

## СЕКЦИЯ 1

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Среда, 16 апреля 2008 г., читальный зал преподавателей (ауд.232), гл. корпус МГТУ им.Н.Э.Баумана.

**Начало в 10.00.**

**Председатель: профессор, д.т.н. Норенков И.П.**

**Руководитель экспертной комиссии: к.т.н., доцент Федорук В.Г.**

**Ученый секретарь: к.т.н., доцент Власов А.И.**

#### **Экспертная комиссия:**

**БОЖКО А.Н., ВОЛОСАТОВА Т. М., ЖУК Д. М., МАНИЧЕВ В. Б., МАРТЫНЮК В. А., ТРУДОНОШИН В. А., ГРОШЕВ С. В., КНЯЗЕВА С. РОДИОНОВ С. В., ФЕДУРУК Е., ИВАНОВ В.В.**

В рамках работы секции будет осуществлен первый этап конкурсного отбора проектов в проектный инкубатор МГТУ им.Н.Э.Баумана. Критериями конкурсного отбора участников молодежного научно-инновационного конкурса являются:

1. Уровень инновационности идеи (предложения, метода, способа ...).
    - 1.1. Идея должна быть новой, впервые сформулированной именно самим номинантом.
    - 1.2. Уровень наукоемкости тем выше, чем более:
      - основательны научные исследования, в результате которых она появилась;
      - основательны дальнейшие научные исследования, необходимые для ее реализации.
    - 1.3. Техническая значимость тем выше, чем большее влияние ее реализация окажет на уровень техники. «Пионерные» идеи (изобретения) – пенициллин, лазер, синтез алмазов - открывают новые отрасли науки и техники. Идеальная по инновационности идея неожиданна для рынка. Поэтому она им не может быть сейчас востребована, она сама формирует новую потребность и нишу рынка.
      - Высокий технический уровень имеют решения, например, многоотраслевого использования.
      - Оригинальные технические решения дают новые принципы решения известной задачи.
      - Есть решения, позволяющие решить проблему еще одним, дополнительно к известным, способом. Но и в этом случае, если уже известно 10 способов решения задачи, то новый способ может и не давать существенных преимуществ в решении задачи или давать их только в очень ограниченном по масштабам применения числе случаев.
        - А может быть и просто рацпредложение.
    - 1.4. Масштабность использования предложения тоже может сильно различаться – от решения локальной задачи одного местного потребителя до ...  
Грубый способ оценки масштабности экспертами – возможный полный объем производства продукта на основе данного предложения – 106, 107, 108, 109, 1010, 1011 рублей
    - 1.5. Срок превращения идеи в конечный продукт с выходом его на рынок: новизна, рискованность идеи, объем необходимых научных исследований не позволяют уложиться в 2-3 года, но и не требуют 10-15 лет
    - 1.6. Идея тем актуальней, чем меньше вероятность того, что за 5-7 лет в результате научных исследований появятся и «раскрутятся» до продукта другие более эффективные пути решения задачи.
      - Для рекомендуемых экспертами участников программы просьба очень четко указать, за какую собственно идею (предложение) они отобраны.
      - НИОКР по реализации предложенного способа (метода, идеи) программа и будет поддерживать.
- Пример: «За предложенный способ (метод, идею) ... расширения энергетического диапазона детектора..., отличающийся...».
- Победитель сам организует работу по привлечению необходимого финансирования. Программа оказывает ему поддержку на начальном этапе работы над его идеей.

# ПРОГРАММА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ДЕФОКУСИРОВКОЙ

Александров Д.А., Афиногенов Е.И.

Научный руководитель: к.т.н, доцент Волосатова Т.М.  
Кафедра «САПР» (РК6) МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия

## SOFTWARE FOR RESTORATION OF DIGITAL IMAGES

Alexandrov D.A., Afinogenov E.I.

Scientific chief: PhD, associate professor Volosatova T.M.  
CAD/CAE Department (RK6) of BMSTU, Moscow, Russia

### Аннотация

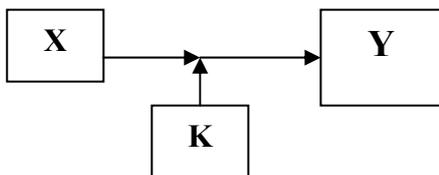
Приведен пример использования цифровой обработки изображений. Рассмотрена задача восстановления дефокусированных изображений. Создано программное обеспечение для реализации решения задачи.

### Abstract

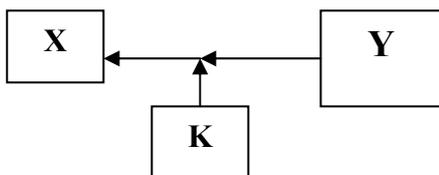
Sample of using digital image processing. Restoration of blurred images. Software for performing this task.

Цифровая обработка изображений широко распространена. Она дает возможность улучшать качество изображения и устранять последствия смазывания, дефокусировки, неправильной экспозиции и т.д.

Прямой задачей цифровой обработки является получение выходного изображения  $F$  по известному входному изображению  $X$  и известной аппаратной функции системы  $K$ .



Обратной задачей цифровой обработки является получение входного изображения  $X$  по известному выходному изображению  $Y$  и известной аппаратной функции системы  $K$ .



При этом происходит восстановление испорченного изображения.

Считаем, что снимаемый объект (плоский) и фотопленка расположены на расстояниях  $f_1$  и  $(f_2+\delta)$  по разные стороны линзы, где  $\delta$  – погрешность фокусировки.

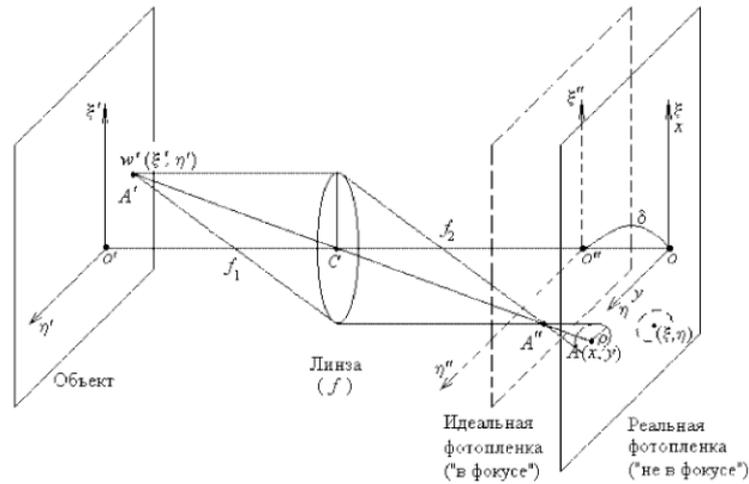


Рис.1

Тогда точка  $A'$ , принадлежащая плоскости снимаемого объекта, проецируется в точку  $A''$  в плоскости «идеальной фотопленки» и в дифракционный круг на реальную фотопленку. Радиус круга составляет

$$\rho = \frac{a\delta}{f_2},$$

где  $a$  – радиус апертуры линзы.

