигается за счёт различных приёмов, среди которых учёт характеристик канала связи. Поэтому разработка средств, обеспечивающих проведение исследований в данной области, является актуальной задачей. Некоторые из таких средств представлены в настоящей работе.

Неотъемлемой компонентой связанного оборудования является модем. Он преобразует цифровые данные в непрерывную (аналоговую) форму, которая лучше всего подходит для передачи по выбранному каналу связи. На противоположном конце канала другой модем преобразует принятый аналоговый сигнал обратно в цифровую форму. В составе большинства модемов имеются два адаптивных устройства: компенсатор сигналов электрического эха и выравниватель (эквалайзер) канала связи [1, 2]. Эти устройства уменьшают уровень помех, обусловленных особенностями

канала связи, в результате чего повышается скорость передачи данных. Эхокомпенсаторы и эквалайзеры не являются универсальными устройствами. Их параметры во многом зависят от канала связи, для передачи данных через который используется модем. Поэтому при проектировании модемов часто требуется проводить исследования, связанные с определением параметров его составных частей, в том числе эхокомпенсаторов и эквалайзеров. Эхокомпенсаторы и эквалайзеры строятся на основе адаптивных фильтров [3].

Представленные в настоящей работе виртуальные инструменты дают возможность разработчикам оборудования связи проводить указанные исследования, не вдаваясь в детали построения эхокомпенсаторов и эквалайзеров на начальных этапах проектирования. Инструменты реализованы с использованием двух языков программирования. Основным является язык графического программирования LabVIEW [4]. В его среде создаётся виртуальная приборная панель, на которой отображаются переключатели, средства ввода-вывода цифровых данных, а также средства вывода графических данных – осциллографы. Вычислительные процедуры: алгоритмы адаптивной фильтрации, формирование сигналов, оценка параметров сигналов и показателей качества работы адаптивных фильтров реализованы в ви-

де программ на языке математического моделирования MATLAB [5]. Этот язык в настоящее время широко применяется при решении задач цифровой обработки сигналов и связи.

Использование двух языков программирования позволяет выполнять моделирование в несколько раз быстрее по сравнению с аналогичным моделированием на языке MATLAB. Это обусловлено тем, что при моделировании в оперативное запоминающее устройство компьютера загружаются не все приложения языка MATLAB. Кроме того, осуществляется оптимизация переменных в соответствии с их типом. Использование LabVIEW даёт возможность без вмешательства в программный код общаться с моделирующей программой посредством графического интерфейса пользователя. Богатые графические возможности LabVIEW позволяют создавать более наглядные и удобные элементы управления по сравнению с возможностями, предоставляемыми языком MATLAB.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЭХОКОМПЕНСАТОР

Сигналы между абонентами и телефонной станцией передаются по двухпроводным линиям связи одновременно в обоих направлениях (рис. 1). Между телефонными станциями связь однонаправленная. Она осуществляется по четырёхпроводным (двум двухпроводным) линиям, так как расстояния между станциями большие, сигналы подвергаются затуханию и их необходимо усиливать, а усилитель – это однонаправленное устройство. Переход между двух- и четырёхпроводными линиями осуществляется с помощью так называемых гибридных схем – в общем случае простых резистивных мостов. Такие схемы не могут быть сбалансиро-

рованными во всей полосе частот канала связи, а потому существует утечка сигнала в сторону удалённого абонента, в результате чего этот абонент слышит свой голос. Так как между телефонными станциями имеется задержка сигналов, обусловленная каналом связи и оборудованием, создаётся эффект эха, влияющего на качество разговора. Гибридные схемы используются и в модемах. Эхо в модеме – это дополнительный шум, уменьшающий скорость приёма данных. Требования к подавлению эхо-сигналов регламентируются стандартами [6].

Подавление эхо-сигналов (рис. 2) осуществляется с помощью адаптивных фильтров. Гибридная схема моделируется линейным импульсным откликом \mathbf{w} , при прохождении через который сигнала удалённого абонента $x(k)$ образуется эхо-сигнал $d(k)$, где k – индекс дискретного времени. Адаптивный фильтр (рис. 3), характеризуемый весовыми коэффициентами $h_n(k)$, моделирует эхо-сигнал как:

$$\begin{aligned} \tilde{d}(k) &= \sum_{n=0}^{N-1} h_n(k-1)x(k-n) = \\ &= \mathbf{h}_N^T(k-1)\mathbf{x}_N(k). \end{aligned}$$

