

- *К 100-летию отечественного кинематографа*
- *К 90-летию университета кино и телевидения*

---

**Санкт-Петербургский государственный  
университет кино и телевидения**



**Студенческая  
секция IEEE**  **IEEE**

**Студенческое  
научное общество**



**Международная ассоциация  
производителей  
вещательного оборудования**



**Фирма «ДИП»**

---

**6-я Международная научно-техническая конференция  
и конкурс студенческих работ  
«ЦИФРОВЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ЭЛЕКТРОННОЙ МЕДИАИНДУСТРИИ – 2008»**

24 – 25 апреля 2008 г.

---

Санкт-Петербург – 2008

Конференция и конкурс проводятся на кафедре видеотехники  
Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения  
(лаборатория вычислительной техники – помещение 1517)

Адрес: 191119, Санкт-Петербург, ул. Правды, 13  
Проезд: ст. метро «Достоевская», «Владимирская», «Пушкинская»

Конференция: 24 апреля, 10:30  
Финал конкурса: 25 апреля, 10:30

---

Тематика конференции отражает современное состояние и перспективы  
развития электронной медиаиндустрии

---

### **ОРГКОМИТЕТ:**

- **К.Ф.Гласман** – заведующий кафедрой видеотехники СПбГУКиТ, член Комитета конференции ИВС, председатель оргкомитета
- **А.В.Белозерцев** – научный руководитель студенческого научного общества СПбГУКиТ
- **А.В.Бабаян** – председатель профкома студентов и аспирантов СПбГУКиТ

### **ЖЮРИ КОНКУРСА:**

- **А.Ф.Перегудов** – проректор по научной и инновационной деятельности СПбГУКиТ, генеральный директор фирмы «ДИП», председатель жюри
- **М.Солтер** – эксперт по вопросам планирования сектора телерадиовещания IABM
- **О.С.Березин** – генеральный директор компании «Невафильм»
- **Л.Н.Баланин** – начальник научно-производственного комплекса 41 ФГУП «Научно-исследовательский институт телевидения»
- **К.Ф.Гласман** – заведующий кафедрой видеотехники СПбГУКиТ, член Комитета конференции ИВС
- **А.В.Белозерцев** – научный руководитель студенческого научного общества СПбГУКиТ

## ОРГАНИЗАЦИИ – УЧРЕДИТЕЛИ ПРИЗОВ:

- Международная ассоциация производителей вещательного оборудования IABM – две полностью оплаченные поездки в Амстердам на выставку и конференцию IBC (International Broadcasting Convention) в сентябре 2008 г.



- Фирма «ДИП»



- Компания «Невафильм»



- ФГУП «Научно-исследовательский институт телевидения»



## **ЧЕТВЕРГ, 24 АПРЕЛЯ**

### **10:30 – 10:50 ОТКРЫТИЕ КОНФЕРЕНЦИИ**

---

*А.А.Белоусов*, ректор Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения

*А.Ф.Перегудов*, проректор по научной и инновационной деятельности СПбГУКиТ, генеральный директор фирмы «ДИП»

*М.Солтер*, эксперт по вопросам планирования сектора телерадиовещания IABM

### **10:50 – 13:30 ВЫСТУПЛЕНИЯ УЧАСТНИКОВ**

---

*Светлана Сергеева, гр. 616; Кирилл Павлов, гр. 554, СПбГУКиТ.*  
Влияние преобразований формата изображения на восприятие аудиовизуального произведения.

*Мария Лепнева, гр. 314, СПбГУКиТ.*  
Телевизионное вещание по IP-сетям.

*Анна Новикова, аспирант кафедры Телевидения и Видеотехники СПбГУТ им проф. М.А.Бонч-Бруевича.*  
Контроль качества изображения на уровне услуг IPTV.

*Юлия Михедова, магистрант кафедры видеотехники СПбГУКиТ.*  
Мобильные устройства в ТВ производстве: интерфейсы и публикация.

*Сергей Чернышов, гр. 413, СПбГУКиТ.*  
Разработка метода компрессии для HDTV.

*Кирилл Гусев, аспирант кафедры видеотехники СПбГУКиТ.*  
Исследование методов компенсации неравномерности освещенности кадра в фильм-сканере.