При этом интенсивность  $w'$  точки  $A'$  будет размазана по всей площади дифракционного круга. Интенсивность по всей площади в первом приближении считаем постоянной.

Интенсивность в точке  $A$  будет равна:

$$g(x, y) = \iint_{\sqrt{(x-\xi)^2+(y-\eta)^2} \leq \rho} \frac{w(\xi, \eta)}{\pi\rho^2} d\xi d\eta.$$

Это соотношение является основным в задаче восстановления изображения.

Представленное в стандартной форме, оно выглядит так:

$$\iint_{-\infty}^{\infty} k(x - \xi, y - \eta) w(\xi, \eta) d\xi d\eta = g(x, y), \quad -\infty < x, y < \infty,$$

где

$$k(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{\pi\rho^2}, & \sqrt{x^2 + y^2} \leq \rho, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Уравнение может быть решено двумерным обратным преобразованием Фурье:

$$w(\xi, \eta) = \frac{1}{4\pi^2} \iint_{-\infty}^{\infty} W(\omega_1, \omega_2) e^{-i(\omega_1\xi + \omega_2\eta)} d\omega_1 d\omega_2,$$

где

$$W(\omega_1, \omega_2) = \frac{G(\omega_1, \omega_2)}{K(\omega_1, \omega_2)},$$

$$G(\omega_1, \omega_2) = \iint_{-\infty}^{\infty} g(x, y) e^{i(\omega_1x + \omega_2y)} dx dy,$$

$$K(\omega_1, \omega_2) = \iint_{-\infty}^{\infty} k(x, y) e^{i(\omega_1x + \omega_2y)} dx dy.$$

Решение осуществляется численно при помощи дискретного преобразования Фурье (ДПФ), в виде быстрого преобразования Фурье (БПФ) стандартных математических библиотек языка программирования Fortran.

Под эту задачу было разработано программное обеспечение, графический интерфейс которого приведен на рис.2.

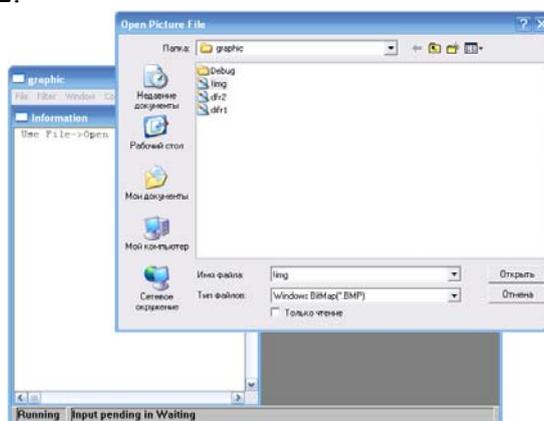


Рис.2

После того, как произведено открытие файла, и изображение появилось в новом дочернем окне программы, можно применить к этому изображению фильтр. Перед осуществлением процесса обработки изображения необходимо ввести значения параметров фильтра (рис.3), на основании которых и будет произведено восстановление изображения.

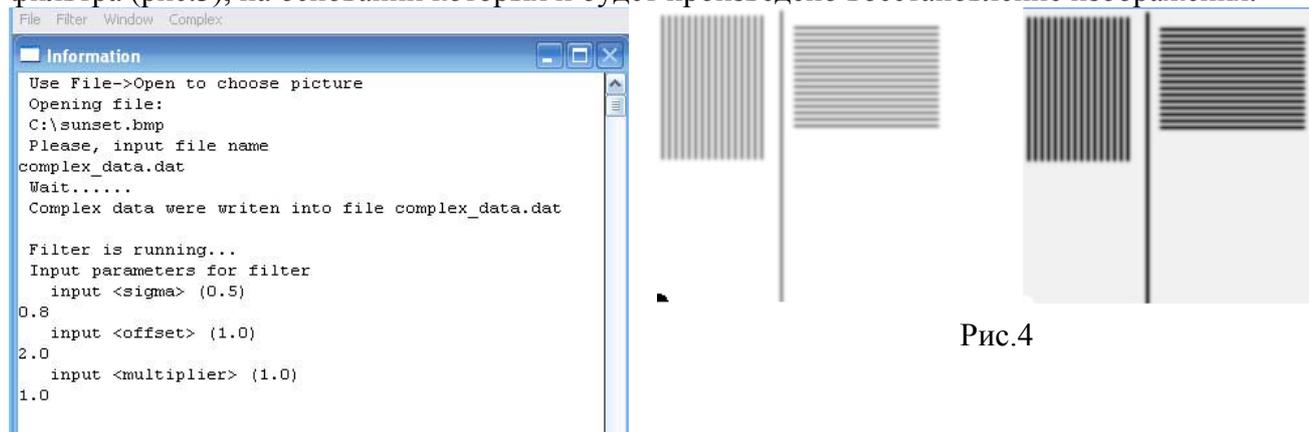


Рис.3

Рис.4

В результате можно оценить действие фильтра (рис. 4)

## Литература

1. БиГОР (База и Генератор Образовательных Ресурсов) МГТУ им. Н.Э.Баумана кафедра САПР
2. Сизиков В.С. Устойчивые методы обработки результатов измерений
3. Бартенев О.В. Математическая библиотека IMSL
4. Интернет-ресурсы, посвященные цифровой обработке сигналов.

# ГИБРИДНАЯ ЗАЩИТА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ВЕЩАНИЯ В СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

**Афанасьев А.В.**

*Научный руководитель: д.т.н., профессор Шахнов В.А.*

МГТУ им.Н.Э.Баумана, Москва

## HYBRID IP BROADCASTING MULTIMEDIA CONTENT PROTECTION SYSTEM

**Afanasyev A.V.**

*Science Advisor: d.t.n., Professor Shakhnov V.A.*

MSTU named after Bauman, Moscow

### **Аннотация**

Развитие и коммерциализация цифрового вещания в сетях передачи данных ставит задачу формирования простой и надежной системы защиты вещания от несанкционированного доступа. В статье рассматриваются принципы защиты в спутниковом вещании и проблемы непосредственного применения этих принципов в IP-сетях. Обсуждаемое решение проблемы защиты данных основывается на принципах двухуровневого шифрования данных с применением эффективных современных алгоритмов, и расширяется гибридностью используемых каналов передачи данных – высокоскоростного однонаправленного и низкоскоростного двунаправленного.