Сигнал ошибки $e(k) = d(k) - \tilde{d}(k)$ представляет собой подавленное эхо. Качество подавления эхо-сигнала зависит от соотношения длин (числа весовых коэффициентов) импульсных откликов \mathbf{w} и \mathbf{h}_N . Оно также зависит от вида обрабатываемого сигнала и используемого алгоритма адаптивной фильтрации. Качество обычно оценивается коэффициентом подавления эха – параметром Echo Return Loss Enhancement (ERLE), представляющим собой отношение энергий сигналов неподдавленного и подавленного эха в децибелах:

$$\begin{aligned} ERLE(k) &= \\ &= 10 \lg \left(\frac{\sum_{i=k-B+1}^k d^2(i)}{\sum_{i=k-B+1}^k e^2(i)} \right), \end{aligned}$$

где B – длина скользящего окна (в отсчётах), на котором производится оценка энергии сигналов. Длина скользящего окна определяется интервалом стационарности рассматриваемых сигналов. Например, этот интервал для сигналов речи равен

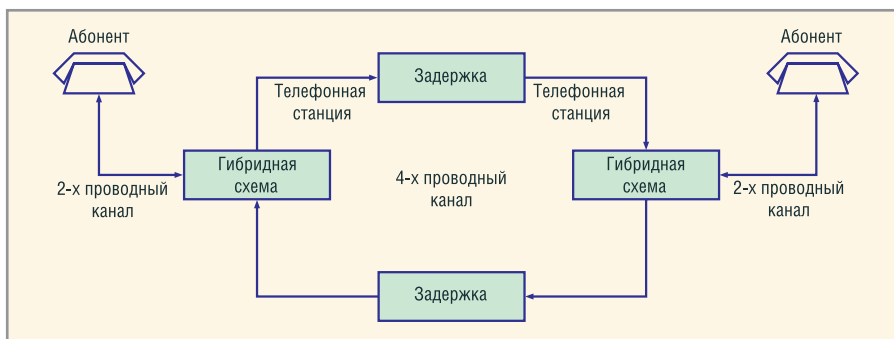


Рис. 1. Телефонная линия связи

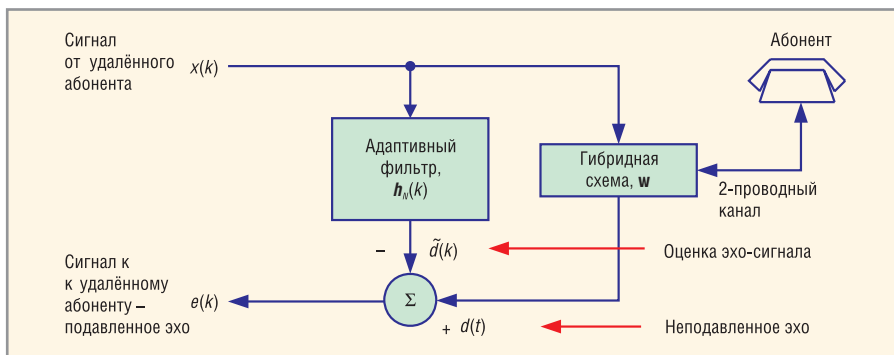


Рис. 2. Подавление эхо-сигналов

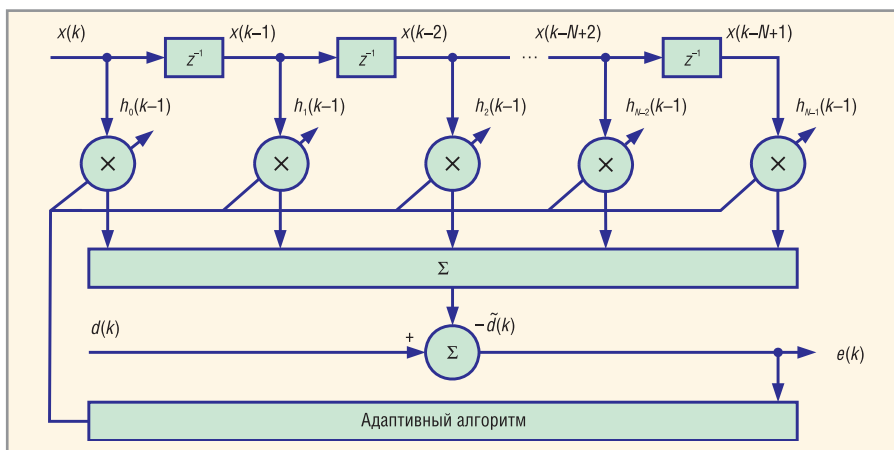


Рис. 3. Адаптивный фильтр

около 30 мс, что при частоте дискретизации 8 кГц соответствует 240 отсчётам.