*Денис Давыдов, магистрант кафедры звукотехники СПбГУКиТ.*  
Автоматическая оптимизация АЧХ системы звуковоспроизведения.

*Дмитрий Новиков, гр. 354, СПбГУКиТ.*

Программно-аппаратный комплекс для трехмерного сканирования объектов.

---

13:30 – 14:00

**Подведение итогов конференции и объявление финалистов конкурса**

---

## **ПЯТНИЦА, 25 АПРЕЛЯ**

### **ФИНАЛ КОНКУРСА СТУДЕНЧЕСКИХ РАБОТ**

---

10:30 – 11:30

**Сообщения финалистов конкурса**

11:30 – 13:00

**Дискуссия.** Модератор – А.Ф.Перегудов.

13:00 – 13:45

**Совещание членов жюри**

13:45 – 14:30

**ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ КОНФЕРЕНЦИИ И КОНКУРСА.  
ЦЕРЕМОНИЯ НАГРАЖДЕНИЯ ПОБЕДИТЕЛЕЙ**

---

*М.Солтер*, эксперт по вопросам планирования сектора телерадиовещания IABM

*А.Ф.Перегудов*, проректор по научной и инновационной деятельности СПбГУКиТ, генеральный директор фирмы «ДИП»

*О.С.Березин*, генеральный директор компании «Невафильм»

*Л.Н.Баланин*, начальник научно-производственного комплекса 41 ФГУП «Научно-исследовательский институт телевидения»

---

*С.А.Сергеева, К.В.Павлов*

## **Влияние преобразований формата изображения на восприятие аудиовизуального произведения**

*Svetlana Sergeyeva, Kirill Pavlov*

### **The Influence of Aspect Ratio Conversion on Audiovisual Content Perception**

Развитие систем широкоформатного телевидения, внедрение телевидения высокой чёткости привело к появлению у населения некоторого парка широкоформатных ТВ приёмников. Большинство аналоговых телевизионных систем имеют соотношение сторон изображения 4:3. В новых системах формат экрана увеличен по сравнению с обычным ТВ. В кинематографе он варьируется от 1,33 до 2,35 для формата CinemaScope и даже 2,77 в широкоэкранный формате Dynavision 3D. Различные сочетания формата экрана и формата изображения дают форматы отображения: обычный, широкоэкранный, анаморфотный, Letter box-A, Letter box-B. Изменение формата кадра представляет собой частный случай преобразования стандартов. В последнее время функция преобразования формата кадра стала настолько важной, что выпускается ряд аппаратов, преобразующих только формат кадра без изменения стандарта разложения и формата сигнала.

В работе рассмотрены возможные форматы отображения и способы их преобразования. При трансляции кинофильмов на телевизионный экран существует выбор между показом фильма в заниженном режиме Letter box с дополнением изображения чёрными полями и панорамным режимом с потерей части изображения.

В зависимости от сюжетной составляющей фильма зрители могут по-разному воспринимать подобные трансформации. Необходимо выявить особенности субъективного восприятия изображения транслируемого в различных режимах. Для этого была проведена серия экспериментов, в которой представители различных целевых групп выбирали наиболее комфортный режим просмотра видеоматериала в зависимости от режима просмотра, формата экрана и сюжетной составляющей тестируемого материала. Оценка проводилась методом парных сравнений. Для эксперимента было выбрано 3 эпизода по 15 секунд из кинофильмов различной жанровой направленности: киноэпопея с преобладанием батальных сцен и общих планов (формат изображения 16:9), телесериал с доминированием крупных и средних планов (4:3) и детектив с чередованием крупных, средних и общих планов (4:3). Видеоматериал демонстрировался на экранах с соотношением сторон 4:3 и 16:9 в различных режимах. Результаты эксперимента показали разницу в предпочтениях зрителями режимов просмотра одного и того же материала в зависимости от формата экрана. Так, например, режим Letter box в случае показа кинофильма на экране 4:3 оказался более комфортным для просмотра, чем панорамный режим с потерей части информа-

ции по горизонтали. В то время как для просмотра видеоматериала формата 1,33 на широком экране большинство экспертов предпочло режим Pan&Scan.