### **Abstract**

IP broadcasting development and its commercialization tends to problem of simple and reliable content protection system design. Article describes basics of satellite broadcasting protection and its adopting in IP networks problems. Proposed content protection system design based on 2-level encryption embedding state-of-art algorithm, as well as new hybrid principle of network usage – high speed one-directional and low speed bi-directional channels.

Защита от несанкционированного доступа к вещанию является одним из важнейших элементов любой вещательной деятельности, в том числе, важнейшим элементом мультимедийного вещания в сетях передачи данных. Защита используется с целью: ограничения зоны вещания, коммерциализации системы вещания и, в ряде случаев, недопущения использования несертифицированного оборудования.

Обычное эфирное телевидение естественным образом ограничено в зоне вещания и является общедоступным. Спутниковое телевидение может практически полностью покрывать всю территорию земного шара. В спутниковом вещании присутствуют общедоступные материалы, а также масса коммерческих телеканалов, таких как НТВ+, Viasat, TPS France [1, 2, 3] и другие. Существует проект «Триколор ТВ» [4], который реализует общедоступное вещание с ограничением на территорию Российской Федерации с применением сертифицированного оборудования.

Вещание в сетях передачи данных (IP-вещание) реализуется в основном на платной основе и может являться как ограниченным, так и неограниченным (сеть Интернет) территориально. Используемые в настоящий момент реализации ограничения доступа к IP-вещанию полностью повторяют модель спутникового телевидения, в которой имеется ряд недостатков: требование наличия у каждого абонента специальных индивидуальных абонентских устройств или, как минимум, специализированных высокозащищенных смарт-карт. Обнаружен ряд уязвимостей такой системы, которые широко использовались, а некоторые продолжают использоваться в настоящее время: клонирование смарт-карт, программное эмулирование смарт-карт, аппаратное эмулирование смарт-карт и проч. [5]

Существенное отличие спутникового и IP-вещания состоит в направленности канала передачи данных - однонаправленный и двунаправленный каналы соответственно. На рис.1 показаны способы предоставления доступа абонентов к контенту и методы идентификации пользователей. Защита от несанкционированного доступа может либо отсутствовать вовсе (свободный доступ), либо основываться на группах абонентов (ограничение территории вещания), либо индивидуализировать каждого подключенного абонента (коммерциализация). В случае однонаправленного распространения мультимедийных данных индивидуализация абонентов возможна только с помощью индивидуализированных абонентских приемников (индивидуализация на базе смарт-карт). При двунаправленной связи «Оператор-Абонент» появляются дополнительные возможности: аутентификация пользователей, использование цифровой подписи и цифровых сертификатов, индивидуализация по аппаратным ключам и информации IP пакетов вкупе с MAC аутентификацией [6].

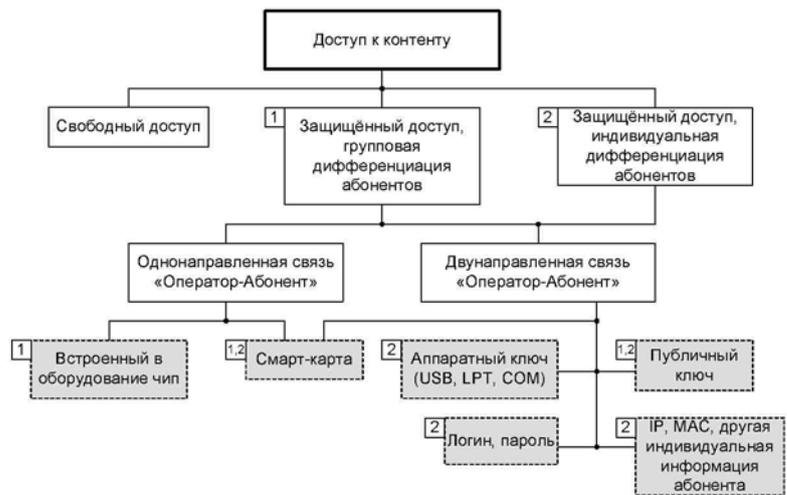


Рисунок 1 - Методы идентификации абонентов

### Текущие реализации

Как уже было отмечено выше, в существующем IP-вещании используется адаптация спутниковой модели защиты от несанкционированного доступа DVB (DVB-CSA, DVB-CAM, DVB-CI [7]) к новой среде (рис.2). Модель является двухуровневой моделью защиты информации: оцифрованный мультимедийный поток подвергается симметричному шифрованию

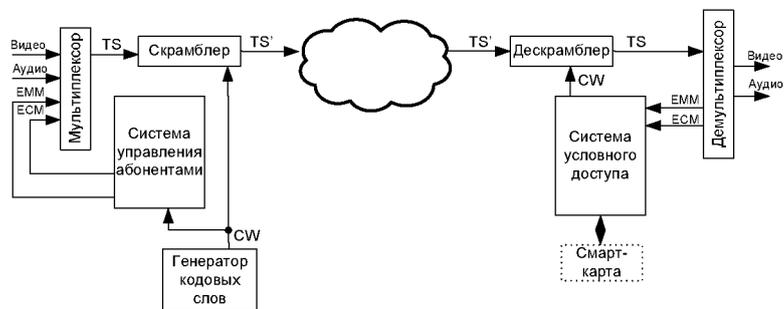


Рисунок 2 - Модель DVB-CSA

(собственно алгоритм, описываемый стандартом DVB-CSA), шифруются ключи шифрования проприетарным способом, после чего этот поток вместе с зашифрованными ключами шифрования передается в едином канале абоненту. Абонентское оборудование для просмотра получаемых данных должен из приходящего потока получить ключи и соответствующим образом их применить. Сущность защиты скрывается в способе шифрации, и дешифрации самих ключей. В настоящее время существует множество таких систем: Viaccess, Conax, BISS, Mediaguard и многие другие [8].

Основным достоинством такой двухуровневой модели является возможность параллельной работы нескольких систем защиты, либо различных версий одной и той же системы. Это не только позволяет разработчикам систем защиты легко конкурировать между собой, но и относительно безболезненно для абонентов производить обновление системы (введение в эксплуатацию обновленной системы и плавная замена абонентского оборудования).