При проектировании эхокомпенсатора требуется проводить моделирование его работы с целью оценки эффективности и определения оптимальных параметров адаптивного фильтра (числа весовых коэффициентов N и вида используемого алгоритма), обеспечивающих требуемое значение ERLE. Для этого используются импульсные отклики \mathbf{w} , представленные в стандартах и полученные путём расчётов или измерений. Алгоритм адаптивной фильтрации – это алгоритм вычисления весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_N(k) = f\{\mathbf{x}_N(k), \mathbf{h}_N(k-1), d(k)\}$, которые изменяются на каждой итерации k . Вре-

менной интервал между итерациями равен интервалу дискретизации аналоговых сигналов. В качестве алгоритмов адаптивной фильтрации обычно используются простейший с вычислительной точки зрения нормализованный алгоритм по критерию наименьшего среднеквадратичного отклонения (Normalized Least Mean Squares, NLMS) и более сложные, но и более эффективные рекурсивные адаптивные алгоритмы по критерию наименьших квадратов (Recursive Least Squares, RLS) [3]. Вычислительная сложность – это число арифметических операций, требуемых для выполнения одной итерации алгоритма. Эта сложность всегда пропорциональна числу весовых коэффициентов адаптивного фильтра.

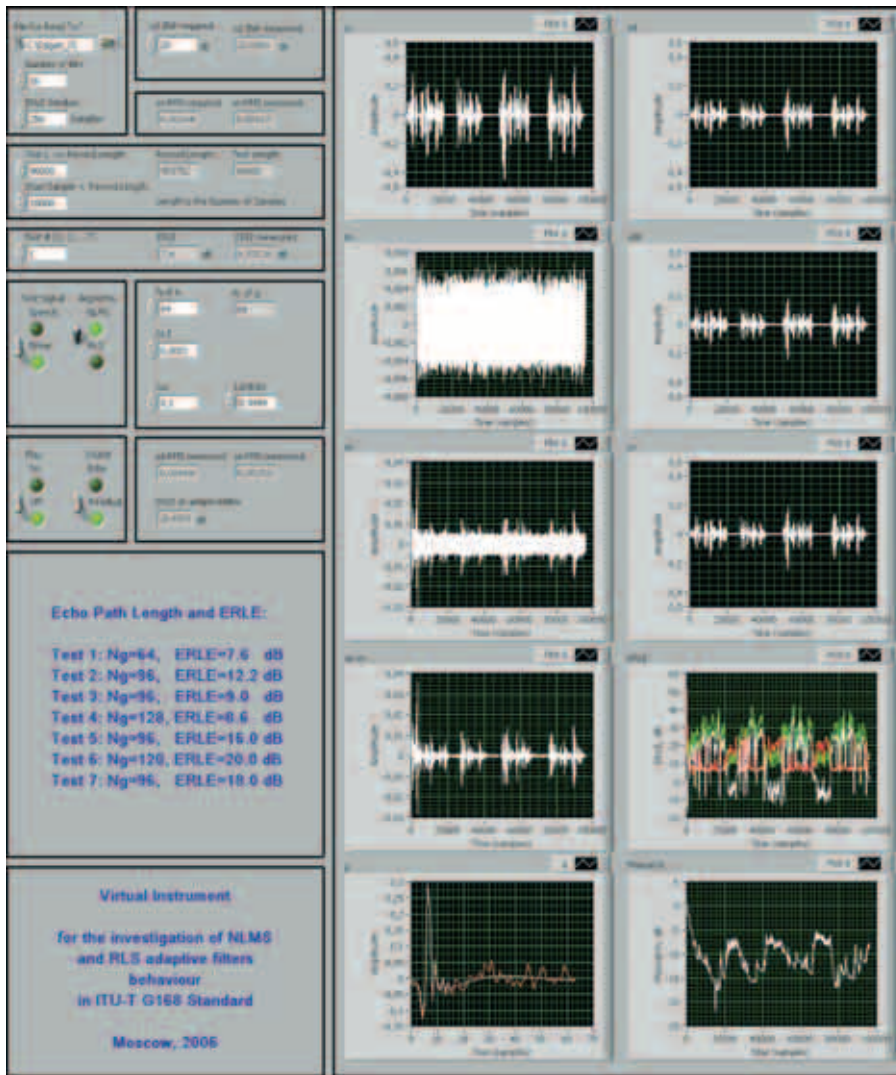


Рис. 4. Виртуальный инструмент адаптивного эхокомпенсатора

Ниже приведены примеры уравнений вычислительных процедур NLMS-алгоритма:

$$e(k) = d(k) - \mathbf{h}_N^T(k-1) \mathbf{x}_N(k),$$

$$\mathbf{h}_N(k) = \mathbf{h}_N(k-1) +$$

$$\frac{\mu}{\mathbf{x}_N^T(k) \mathbf{x}_N(k) + \delta} \mathbf{x}_N(k) e(k)$$

и RLS-алгоритма:

$$\mathbf{g}_N(k) = \frac{\mathbf{R}_N^{-1}(k-1) \mathbf{x}_N(k)}{\lambda + \mathbf{x}_N^T(k) \mathbf{R}_N^{-1}(k-1) \mathbf{x}_N(k)},$$

$$\mathbf{R}_N^{-1}(k) = \lambda^{-1} \left[\mathbf{R}_N^{-1}(k-1) -$$

$$- \mathbf{g}_N(k) \mathbf{x}_N^T(k) \mathbf{R}_N^{-1}(k-1) \right],$$

$$e(k) = d(k) - \mathbf{h}_N^T(k-1) \mathbf{x}_N(k),$$

$$\mathbf{h}_N(k) = \mathbf{h}_N(k-1) + \mathbf{g}_N(k) e(k),$$

которые в представленной последовательности выполняются на каждой итерации k .

В NLMS-алгоритме δ – это небольшое положительное число, которое не допускает деления на ноль, а $0 < \mu \leq 2$ – масштабирующий множитель, используемый для регулирования следящих свойств адаптивного алгоритма. Если множитель μ имеет маленькое значение, то остаточная ошибка (эхо-сигнал) $e(k)$ также будет маленькой в установившемся режиме, но длительность переходного процесса будет большой, и наоборот.

В RLS-алгоритме $\mathbf{R}_N(k)$ – корреляционная матрица входных сигналов адаптивного фильтра, а параметр λ – число, близкое к единице, обеспечивающее в небольших пределах возможность слежения за изменяющимися сигналами. RLS-алгоритм и его быстрые (вычислительно эффективные) версии обеспечивают более короткий по длительности переходной процесс и меньшее значение ошибки $e(k)$ в установившемся режиме по сравнению с NLMS-алгоритмом. Ценой этой эффективности является

более высокая вычислительная сложность RLS-алгоритма, обусловленная наличием матричных операций.

Для проведения указанных выше исследований эхокомпенсатора разработан виртуальный инструмент в среде графического программирования LabVIEW (рис. 4). Данный инструмент реализует модель (рис. 2). Импульсные отклики \mathbf{w} выбираются из числа приведенных в [6]. Алгоритмы адаптивной фильтрации реализованы на языке программирования MATLAB. В качестве тестового сигнала используется речевая запись (файл wav-формата) или шумовой сигнал, вырабатываемый моделирующей программой.

Разработанный инструмент имеет средства ввода параметров файла входного сигнала, выбора отрезка этого сигнала для моделирования и выбора импульсного отклика гибридной схемы \mathbf{w} . Кроме того, можно выбирать вид тестового сигнала (речь или шум), задавать отношение сигнал-шум на входе сигнала d , выбирать тип алгоритма (NLMS или RLS), а также вводить параметры адаптивного фильтра. Качество эхокомпенсации можно оценивать путём прослушивания эхо-сигнала или сигнала подавленного эха. Такие оценки часто требуются при обработке речевых сигналов.

В качестве выходных параметров выводятся измеренные значения отношения сигнал-шум на входе d , требуемое и измеренные значения уровня шума на этом входе, среднее значение ERLE, обеспечиваемые гибридной схемой (импульсным откликом \mathbf{w}) и адаптивным фильтром. В графическом виде отображаются все сигналы, отмеченные на рис. 2, а также зависимость во времени параметра ERLE и нормы расстояния между импульсными откликами \mathbf{w} и \mathbf{h}_N : $\rho(k) = 20 \lg(\|\mathbf{h}_N(k) - \mathbf{w}\|_2 / \|\mathbf{w}\|_2)$. На одном графике представляются значения \mathbf{w} и \mathbf{h}_N в конце процесса адаптации.

Меняя импульсные отклики гибридной схемы, параметры адаптивного фильтра, алгоритмы адаптивной фильтрации, тестовые сигналы, с помощью инструмента можно исследовать эффективность работы эхокомпенсатора и определять параметры адаптивного фильтра, обеспечивающие требуемое качество (ERLE, длительность переходного процесса и вычислительную сложность выбранного алгоритма).