*М. А. Лепнёва*

## **Телевизионное вещание по IP-сетям**

*Maria Lepneva*

### **IP-Networks Television Broadcasting**

Понимать под телевидением только традиционное вещание было бы несправедливо. Широкий эфир – исторически первая технология. За ним мир покоряли кабельные и спутниковые системы, имеющие сравнительно большие возможности. Но, по сути, они не изменили концептуальных основ – человек у экрана остается только потребителем аудиовизуального контента, ограниченного и ориентированного на относительно массовую аудиторию. Технология кабельного телевидения успешно осваивает двусторонние (DOCSIS), интерактивные, цифровые способы передачи данных.

В настоящее время DVB-сети практически не рассматриваются как платформа для внедрения интерактивных услуг, т.к. для реализации таких услуг для коммерчески значимого числа абонентов ёмкости DVB-C сети с единым видеосервером не хватает. Идеологи внедрения интерактивных телевизионных услуг постепенно пришли к мысли об использовании Интернет-протокола (IP), в самой идеологии которого заложена полная интерактивность.

Triple Play – это предоставление услуг телефонии (голос), передачи данных и доступа к Internet (данные), а также телевидения (видео). Но телевидение в составе услуг Triple Play приобретает совершенно иные свойства по сравнению с традиционным эфирным вещанием. Благодаря наличию канала обратной связи с абонентом, помимо предоставления услуг широко вещания по IP-протоколу (IPTV), возможна организация интерактивных сервисов.

- Услуга «Почти видео по запросу» или «виртуальный кинотеатр» (near Video on Demand – nVoD) – это трансляция фильмов с видеосервера с жестко определенным расписанием сеансов, когда абонент покупает удобный ему по времени сеанс для просмотра фильма.

- «Видео по запросу» (Video on Demand – VoD) – фильм с видеосервера персонально транслируется абоненту в любой произвольно выбранный абонентом момент времени.

- «Персональный видеомаягнитофон» (Personal Video Recorder – PVR) – на видеосервере абоненту выделяется определенный объем памяти и предоставляется интерфейс с аналогичными видеомаягнитофону функциями для цифровой записи и воспроизведения телепередач.

- «Платный просмотр» (Pay per View – PPV) – покупка и просмотр абонентом отдельно выбранных программ. Трансляция ведется в режиме реального времени.

- «Телевидение со сдвигом по времени» (Time Shifted TV) – абонент покупает услугу просмотра заранее записанных на видеосервере программ. Услуга и реализуемые в ней сервисные функции близки к «видео по запросу».

- «Сервисы по запросу» (Services on Demand, SoD) – это заказ товаров и услуг на дом, различная справочная информация, расписание транспорта, гостиничный сервис и т.п. Данные услуги близки к аналогичным сервисам в Интернете.

Таким образом, IP-телевидением называют цифровую технологию многопрограммного интерактивного телевизионного вещания в IP-сети с помощью пакетной передачи видеоданных по IP-протоколу (Video over IP).

Существует три основных метода передачи трафика в IP-сетях: Unicast, Broadcast и Multicast. Каждый из этих трех методов передачи использует различные типы назначения IP-адресов в соответствии с их задачами. Существует существенная разница в степени их влияния на объем потребляемого трафика.

Unicast-трафик (одноцелевая передача пакетов) используется прежде всего для сервисов «персонального» характера, таких как «Видео по запросу», «Персональный видеомаягнитофон» и «Телевидение со сдвигом по времени». Unicast-трафик направляется из одного источника к одному IP-адресу назначения.

Broadcast-трафик (широковещательная передача пакетов) использует специальный IP-адрес, чтобы посылать один и тот же поток данных ко всем абонентам данной IP-сети. Broadcast-трафик принимается всеми включенными компьютерами (или STB) в сети независимо от желания пользователя. Поэтому этот вид передачи используется в основном для служебной информации сетевого уровня или для передачи другой исключительно узкополосной информации.

Multicast-трафик (групповая передача пакетов) используется для передачи потокового видео, когда необходимо доставить видеоконтент неограниченному числу абонентов, не перегружая сеть, т.е. для предоставления таких интерактивных сервисов, как «Виртуальный кинотеатр» и «Платный просмотр». Это наиболее часто используемый тип передачи данных в IPTV сетях, когда одну и ту же программу смотрят большое число абонентов. В отличие от случая broadcast-передачи за абонентом остается выбор – принимать данные или нет.