Недостатками переноса этой технологии в IP-сети являются:

1. Невозможность использования персонального компьютера для просмотра вещания, поскольку требуется специальное индивидуализирующее абонентское устройство (STB и смарт-карта);
2. Дороговизна лицензирования разработки и использования скрамблера и дескрамблеров DVB-CSA [9], что зачастую является неприемлемым для малых и средних сетей;
3. Неоптимальность передачи всех канальных данных (зашифрованный поток и ключи) без разделения по IP адресам/портам.

### Гибридная модель защиты данных IP-вещания

Для эффективной работы системы в условиях полноценной двунаправленной IP сети, необходима модификация структурной схемы работы системы. Предлагаемая модифицированная структурная схема представлена на рис.3. Для преодоления трудностей использования дорогих (в смысле лицензирования) алгоритмов скрамблирования DVB-CSA, в рамках IP-вещания целесообразно воспользоваться AES (Advanced Encryption Standard) симметричного блочного шифрования [10], а для передачи ключей использовать безопасное двунаправленное соединение абонентского терминала с системой управления пользователями оператора с непосредственной аутентификацией и авторизацией абонента. Таким образом, блоки скрамблирования и дескрамблирования (схема на рис.2) преобразуются в симметричное шифрование на основе алгоритма AES, а вместо системы условного доступа, работающей на основе ECM/EMM сообщений, система аутентификации и авторизации пользователей на основе асимметричного алгоритма шифрования RSA [11].

Отличие от схемы работы DVB-CSA заключается в том, что транспортный поток мультимплексированных данных всех каналов и служебной информации (TS) заменен транспортным потоком мультимплексированных данных одного канала (канальный поток, CS), причем в этот транспортный поток не включены данные для системы условного доступа (ECM и EMM). Канальный поток (CS) после скрамблирования (CS') доставляется до абонентов, например по мультикаст сети, а необходимые данные для дескрамблирования передаются индивидуально каждому абоненту по защищенной юникаст сети (Secured Unicast), что может быть реализовано на основе SSL (Secured Socket Layer [12]) технологии. Поток данных в рамках Secured Unicast по сравнению с канальным потоком (CS') - незначительный (установление соединения абонентом, аутентификация, авторизация, передача необходимых ключей для дескрамблирования данных), поэтому применение unicast технологии не будет являться каким либо ограничением работы системы.

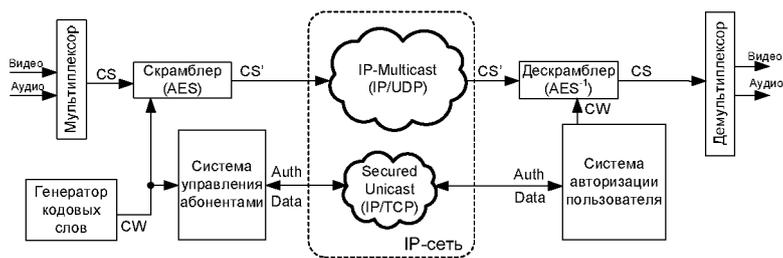


Рисунок 3 - Гибридная модель защиты в IP-сетях

В случае необходимости более глубокой системы защиты, возможно реализация аутентификации и авторизации на базе аппаратных ключей (USB, COM, LPT). Максимальная, но и самая дорогостоящая, защита может быть при реализации блоков системы авторизации и дескрамблирования в рамках одного абонентского устройства STB.

Выбор алгоритма AES [13] в качестве основы процесса скрамблирования и дескрамблирования был сделан на основании ряда критериев: алгоритм AES может быть эффективно реализован в аппаратной и программной форме, стандарт AES имеет высокую стойкость к взлому, а также минимальная (или нулевая) стоимость использования алгоритма.

Алгоритм может быть сформулирован в терминах всего лишь двух операций: побитового суммирования по модулю 2 и индексированного извлечения из памяти, выполняемых над байтами. Поэтому он может быть эффективно реализован на любых компьютерных платформах от младших микроконтроллеров до суперпроцессоров. В силу тех же причин, а

также потому что архитектура алгоритма допускает высокую степень параллелизма, он может быть также очень эффективно реализован в аппаратуре.

Прямое и обратное преобразования в шифре имеют одинаковую алгоритмическую структуру и различаются константами сдвига, ключевыми элементами, узлами замен и константами умножения. При аппаратной реализации они могут быть совмещены на 60%, при программной оптимальное быстродействие может быть достигнуто лишь при полностью раздельных реализациях обеих функций.

Все преобразования в шифре имеют строгое математическое обоснование. Сама структура и последовательность операций позволяют выполнять данный алгоритм эффективно как на 8-битных так и на 32-битных процессорах. В структуре алгоритма заложена возможность параллельного исполнения некоторых операций, что на многопроцессорных рабочих станциях может еще поднять скорость шифрования в 4 раза.

Принятый стандарт AES на основе алгоритма Rijndael [14] определяет ряд комбинаций длин ключа, размера шифруемого блока и количество раундов (один шаг преобразования) шифрования, представленных в таблице 1. Результат каждого раунда представляет собой состояние или промежуточный результат.

Таблица 1 - Комбинации длин ключа, шифруемого блока и числа раундов AES

	Длина ключа ( $N_k$ слов)	Размер блока ( $N_b$ слов)	Число раундов ( $N_r$ )
<b>AES-128</b>	4	4	10
<b>AES-192</b>	6	4	12
<b>AES-256</b>	8	4	14

Вторым основным компонентом защиты от несанкционированного доступа гибридной модели системы IP-вещания является организация защищенного канала «Оператор-Абонент» (блок «Secured Unicast» на схеме на рис.3), в рамках которого осуществляется аутентификация абонента, авторизация (выдача списка разрешенных к просмотру каналов) и собственно передача ключей для дескрамблирования мультимедийных данных.

Эффективной реализацией такой защиты может стать полное шифрование передаваемых данных от абонента к оператору и наоборот с помощью какого либо симметричного шифрования (например с помощью рассмотренного ранее AES) с генерацией и согласованием сессионного ключа этого шифрования во время установления соединения с помощью асимметричного шифрования (шифрование с открытым ключем). Такая гибридная модель необходима, поскольку, для обеспечения сравнимого уровня стойкости, асимметричному шифрованию требуется длина ключа на несколько порядков больше, чем симметричному шифрованию, а следовательно низкая скорость шифрования (около 30 кбит/с при 512 битном ключе на процессоре 2 ГГц).