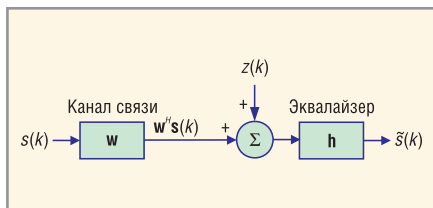


Рис. 5. Принцип выравнивания канала связи

В следующем разделе рассматривается другой виртуальный инструмент, предназначенный для исследования эффективности адаптивных фильтров в задачах выравнивания каналов связи.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЭКВАЛАЙЗЕР

При передаче цифровых данных по каналам связи с ограниченной полосой пропускания возникает явление, называемое межсимвольной интерференцией. Межсимвольная интерференция, наряду с шумом $z(k)$ (рис. 5), сказывается на правильности решения о соответствии принятого информационного символа $\tilde{s}(k)$ символу $s(k)$, переданному по каналу связи с импульсным откликом w .

Если бы канал представлял собой просто линию задержки, то принимаемый сигнал (символы) можно было бы легко оценивать (различать). Однако большинство каналов связи с математической точки зрения представляют собой фильтр с импульсным откликом w , а потому в каждый момент времени k , совпадающий с моментом смены передаваемых символов, на выходе канала образуется взвешенная сумма передаваемых подряд информационных символов. В этой сумме в каждый момент времени k только один символ несёт интересующую информацию, а остальные являются шумом – межсимвольной интерференцией. Шум не позволяет правильно различать символы на приёмной стороне. Чтобы повысить вероятность правильного решения, используются устройства, именуемые адаптивными выравнивателями канала связи, или эквалайзерами [2].

Эквалайзер функционирует таким образом, что его передаточная характеристика становится близкой к обратной передаточной характеристике канала связи. Другими словами, совместная передаточная характеристика канала связи и эквалайзера становится близкой к равномерной. В терминах импульсных откликов это означает, что свёртка импульсных откликов ка-

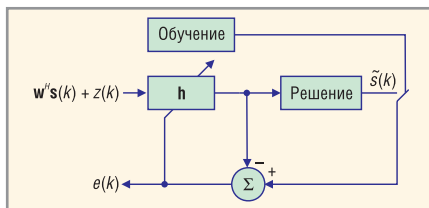


Рис. 6. Адаптивный эквалайзер без обратной связи

нала связи w и эквалайзера h близка к дельта-функции. В результате действия эквалайзера межсимвольная интерференция уменьшается.

Эквалайзеры каналов связи также строятся на основе адаптивных фильтров. Существуют два основных типа адаптивных эквалайзеров. Это эквалайзер без обратной связи (Feed-Forward, FF) (рис. 6) и с обратной связью (Feed-Backward, FB) (рис. 7). В начале сеанса связи передаётся известная последовательность информационных символов, которая используется для обучения эквалайзера. После обучения эквалайзер функционирует на основе значений его выходного сигнала.

Для эффективной работы эквалайзера требуется определять ряд таких параметров, как число весовых коэффициентов адаптивного фильтра h (в случае FF-эквалайзера), соотношение между числом весовых коэффициентов в прямой h^f и обратной ветвях эквалайзера h^b (в случае FB-эквалайзера), алгоритм адаптивной фильтрации. Эффективность работы эквалайзера зависит и

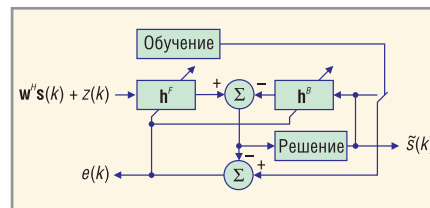


Рис. 7. Адаптивный эквалайзер с обратной связью

от вида передаточной характеристики канала связи и уровня шума $z(k)$.

Для исследования характеристик эквалайзера служит второй виртуальный инструмент, разработанный в среде графического программирования LabVIEW (рис. 8) с использованием основных вычислительных процедур, реализующих модели передаваемых сигналов, эквалайзера, расчёта вероятности принятых ошибочно информационных символов и ошибочных бит (Symbol Error Rate, SER, и Bit Error Rate, BER) на языке программирования MATLAB.

В инструменте используется квадратурная амплитудная модуляция. В качестве алгоритма адаптивной фильтрации используется NLMS- или RLS-алгоритм. Можно выбирать тип эквалайзера (FF или FB), задавать параметры адаптивного фильтра, алфавит (созвездия) передаваемых символов, отношение сигнал-шум на входе эквалайзера, задержку обучающей последовательности относительно передаваемой последовательности, число обучающих символов и число

Проектирование корпусов для интегральных микросхем и полупроводниковых приборов, производство продукции из электротехнической керамики.

MSE
ЦЕНТР ВОСПОМОЩЕНИЯ

Поставка сырья и материалов, содержащих драгоценные металлы.