Архитектура решения IPTV имеет распределенную структуру. Основными ее элементами являются:

1. Головная станция – программно-аппаратный комплекс, который обеспечивает прием сигнала от радио- и телевизионных станций и спутников, обеспечивает декодирование и демультиплексирование цифровых сигналов и MPEG-кодирование аналоговых сигналов с последующим мультиплексированием подготовленных материалов в IP-поток.

2. Middleware – программно-аппаратный комплекс, который обеспечивает управление всеми компонентами решения «IPTV», обрабатывает запросы от абонентских устройств, обеспечивает взаимодействие с системами оператора связи.

3. Система защиты контента от несанкционированного доступа (CAS/DRM) – обеспечивает безопасность услуг и защиту видеоматериалов от

несанкционированного просмотра и цифрового копирования (соблюдение авторских прав).

4. Абонентское устройство Set top box (STB) – является связующим звеном между системами формирования и доставки аудио- и видеоматериалов и телевизором абонента. Представляет собой миникомпьютер с операционной системой и WEB-браузером.

5. Система распределения контента – получает от middleware запросы абонентов на доступ к контенту, определяет, на каком сервере с минимальной загрузкой и в максимальной близости к абоненту находятся требуемые данные и разрешает абоненту получить их с выбранного сервера.

6. Видеосерверы – используются для реализации интерактивных сервисов типа «Виртуальный кинотеатр» (NVoD), «Видео по запросу» (VoD), «Персональный видеомаягнитофон» (PVR).

Ещё 4...5 лет назад IP-телевидение воспринималось в нашей стране как экзотическая и дорогая цифровая технология, перспективы которой весьма неопределенны. Однако в последнее время технические и экономические проблемы, препятствующие массовому внедрению IPTV, хотя и не исчезли полностью, но во многом потеряли свою остроту. Уже через 3...4 года можно ожидать перехода IPTV в разряд широко распространенных и высокодоходных технологий.

*А. Е. Новикова*

## **Контроль качества изображения на уровне услуг IPTV**

*Anna Novikova*

### **Image Quality Monitoring on IPTV-Service Level**

Одним из самых перспективных вариантов использования мультисервисных сетей является передача телевизионного и видеотрафика по Интернет-протоколу. Внедрение решений по передаче видеотрафика позволяет операторам более эффективно использовать свою сеть за счет предоставления современных интерактивных сервисов, таких как обычное «Вещание», «Видео по запросу», «Видео с расписанием» и т.д.

Казалось бы, простая задача – облечь в цифры качество услуги IPTV – оказывается довольно сложной: возникает проблема введения определенной метрики. Для ее решения разработано множество различных подходов. В настоящее время используются две стратегии и, соответственно, два способа введения метрики качества услуг IPTV – MDI и MPQM. Помимо этого, безусловно, ведутся поиски более совершенных методов, о которых также будет упомянуто в докладе.

*Ю. А. Михедова*

## **Мобильные устройства в ТВ производстве: интерфейсы и публикация**

*Julia Mikhedova*

### **Mobile Devices in TV Production: Interfaces and Publication**

В современном мире важно уметь быстро производить телевизионные программы, особенно в тех случаях, когда событие не может быть освещено журналистом с профессиональной техникой. И в этом случае могут быть полезны мобильные устройства со встроенными камерами – такие как сотовые телефоны, смартфоны, коммуникаторы, медиаплееры, портативные компьютеры и т.п. Таким образом, каждый обладатель подобного устройства может стать журналистом-стрингером (stringer), сняв уникальное событие, свидетелем которого он стал.

Использование такой технологии как в традиционном телевидении, так и в мобильном предоставляет возможности расширения ассортимента контента, а следовательно, и расширения зрительской аудитории. Но возникает два вопроса: что снимать и как передавать с помощью таких мобильных устройств. На первый вопрос ответ прост – то, что будет интересно зрителю. А второй вопрос требует более детального рассмотрения.

В докладе рассматриваются интерфейсы, необходимые для соединения мобильного устройства с камерой и ПК (Wi-Fi, USB 2.0, Bluetooth) и передачи видеоданных с ПК на другие устройства (Wi-Fi, Ethernet, приводы для записи на оптические диски, IEEE1394, USB 2.0 и Bluetooth). Представлены сравнительные данные по скорости передачи данных по рассматриваемым интерфейсам, а также возможные пути распространения отснятого видео: публикация на видеосервисах (You Tube, Video Google и др.), запись на оптические диски и т.д.