В шифровании с помощью открытого ключа, например RSA, используется пара ключей: открытый ключ и частный ключ [11], известный только его владельцу. Открытый ключ может распространяться по сети. Секретный ключ в криптографии с открытыми ключами используется для формирования электронной подписи и расшифрования данных. Однако, непосредственное использование открытых ключей требует дополнительной их защиты и идентификации для определения связи с секретным ключом. Без такой дополнительной защиты злоумышленник (нелегальный пользователь системы IP-вещания) может представить себя как отправителем подписанных данных, так и получателем зашифрованных данных, заменив значение открытого ключа или нарушив его идентификацию. Другими словами, остро стоит необходимость верификации или проверка подлинности открытого ключа. Для этих целей используется электронный сертификат.

Электронный сертификат представляет собой цифровой документ, который связывает открытый ключ с определенным пользователем или приложением. Для заверения электронного сертификата используется электронная цифровая подпись доверенного центра - Центра Сертификации (ЦС). В системе IP-вещания, таким ЦС будет выступать подсистема

системы управления пользователями (см.рис.3). Используя открытый ключ ЦС, каждый пользователь (и абоненты, и оператор) может проверить достоверность электронного сертификата, выпущенного ЦС, и воспользоваться его содержимым.

Использование смешанного асимметричного и симметричного шифрования вкупе с электронными сертификатами позволяет защитить от несанкционированного доступа передачу данных от абонента до оператора и обратно. Пара логина и пароля может обеспечить возможность, дополнительно к данным открытого ключа, идентифицировать пользователя. Использование IP и MAC адресов позволяет ограничить использование IP-вещанием одним абонентским устройством (в т.ч. ПК) на один логин/пароль/сертификат. Процессы шифрования с помощью открытого ключа и работа с электронным сертификатом основаны на одних и тех же принципах работы асимметричного шифрования. В процессе шифрования и дешифрации открытый ключ используется для собственно шифрации данных, а соответствующий ему частный ключ для дешифрации. Процесс подписывания и проверки электронного сертификата обратный: частный ключ используется для формирования электронной подписи, а публичный ключ - для проверки электронного сертификата.

### Литература

1. ОАО «НТВ-Плюс». Система спутникового телевидения. // <http://ntvplus.ru/>.
2. VIASAT, // <http://www.viasatworld.com/>.
3. TPS (Television Par Satellite). // <http://www.tps.fr/>.
4. Национальная спутниковая компания. ТРИКОЛОП ТВ. // <http://www.tricolor.tv/>.
5. Viaccess for Free Forum. // <http://viaccessfree.biz/forum/>.
6. David Davis. Lock down Cisco switch port security. // <http://articles.techrepublic.com.com/5100-1035-6123047.html>.
7. DVB Project. DVB - Digital Video Broadcasting. // <http://www.dvb.org/>.
8. Wikipedia. Conditional access. // [http://en.wikipedia.org/wiki/Conditional\\_access](http://en.wikipedia.org/wiki/Conditional_access).
9. DVB Project Office. DVB Common Scrambling Algorithm. Distribution Agreements, 1996.
10. NIST. AES - Advanced Encryption Standard. // <http://csrc.nist.gov/CryptoToolkit/aes/>.
11. William Stallings. Cryptography and Network Security Principles and Practices. Prentice Hall, 4th edition, 2005.
12. Семенов Ю.А. Telecommunication technologies - телекоммуникационные технологии. // <http://book.itep.ru>.
13. Joan Daemen, Vincent Rijmen. The Rijndael Block Cipher, AES Proposal 1999.
14. Federal Information Processing Standards Publication 197, Advanced Encryption Standard, 2001.

# ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БИЗНЕС АНАЛИЗА

Байкин И. С.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Власов А. И.*  
Кафедра РК6, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия  
[Baykin@inbox.ru](mailto:Baykin@inbox.ru)

## DATA WAREHOUSE. BUSINESS INTELLIGENCE

Baykin I.

*Scientific assistant: Ph. D. Vlasov A.*

BMSTU, Moscow, Russia

### Аннотация

Целью этой статьи является рассказ о современных технологиях анализа больших объемов данных и применении этих технологий в современном информационном пространстве компании. В данной работе определены основные термины и понятия систем Бизнес Анализа.

### Abstract

The purpose of this article is the description about modern technologies of analysis of huge data and application of these technologies to modern information environment of a company. This work defines the basic terms and conception of Business Intelligence Systems.

Процесс формирования корпоративных данных на предприятии почти всегда осуществляется посредством одной или несколькими учетных систем, в которых фиксируются все полезные данные для бизнеса (продажи, поставки, издержки и т. д.). Подобные системы, будь-то современные и дорогостоящие ERP (Enterprise Resource Planning, Система Управления Ресурсами Предприятия) и CRM (Customer Relationship Management, Система Управления Взаимоотношений с Клиентами) или более простые и относительно недорогие, служат, по большому счету, для накопления и изменения полезных данных. Такие системы называют **транзакционными** или **OLTP системами** (Online Transaction Processing). Десятки, сотни и даже тысячи пользователей могут одновременно вносить изменения в Базу Данных. Подобные системы обладают следующими особенностями:

- ✓ Структура базы данных состоит из реляционных таблиц и обычно нормализована, а значит, содержит относительно большое количество таблиц
- ✓ Системы разработаны специально для быстрого ввода и обработки данных. Основные операции в системе – ввод, изменение и удаление данных
- ✓ Каждая система выполняет свои специфические функции. Между собой системы слабо связаны

Представим себе, что подобные системы работают на предприятии несколько месяцев, и даже лет. Объем данных неуклонно растет, фирма очень дорожит многолетними данными, но никакой реальной пользы они не приносят. Рано или поздно появляется потребность в анализе огромного объема накопившейся информации. И тут бизнес аналитики сталкиваются со следующими трудностями:

- ✓ Анализ больших объемов данных идет долго и сильно нагружает сервера с базами данных, тем самым, блокируя на некоторое время работу остальных пользователей. Аналитические отчеты формируются очень долго, это связано с огромными массивами обрабатываемых данных.
- ✓ Невозможно получить единый и правильный отчет из нескольких учетных систем одновременно
- ✓ Отчет, который аналитик распечатал вчера, завтра будет выглядеть по-другому, из-за постоянных изменений, вносимых в БД.