КОМПЛЕКСНАЯ ПОСТАВКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ
ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ИМПОРТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

- ОАО Донской завод радиодеталей (ДЗРД)
- ООО НПП-Томиленинский электронный завод-
- ЗАО «Кремний-Маркетинг»
- ОАО «Ангстрем»
- ОАО НПК «Северная заря»

www.mvs-cvp.ru

- ОАО «Уральский завод электрических соединителей» (ОАО «Завод «Исеть»)
- ОАО «Завод «Атлант»
- ОАО «Трубчевский завод «Нерусса»
- ФГУП «Караганский завод «Электродеталь»
- ОАО «Завод «Мезон»

Поставка изделий с приёмкой "1", "5" и "9" со склада и под заказ по заводским или договорным ценам (всю информацию Вы можете получить у менеджеров)

127591, г. Москва, Дмитровское шоссе, д.100/2; тел.: (495) 780-5384, 780-5387; факс: (495) 788-61-05; e-mail: ec@mvs-cvp.ru

194100, г. Санкт-Петербург, ул. Кантемировская, д.12, лит.А.; тел.: (812) 324-40-15; факс: (812) 324-2238 e-mail:office_spb@mvs-cvp.ru

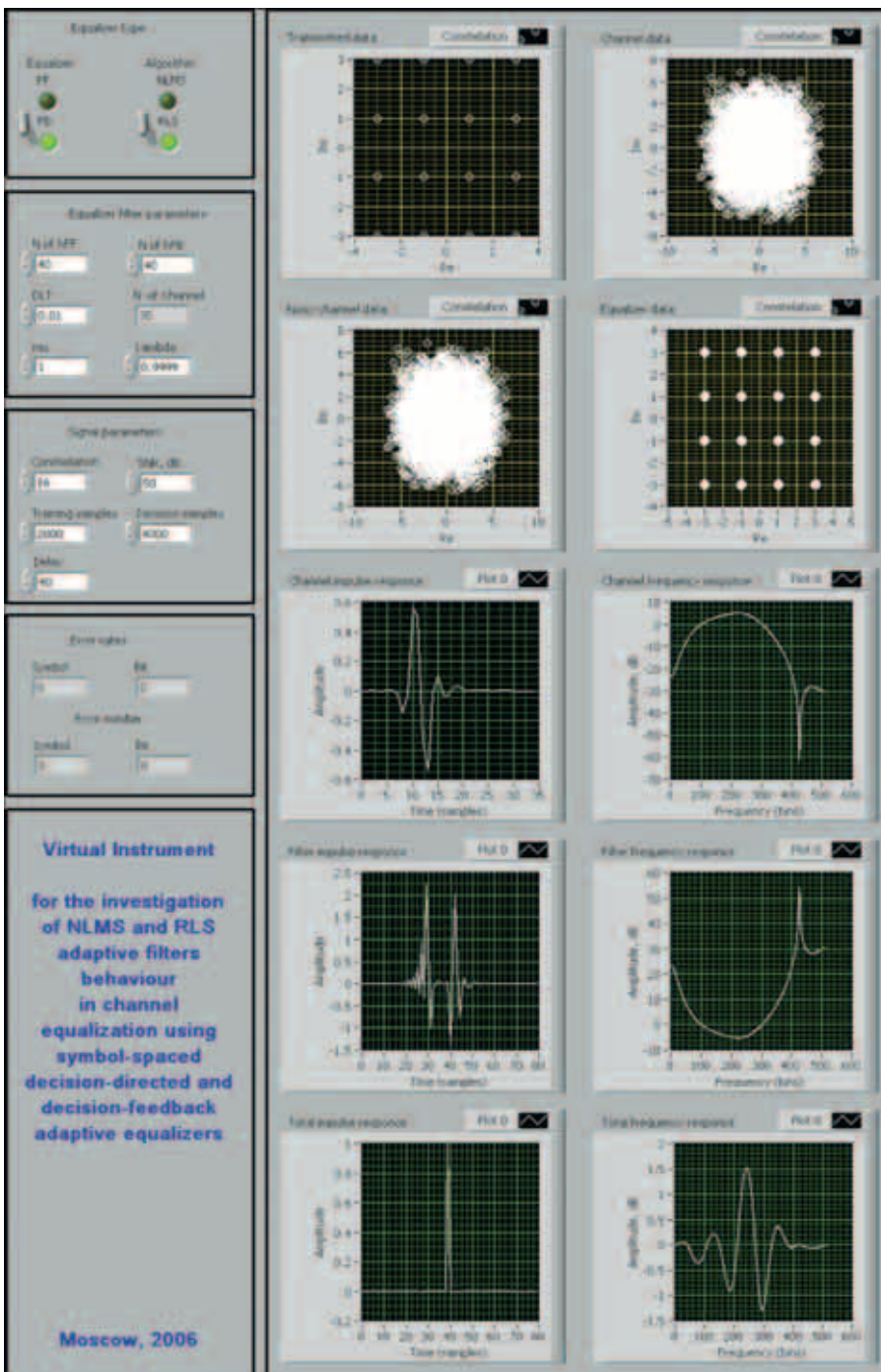


Рис. 8. Виртуальный инструмент адаптивного эквалайзера

символов, передаваемых после обучения. Параметры SER и BER оцениваются на основе символов, передаваемых после обучения эквалайзера.