*С. В. Чернышов*

## **Разработка метода компрессии для HDTV**

*Sergey Chernyshov*

### **Development of Compression Method for HDTV**

Телевидение высокой четкости (ТВЧ, HDTV) – одна из самых популярных и обсуждаемых тем в телевизионной среде. Многие специалисты приравнивают значимость внедрения ТВЧ к значимости начала цветного ТВ вещания. Сторонники немедленного внедрения HDTV говорят о необходимости скорейшего начала вещания, создания контента и увеличения числа программ с целью при-

влечения зрителей. В то же время существует целый ряд факторов, мешающих развитию HDTV. Наряду с малым объемом HD-контента одной из главных проблем внедрения телевидения высокой четкости является неготовность существующих вещательных сетей к передаче информации со скоростями свыше одного гигабита в секунду.

Одним из вариантов решения данной проблемы является использование существующей кабельной инфраструктуры и коммутационно-распределительного оборудования, изначально предназначенных для передачи цифровых видеосигналов формата SD SDI со скоростью 270 Мбит/с. Для обеспечения возможности передачи сигналов ТВЧ по существующим сетям требуется уменьшение скорости цифрового потока приблизительно в 5 раз. В докладе представлены результаты разработки алгоритма видеокompрессии, эффективно решающего данную задачу.

Разрабатываемый метод compрессии должен удовлетворять следующим требованиям:

- малая задержка при кодировании и декодировании;
- малые искажения и, как следствие, снижение качества изображения;
- алгоритм должен быть реализован с использованием небольших структурных блоков с целью ограничения распространения ошибок и устранения пространственной перекрестной модуляции;
- простота реализации для скорейшего внедрения.

В основе алгоритма лежит разбиение каждого кадра на 32 400 макроблоков, каждый из которых в свою очередь разбивается на блоки размером 4x4. Полученные блоки подвергаются целочисленному преобразованию, масштабированию, преобразованию Адамара, квантованию и энтропийному кодированию словами переменной длины. В итоге данные каждого макроблока размещаются в пакете, состоящем из 512 битов, после чего используется специальная процедура совместимости изображения.

Алгоритм, представленный в докладе, обеспечивает требуемое сжатие информации, причём заметность артефактов compрессии – ниже порогового уровня. Сохраняется возможность введения сигналов звукового сопровождения и других данных.

*К. О. Гусев*

## **Исследование методов компенсации неравномерности освещенности кадра в фильм-сканере**

*Kirill Gusev*

### **Research of Illuminance Nonuniformity Correction Methods in Film Scanners**

Фильм-сканеры находят применение в системах производства кинофильмов с промежуточным цифровым этапом, при реставрации архивных кинофильмов цифровыми методами, а также при создании фильмов, предназначенных для показа в цифровых кинотеатрах, когда в фильм должны войти сцены, снятые как традиционными, так и цифровыми кинокамерами.

Одним из параметров, определяющих качество перевода киноизображения в цифровой вид в фильм-сканерах, является неравномерность освещенности кадра в кадровом окне. Неравномерность яркости полученного с фильм-сканера изображения обусловлена как несовершенством оптических систем, имеющих более низкое светопропускание по краям, так и особенностями конструкции осветительной части. Для более равномерного освещения кадрового окна принимаются специальные меры, например, осветитель строится по схеме сферы Ульбрихта. Но даже несмотря на эти меры, добиться идеально равномерной освещенности кадра невозможно. Остаточную неравномерность можно скомпенсировать цифровыми методами.

В основу такой коррекции предлагается положить перемножение отсчетов файлов изображений, получаемых с фильм-сканера, на корректирующую двумерную матрицу коэффициентов. Такая матрица может быть получена из изображений открытого кадрового окна, то есть изображений, полученных съемкой кадрового окна без киноплёнки. Однако эти изображения характеризуются зашумленностью, и для получения корректирующих матриц необходимо провести их фильтрацию. При этом к фильтрации не предъявляется настолько же жестких требований, как при шумоподавлении на сюжетном изображении, так как неравномерность носит низкочастотный характер, полезные высокочастотные детали отсутствуют. Еще один способ борьбы с шумом – накопление серии изображений и их последующее усреднение. Если усреднение производится по  $n$  кадрам, то отношение сигнал/шум улучшается в  $\sqrt{n}$  раз. Кроме того, изображение открытого кадрового окна можно рассматривать как двумерную функцию, отсчеты которой взяты с некоторой ошибкой. Для получения корректирующей матрицы можно произвести аппроксимацию такой функции при помощи сплайнов.