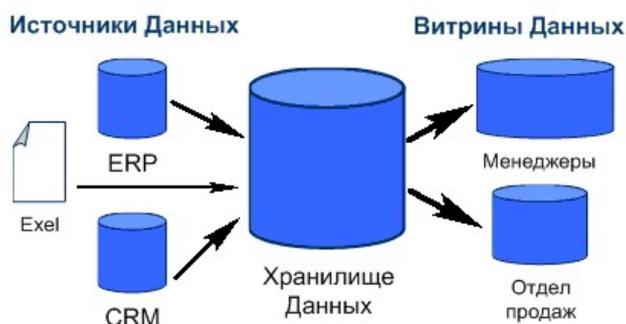
С этой целью разрабатывается специальная База Данных, в которую из всех учетных систем предприятия импортируется только нужная для анализа информация. Такие базы данных называются Хранилища Данных. Часто информация извлекается не только из учетных систем, но и из «плоских» файлов (Excel, Access, .dbf). Все это называется **источниками данных**.

**Хранилище Данных (Data Warehouse)** — большая предметно-ориентированная информационная корпоративная база данных с неизменяемой информацией, которая специально разработана и используется для целей анализа и поддержки принятия решений. Хранилище Данных (ХД) может содержать как элементарные, так и агрегированные данные.

Особенности Хранилищ Данных, по сравнению с OLTP системами:

- ✓ Данные в ХД структурируются и хранятся по объектам бизнеса, а не по приложениям, в которых поддерживаются.
- ✓ Вся информация об объекте собирается из всех источников, консолидируется и хранится в одном месте.
- ✓ Информация в ХД не изменяется и не удаляется. Загрузка данных в хранилище происходит только в установленные моменты времени, строго по регламенту.
- ✓ Таблицы в хранилище данных сильно денормализованы (содержат большое количество атрибутов). Такая структура таблиц повышает быстроту выполнения аналитических запросов.

При этом задача определения всех необходимых систем-источников данных и их синхронизации (согласования данных), решается один раз на этапе проектирования ХД. Далее система в автоматическом режиме поддерживает ведение какого-либо объекта, и аналитику, работающему с этим бизнес-объектом, уже не надо каждый раз заниматься трудоемкими операциями по сбору и сведению воедино требуемой информации. Вместо этого, он может сосредоточиться, собственно, на анализе данных и принятии решений.



**Рис.1** Общая архитектура Хранилищ Данных

По масштабу хранилища данных обычно разделяют на:

- ✓ Корпоративное **Хранилище Данных**, которое охватывает весь бизнес компании. Данные собираются из всех источников, поэтому реализация хранилища требует больших затрат и усилий. Оно может служить источником для витрин данных
- ✓ **Витрины Данных (Data Marts)**, которые охватывают только часть бизнеса компании (продажи, закупки, бухгалтерия), соответственно они служат источниками информации для отдела. Реализация Витрин данных более проста и контролируема, поэтому они могут быть использована как этап в построении корпоративного ХД

Часто такое разделение производят для того, чтобы на начальных этапах внедрения хранилища иметь контроль над качеством данных. Невозможно продумать структуру хранилища и консолидировать информацию, взятую сразу из 5-7 источников данных. Следует постепенно подключать все новые и новые источники данных.

Выделяют два типа таблиц в хранилище: **таблицы Фактов** и многочисленные **таблицы Справочников**.

Справочники содержат текстовую информацию, которая представляет значимые для бизнеса атрибуты, они изменяются относительно редко. Например, даты, географические регионы, типы продуктов и т.д. Записи в таблице справочников, как правило, можно представить в виде иерархий (год – квартал – месяц – день).

Факты содержат числовые показатели бизнеса, чаще всего, данные, привязанные к моменту или периоду времени. Например, продажи, поставки, издержки и т.д. Часто содержат агрегированные данные. Таблицы фактов всегда ссылаются на справочники. Таблицы фактов очень большие по объему, они могут содержать сотни миллионов записей.

На мой взгляд, хранилище данных наиболее целесообразно разрабатывать в случае, когда в компании существует несколько источников данных, или компания имеет сеть филиалов (географически удаленные базы данных) и требуется разработать сложные аналитические отчеты, которые помогут менеджменту в принятии управленческих решений.

**Business Intelligence (BI)** – это процесс получения **знаний**, необходимых для принятия управленческих решений на основе накопленных в компании данных. Общая идея Business Intelligence заключается в объединении данных и превращения их в **информацию**.

Система Бизнес Анализа (BI система) – это система, обеспечивающая сбор, очистку и преобразование данных, а также средства конечных пользователей для анализа данных, представления и распространения результатов.

Базовым компонентом систем Бизнес Анализа является хранилище данных.

Часто BI системы разделяют на следующие компоненты:

- ✓ **ETL средства.** Механизмы, обеспечивающие автоматическую выгрузку нужных данных из необходимых источников, их преобразование и загрузку в хранилище.
- ✓ **Средства регламентной отчетности.** Часто требуется разрабатывать стандартные отчеты для разных департаментов компании. Отчеты, полученные на основе хранилища, будут консолидированы и непротиворечивы между собой.
- ✓ **OLAP анализ.** Позволяет разрабатывать OLAP- кубы (многомерные, иерархические структуры данных), на основе которых аналитики получают быстрый доступ к огромным массивам информации.
- ✓ **Data Mining или Интеллектуальный Анализ.** Мощные технологии обнаружения глубоких (нетривиальных и неочевидных) зависимостей и шаблонов в исходных данных и их дальнейшая интерпретация.

Современные BI системы используют трехзвенную архитектуру. Это означает наличие клиентского приложения (обычно просто браузера), сервера приложений и сервера базы данных. Сервер приложений обеспечивает хорошую масштабируемость, а так же существенно снимает вычислительную нагрузку с сервера БД.

В последнее время BI системы связывают с **Системами Поддержки Принятия Решений (DSS, Decision Support System)**. **DSS** - это целый класс систем, который нацелен на информирование менеджеров о ключевых показателях в компании. На основе полученной информации можно проверять собственные гипотезы и принимать какие-либо управленческие решения. Например, продвижение какого-либо товара или увеличение доли рынка. Далее рассмотрим более детально перечисленные компоненты.

**ETL средства (Extraction, Transformation, Loading; Извлечение, Преобразование, Загрузка)**

Прежде чем информация попала бы в хранилище, необходимо провести следующие процедуры:

1. **Извлечение.** Следует извлекать только нужные данные для анализа. Извлечение происходит из разных источников данных.
2. **Преобразование.** Необходимо привести данные к общему формату и обеспечить соответствие данных между собой. Нужно очистить данные от возможных противоречий.
3. **Загрузка.** После обработки данных их следует загрузить в хранилище.