В качестве результатов моделирования в виртуальном инструменте выводятся численные значения SER и BER, а также в графическом виде выводятся созвездия: передаваемых информационных символов, символов на выходе канала связи без шума и с шумом, а также символов на выходе эквалайзера. Изображения созвездий широко используются для визуальной оценки качества работы модемов. На панели инструмента также отображаются им-

пульсный отклик и передаточная характеристика канала связи, эквалайзера, свёртка импульсных откликов канала связи и адаптивного эквалайзера, общая передаточная характеристика канала связи и эквалайзера.

Меня импульсные отклики канала связи, параметры адаптивного фильтра, алгоритм адаптивной фильтрации, тип модуляции, можно исследовать эффективность работы эквалайзера и определять параметры адаптивного фильтра, обеспечивающие требуемое качество (значение SER и BER, длительность переходного процесса и вычислительную сложность реализации).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в настоящей работе представлены два виртуальных программных инструмента, предназначенных для исследования характеристик адаптивных эхокомпенсаторов и эквалайзеров – устройств, широко используемых в оборудовании современных средств связи. Проекты подготовлены в программном обеспечении LabVIEW 7.0 и MATLAB 7.0. Для их выполнения требуется программное обеспечение указанных или более высоких версий. Специальных требований к ресурсам используемого персонального компьютера не предъявляется. Время выполнения моделирования определяется быстродействием персонального компьютера, видом алгоритма и числом его итераций, числом весовых коэффициентов адаптивного фильтра. На современных компьютерах со средним быстродействием время выполнения 10 000 итераций составляет единицы минут.

Представленные в работе виртуальные инструменты могут применяться при проектировании компенсаторов сигналов электрического эха и выравнителей каналов связи. Их также можно использовать при проведении лабораторных практикумов. Инструменты являются открытой программной средой, что позволяет их модифицировать и расширять функциональные возможности. Например, в инструментах можно применять различные типы модуляции при исследовании эквалайзеров, различные алгоритмы адаптивной фильтрации, например, быстрые RLS-алгоритмы, и т.п.

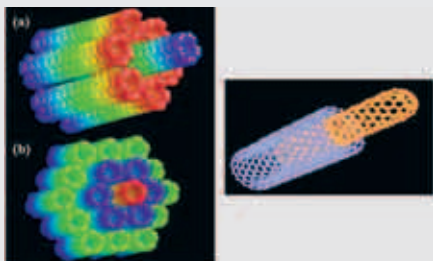
ЛИТЕРАТУРА

1. Messerschmitt D. Echo cancellation in speech and data transmission. IEEE J. on Selected Areas in Communications. 1984. Vol. 2. № 2. P. 283–297.
2. Qureshi S. Adaptive equalization. IEEE Signal Processing Magazine. 1982. № 3. P. 9–16.
3. Уидрой Б., Стурнз С. Адаптивная обработка сигналов. Пер. с англ. под ред. В.В. Шахильдяна. М.: Радио и связь, 1989.
4. Белювская Л.Г., Белювский А.Е. LabVIEW – школьный курс. М.: National Instruments, 2006.
5. Алексеев Е.Р. Matlab 7. М.: ИТ Пресс, 2006.
6. Digital network echo cancellers. ITU-T Recommendation G.168. Series G: Transmission systems and media, digital systems and networks. Geneva: ITU. 2002.

Память следующего поколения на «скоростных» нанотрубках

В январе 2002 г. ученые Каньшуй Чжен (Quanshui Zheng) из университета Цинхуа (Tsinghua University) в Пекине и Кин Цзян (Qing Jiang) из Калифорнийского университета опубликовали интересную работу *Multiwalled Carbon Nanotubes as Gigahertz Oscillators*. Исследователи установили, что группа концентрических нанотрубок, вложенная внутрь другого набора трубок, может скользить назад и вперед со скоростью порядка миллиарда раз в секунду, т.е. с частотой, исчисляемой гигагерцами. Такие нанотрубки получили название «скоростных», или телескопических.