В работе рассмотрены методы коррекции неравномерности, получение корректирующих матриц в которых осуществляется с применением:

- фильтрации изображения открытого кадрового окна;
- усреднения по нескольким кадрам;

- аппроксимации бикубическими сплайнами.

Изложены математические основы этих методов; выявлены достоинства и недостатки. Приведены и проанализированы практические результаты их применения.

*Д. А. Давыдов*

## **Автоматическая оптимизация АЧХ системы звукоспроизведения**

*Denis Davydov*

### **Amplitude-Frequency Response Automatic Optimization of Sound Reproduction System**

Настройка амплитудно-частотной характеристики системы необходима для достижения высокого качества звукоспроизведения. Это позволяет добиться более правильного звучания, более точной передачи звуковой картины, передать эмоциональную составляющую музыки. Особенно эта проблема заметна в системах домашнего кинотеатра. В такой системе обычно используется не менее 6 акустических систем – 5 широкополосных громкоговорителей и излучатель сверхнизких частот, именуемый сабвуфером, который расширяет диапазон воспроизводимых частот до 20 Гц снизу. Необходимость коррекции АЧХ в таких системах очевидна – 99% пользователей не имеют либо возможности, либо достаточных технических знаний, чтобы расположить громкоговорители должным образом. Предлагаемая система позволяет снять с пользователя часть действий, связанных с частотной настройкой и расположением излучателей, автоматически настраивает задержки для каждого канала, которые влияют на локализацию кажущегося источника звука, и оптимизирует амплитудно-частотную характеристику, которая отвечает за точность и адекватность воспроизведения всего диапазона воспроизводимых частот.

Для решения данной задачи необходимо определить АЧХ тракта и помещения прослушивания и получить АЧХ корректора, которая будет обратной измеренной АЧХ. В большинстве помещений прослушивания невозможно обеспечить равномерную АЧХ на низких частотах и на нижней середине. Причина – стоячие волны в помещении. Тем не менее, баланс между уровнями воспроизведения низких и средних частот надо соблюдать, и дело это довольно тонкое. В качестве тестового сигнала наиболее удобен в данном случае «белый шум»: этот сигнал имеет равномерно распределенные спектральные составляющие, отчего и получил свое название по аналогии с белым светом. Он позволяет «размазать» картину стоячих волн в помещении, т.к. реальный сигнал, в отличие от синусоидального, тоже «размазывает» эту картину. Для получения такого сигнала цифровыми методами наиболее удобно использовать так называемые генераторы псевдослучайных чисел, которые и формируют соответ-

вующие спектральные составляющие. Предлагается использовать генератор Парка-Миллера как наиболее удобный для программной реализации. Соответствующие константы были предложены и опробованы Парком и Миллером в 1969 году, по именам которых и был назван алгоритм.

Для правильной оценки АЧХ и точной звукопередачи необходимо соблюдать правильность фазирования каналов друг относительно друга. Если громкоговорители будут включены в противофазе, возникают сильные искажения АЧХ в области низких частот. Предложенная схема обеспечивает правильное фазирование громкоговорителей.

При прохождении тракта изменяется спектральное распределение мощности сигнала. Вклад в этот процесс вносят усилитель мощности, громкоговоритель, акустические условия прослушивания. «Тонким местом» является взаимодействие громкоговорителя и акустики помещения. Для коррекции АЧХ производится спектральный анализ сигнала с применением процедуры быстрого преобразования Фурье. Быстрое преобразование Фурье представляет собой набор алгоритмов, направленных на сокращение числа операций по вычислению дискретного преобразования Фурье. На основе вычисленной АЧХ корректора осуществляется синтез цифровых фильтров.