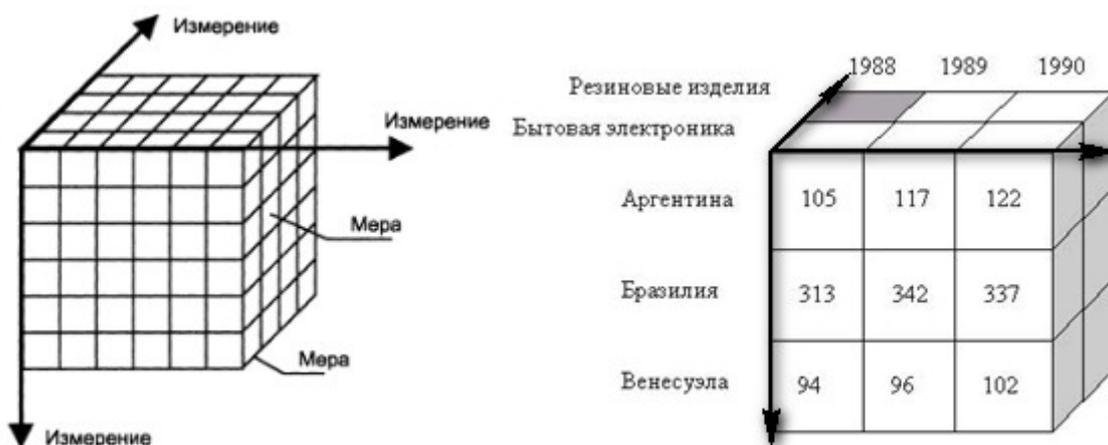
Обычно различают 2 вида загрузки данных в хранилище:

- ✓ **Первоначальная загрузка данных.** Производится 1 раз на этапе построения Хранилища. Она подразумевает сбор исторической информации и данных, актуальных на начальном этапе построения хранилища. На этом этапе тестируются выбранная архитектура, возможности и функциональность инструментов.
- ✓ **Регламентная загрузка.** Обеспечивает актуальность данных в хранилище. Производится строго по расписанию в назначенное время. Интервалы между регламентными загрузками выбираются исходя из задач компании и специфики ее бизнес-процессов, а так же частотой обновления данных в источниках.

Современные BI системы представляют свои встроенные ETL средства, так же существует специальное ПО, встроенное в СУБД, но часто ETL алгоритмы пишут программисты вручную.

**OLAP** (Online Analytical Processing) , Оперативная Аналитическая Обработка Данных — технология обработки информации, включающая составление и динамическую публикацию отчетов и документов. Используется аналитиками для быстрой обработки сложных запросов к базе данных.

Аналитикам в процессе работы требуется оперировать огромными массивами данных, при этом скорость обработки данных должна быть очень высока. Отчеты, полученные на основе обычных запросов к базе данных, не могут удовлетворять таким требованиям. С этой целью появились OLAP-кубы - многомерные иерархические структуры данных. Многомерная модель представления данных очень помогает, когда существует целый набор измерений, по которым необходимо отслеживать важные показатели. **Измерение** (Dimension)— это последовательность значений одного из анализируемых параметров. Например, для параметра «Регион» - это список городов или населенных центров. Почти всегда измерения можно представить в виде иерархической структуры, например, «Страна - область - город - район», или «Год—квартал—месяц—неделя». На пересечении осей измерений располагаются **Меры** (Measures)- данные, которые количественно характеризуют анализируемые факты. Например, объемы продаж или поставок, суммы издержек и т.д.



**Рис.2** Схематические изображения OLAP-куба

Для того чтобы значительно увеличить скорость доступа к данным, OLAP-кубы содержат так же и агрегированную информацию. В общем случае OLAP-кубы содержат более 3 измерений.

Для удобного доступа к данным и уточнения информации аналитик может в любой момент времени осуществить определенные действия с OLAP кубом:

- ✓ **Срез** (Slice) – получение подмножества данных, удовлетворяющих определенному условию. Например, получить все поставки, произведенные в декабре 2007 года, или все издержки на хранение определенного товара в Московском регионе.

- ✓ **Вращение** (Rotate) – изменение расположения измерений, представленных в отчете или на отображаемой странице.
- ✓ **Детализация** (Drill Down) и **Консолидация** (Drill Up) - операции, которые определяют переход на уровень более детальных и агрегированных данных соответственно. При этом происходит переход по иерархиям измерений. Например, можно выполнить детализацию по измерению «Дата» с уровня «Год» на уровень «Месяц». Или консолидацию с уровня «Город» на уровень «Область». С помощью этой технологии аналитик может исследовать ситуацию в целом, а затем сконцентрировать свое внимание на каком-либо конкретном бизнес-объекте.

Вместе с базовой технологией существуют три основных типа OLAP-приложений:

- ✓ **MOLAP** (Multidimensional OLAP, Многомерный OLAP)— это классическая форма OLAP. Данные хранятся в виде упорядоченных многомерных массивов. Содержит уже агрегированные показатели, тем самым значительно ускоряет работу с OLAP-кубами.
- ✓ **ROLAP** (Relational OLAP, Реляционный OLAP) работает напрямую с реляционными базами данных, для хранения агрегатов создаются дополнительные реляционные таблицы. Благодаря такой схеме хранения данных, ROLAP достаточно просто реализовать на основе обычного хранилища без каких-либо дополнительных действий.
- ✓ **HOLAP** (Hybrid OLAP, Гибридный OLAP) использует реляционные таблицы для хранения атомарных данных и многомерные массивы для агрегатов.

### **Data Mining**

Совокупность большого количества записей в базе данных, накопленных за несколько лет, может стать источником дополнительной, гораздо более ценной информации, которую нельзя получить на основе одной конкретной записи. Примерами подобной информации являются сведения о том, как зависят продажи определенного товара от дня недели или времени года, какие категории покупателей чаще всего приобретают определенный товар, какая категория клиентов чаще всего вовремя не отдает предоставленный кредит и т.д.

Подобного рода информация обычно используется при прогнозировании, стратегическом планировании, анализе рисков, и ценность ее для предприятия очень высока. Термин Data Mining обозначает не столько конкретную технологию, сколько сам процесс поиска корреляций, тенденций, взаимосвязей и закономерностей посредством различных математических и статистических алгоритмов.

**Data Mining** (дословно «Добыча» данных) - это процесс обнаружения в сырых данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных к интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности.