На этом явлении основана новая разработка группы учёных под руководством уже известного нам Кина Цзяна и Йона Вон Кана (Jeong Won Kang). Сообщается, что новый тип памяти объединяет в себе скорость RAM и при этом имеет все преимущества энергонезависимой памяти. Исследователи спроектировали накопитель на основе энергонезависимой памяти ёмкостью 1 терабит. Отмечается, что плотность нового типа памяти будет значительно превосходить все существующие на сегодняшний день кремниевые решения. В общих чертах понять суть новой разработки можно из нижеприведенного рисунка.



В нанотрубку помещают другую нанотрубку значительно меньшего диаметра. Эта внутренняя нанотрубка получила название «телескоп». Эта система помещается между двумя нейтрально заряженными электродами. При зарядке одного электрода зарядом одного знака, а «телескопа» — зарядом противоположного знака внутренняя нанотрубка начинает притягиваться к соответствующему электроду. Происходит это явление под действием сил Ван-дер-Ваальса, которые хорошо известны из университетского курса физики. Особо отмечается устойчивость состояний в положении «возле электрода», которые сохраняются после окончания действия электрического поля.

Для создания электродов использовалась платина. Исследователи достигли

впечатляющих результатов: переключение состояний осуществлялось всего за 10...11 с, а стирание данных с одной ячейки памяти происходит за 10...12 с. Учёные своими заявлениями внушают оптимизм относительно будущего нового типа памяти, но остаются нерешёнными ещё ряд проблем. К примеру, эксперименты успешно проходили только при очень низкой температуре в 1°K (-272,5°С). Так что о сроках получения первого, работающего при комнатной температуре образца, не говоря уже о коммерциализации новой технологии, говорить пока не приходится.

physorg.com

В США созданы первые атомные транзисторы

Американские учёные пришли к выводу, что вещество, которое называют конденсатом Бозе–Эйнштейна, может быть использовано для создания атомных транзисторов. Это стало одним из первых шагов к созданию атомных микросхем вместо электронных. Исследования возможности использования атомов вместо электронов возглавляет Алекс Зозуля (Alex Zozulya) из Воркестерского политехнического института (Worcester Polytechnic Institute), штат Массачусетс, совместно с коллегами из университета Колорадо.

В основе схем нового типа будет лежать конденсат Бозе–Эйнштейна, который является очень холодным газообразным облаком атомов, находящихся в одном квантовом состоянии. Этим экзотичным материалом будут манипулировать в трёх смежных камерах, состоящих из атомов, удерживаемых лазером или электромагнитным полем.

Характер передвижения атомов между крайними камерами будет определяться концентрацией атомов в центральной камере. Этот принцип соответствует принципу полевых транзисторов, т.е. левая камера имеет высокую концентрацию электронов, центральная камера является переходом, а правая камера имеет высокую концентрацию дырок.

На практике применение таких атомных транзисторов даст устройствам, создаваемым на их основе, иные свойства в сравнении с электронными аналогами. Квантовые взаимодействия между очень холодными атомами позволяют добиться слаженности, недоступной для электронов при комнатной температуре. За счёт этого можно создавать, например, более эффективные усилители. А принципиаль-

ное сходство с традиционными полевыми транзисторами упрощает создание схем на основе новой технологии.

www.newscientisttech.com

Samsung: технология уменьшения количества чипов в ЖК ТВ

Компания Samsung разработала новую технологию упаковки управляющих интегральных схем, применяемых в жидкокристаллических ТВ-панелях. Разработка получила название TECOF (thermally-enhanced chip-on-film). Инженеры компании утверждают, что рассеяние тепла улучшается на 20% по сравнению с повсеместно применяемой технологией COF (chip-on-film).

Типичные управляющие интегральные схемы больших телевизионных ЖК-панелей требуют напряжения питания как минимум 15 В. Это, в свою очередь, вызывает повышенное тепловыделение, что влияет на надёжность панелей. Samsung подобрала новый материал для тонких металлических плёнок (на них крепятся чипы), который способствует более эффективному рассеянию тепла. Также разработан новый технологический процесс прикрепления чипов в упаковке COF на металлическую ленту. Благодаря этой ленте тепло, возникающее в интегральной схеме, передается на неё, а потом — в окружающую среду.



Выделение тепла накладывает ограничение на количество каналов в чипе управления, а это, в свою очередь, не позволяет уменьшить количество чипов и упростить структуру панели. Если взять, к примеру, Full HD-телевизор, то теперь благодаря разработке Samsung количество каналов в одном чипе возросло с 414 до 720, что привело к уменьшению чипов с 14 до 8, т.е. почти в два раза.

Технология TECOF уже готова к внедрению, и массовое производство интегральных схем в новой упаковке начнётся во втором квартале этого года.

samsung.com