Выход тестового сигнала подключается к усилителю мощности, усилитель подключен к излучающим звук громкоговорителям. Подвергшись влиянию всех компонентов тракта, акустический сигнал поступает на микрофон. Далее сигнал, будучи оцифрованным и записанным, подвергается обработке: вычисляется его спектральная плотность, которая и будет соответствовать АЧХ тракта; на ее основе синтезируется АЧХ корректора, которая обратна АЧХ тракта с небольшим отклонением – она вычисляется относительно среднего значения полученной спектральной плотности сигнала. Окончательным результатом вычислений является разностное уравнение, на основе которого синтезируется цифровой фильтр, «записываемый» в корректор.

Помимо своей основной задачи, устройство может проводить оценку запаздывания сигнала одного громкоговорителя относительно другого и вводить компенсирующую задержку. Это позволяет проводить настройку звукового тракта в таких условиях, где принципиально невозможна правильная установка громкоговорителей.

Целью данной инженерно-технической работы является разработка устройства, в реальном времени формирующего сигнал, обработанный с учетом АЧХ помещения. Реализовать такое устройство можно на базе сигнального процессора, ПЛИС и т.д. или же использовать для анализа и коррекции персональный компьютер.

*Д. С. Новиков*

## **Программно-аппаратный комплекс для трехмерного сканирования объектов**

*Dmitry Novikov*

### **3D-Scanning@Home: Low-Cost Laser Scanner and Hi-Resolution Surface Reconstruction**

За последние двадцать лет разработано множество способов анализа формы поверхностей и построения трехмерных моделей, но все они используют сложное и дорогостоящее оборудование. В данной работе я представляю систему трехмерного сканирования объектов в высоком разрешении, состоящую из лазера, вращающегося предметного столика и видеокамеры. Анализ отснятого материала и построение трехмерной модели осуществляется по специальному алгоритму. Также система восстанавливает текстуру объекта.

Трехмерные сканеры нашли широкое применение в таких областях как компьютерная графика, системы искусственного зрения, медицина, археология, игровая индустрия, компьютерный контроль качества и т.д. Существующие методы анализа поверхностей разделяются на контактные и бесконтактные. Бесконтактные методы реконструирования трехмерных объектов на основе плоских двумерных изображений – до сих пор широко исследуемая область. Одним из самых распространенных способов трехмерного сканирования является метод лазерной триангуляции. В нем используются видео- или фотокамера и лазерный луч (или лазерная плоскость). Восстановление поверхности основано на алгоритме триангуляции, т.е. на анализе расположения точки пересечения лазерного луча и сканируемого объекта в плоскости проекции видеокамеры.

Аппаратная часть сканера включает в себя фотокамеру и источник лазерного излучения. В системе использована цифровая камера Canon digital IXUS 50 и полупроводниковый лазер красного цвета бездымного производителя из Китая. Вертикально ориентированный плоский расходящийся лазерный луч сформирован короткофокусной цилиндрической линзой. Лазер и линза смонтированы на одном основании и жестко соединены между собой. Сканируемый объект устанавливается на вращающийся с постоянной скоростью предметный столик. Ось лазерного луча проходит через центр вращения столика с целью минимизаций геометрических искажений изображения сканируемого объекта. Под углом в 45 градусов относительно столика установлена видеокамера, которая снимает полный оборот объекта. Отснятый материал кадр за кадром анализируется специальным алгоритмом. В каждом кадре для каждой строки изображения находятся пиксели с изображением лазерного луча. Берется среднее значения  $x$ -координат этих пикселей в экранной плоскости. Смещение получившейся точки от проекции оси вращения объекта – это  $X$ -координата трехмерной вершины.  $Y$ -координата вершины совпадает с  $y$ -координатой этой точки на экранной плоскости. Корректируется угол, под которым камера находилась к оси лазерного луча (45 градусов в нашем случае).

Все полученные в кадре вершины находятся в плоскости XY и представляют одно сечение сканируемого объекта. Каждое сечение поворачивается относительно оси Y на угол, равный углу поворота предметного столика в этом кадре. Яркость каждой вершины вычисляется взвешенной суммой яркостей каждого пикселя в строке. После обработки всех кадров программа сохраняет файл формата `xyzrgb` с массивом точек, готовый для использования.

Дальнейшее совершенствование устройства включает в себя применение двух лазеров для сканирования «мертвых зон», использование шагового двигателя с компьютерным управлением для увеличения точности и детализации трехмерной модели, использование фотокамеры с программно управляемым спуском.

---