Выделяют 5 стандартных типов закономерностей, выявляемых методами Data Mining:

- ✓ **Ассоциация** — высокая вероятность связи событий друг с другом (например, один товар часто приобретается вместе с другим);
- ✓ **Последовательность** — высокая вероятность цепочки связанных во времени событий (например, в течение определенного срока после приобретения одного товара будет с высокой степенью вероятности приобретен другой);
- ✓ **Классификация** — имеются признаки, характеризующие группу, к которой принадлежит то или иное событие или объект (обычно при этом на основании анализа уже классифицированных событий формулируются некие правила);
- ✓ **Кластеризация** — закономерность, сходная с классификацией и отличающаяся от нее тем, что сами группы при этом не заданы — они выявляются автоматически в процессе обработки данных.

- ✓ **Временные закономерности** — наличие шаблонов в динамике поведения тех или иных данных (типичный пример — сезонные колебания спроса на те или иные товары либо услуги), используемых для прогнозирования.

### **Крупнейшие разработчики**

2007 год ознаменовался крупными поглощениями компаний-разработчиков BI систем. Ранее, более крупные компании покупали относительно небольшие фирмы, владеющие какими-либо перечисленными технологиями. В начале ноября прошлого года корпорации SAP и IBM объединились с лидерами рынка BI: компаниями Business Objects и Cognos соответственно. На мой взгляд, это означало окончание процесса слияний с компаниями, разрабатывающих системы подобного уровня.

В настоящее время существуют 4 крупнейшие корпорации, предлагающие BI решения, известные своей функциональностью и надежностью.

- ✓ **Oracle** после поглощения ряда компаний, таких как Siebel, Hyperion, Sunopsis и д. р.
- ✓ **Microsoft**
- ✓ **SAP** (Business Objects)
- ✓ **IBM** (Cognos)

Отдельно хотелось бы отметить решения корпорации **SAS Institute**. SAS является лидером в области ПО для банков и страховых компаний. Компания предлагает системы, использующие технологии Data Mining для выявления мошенничества и прогнозирования в области кредитования и страховых услуг.

Хотелось бы отметить то, что внедрение Хранилищ Данных и BI систем – это достаточно длительные и дорогостоящие проекты. Компания, принимающая решение о внедрении этих технологий должна иметь четкие цели.

Грамотное внедрение таких систем позволит фирме выйти на качественно новый уровень. Важно понимать, что BI системы создают единое информационное пространство. Используя анализ данных, накопившихся в компании за продолжительный период времени, управленческие решения будут приниматься значительно быстрее, чем у конкурентов.

В настоящее время BI технологии активно используют банки и страховые компании, телекоммуникационные компании, сети розничной торговли, а так же многие другие отрасли.

### **Литература**

1. «The Data Warehouse Toolkit» Ralph Kimball, John Wiley & Sons, Inc, 1996
2. «Методы и Модели анализа Данных: OLAP и Data Mining», Барсегян А.А., Куприянов М. С., Степаненко В.В., Холод И.И.- СПб.: БХВ Петербург, 2004 г.
3. «Корпоративное Хранилище Данных», Эрик Спирли – М.: Вильямс, 2001 г.

# СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Зеновкин Н.В., Андришин А.И.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Власов А. И.*  
Кафедра ИУ4, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

## **Аннотация**

В настоящее время социальные сети становятся одними из самых посещаемых ресурсов в сети интернет. Разрабатываемая система собирает оставленные в общем доступе персональные данные пользователей социальных сетей и использует их для поиска людей, а так же предоставления контекстной рекламы зарегистрированным пользователям с учетом их личных интересов. Сервис поиска будет пользоваться популярностью среди людей, активно использующих интернет как средство социализации, а сервис контекстной рекламы будет интересным решением для заработка владельцам социальных сетей. Написаны календарный план разработки и выхода на рынок, что значительно снижает риски. Проект выполняет команда молодых, перспективных, но при этом уже опытных разработчиков, специализирующихся на различных аспектах построения крупных проектов.

Социальной сетью называется социальная структура, состоящая из группы узлов, которыми являются социальные объекты (люди или организации), и связей между ними. Примерами социальных сетей в интернете являются сервисы блогов, форумы и ресурсы аналогичные facebook.com и его отечественному аналогу vkontakte.ru. В задачу мониторинга пользователей социальных сетей входит сбор информации из общедоступных профилей пользователей онлайн социальных сетей, сопоставление профилей взятых с различных ресурсов и поиск сложных взаимосвязей между ними.

На основе созданной системы предлагается запустить сервис поиска контактной информации пользователей социальных сетей. Данный сервис представляет собой общедоступный интерфейс к разрабатываемой системе, позволяющий осуществлять поиск пользователей социальных сетей по их контактными данным: адресу блока, номеру интернет-пейджера, никнейму, электронной почте и другим. Результатом поиска является список известных системы контактных данных пользователя, личных данных человека, таких как день рождения, пол, место проживания, интересы и другое, а так же адреса посещаемых им социальных сетей с указанием его персональных идентификаторов.

Другим перспективным направлением развития системы является предоставление социальным сетям нового вида контекстной рекламы – рекламе, ориентированной на интересы пользователей.

Существующие поисковые системы являются полнотекстовыми поисковыми машинами, поэтому поиск информации, которая по своей природе является структурированной, как, например, персональные данные, становится неэффективным. Более того, данные поисковые системы ориентированы на поиск контента, поэтому часто намеренно не индексируют профили пользователей. Поэтому их использование для поиска информации о пользователях затруднено.

Одновременно с этим наблюдается рост рынка социальных сетей. Количество пользователей социальных сетей растет так же как и число социальных сетей. Поэтому изначально поставленные цели – поиск одноклассников, одноклассников, объединение людей по интересам перестают выполняться в виду сегментированности рынка.

Для того, чтобы решить указанные проблемы необходима система, объединяющая информацию с социальных сетей и способная предоставить комплексную полную информацию о пользователях, для чего требуется при помощи системы синтаксического анализа собрать и проиндексировать информацию из профилей пользователей социальных сетей и путем сравнения контактных данных, найти связи между различными образами.

Для заинтересованных в увеличении прибыли владельцев социальных сетей сейчас остро стоит проблема предоставления рекламы, адекватной интересам пользователей.

Существующие механизмы контекстной и баннерной рекламы не справляются с этой задачей.

Таким образом система представляет собой хранилище персональных данных пользователей социальных сетей, систему ее актуализации и поисковый интерфейс. Есть два пути использования этой системы для получения прибыли. Один из них ориентирован на получение денег с пользователей социальных сетей, а второй на получение денег с владельцев.

Первоначально планируется развиваться по первому пути, привлекая постоянных посетителей и размещая баннерную рекламу на поисковом сайте.

Перспективным направлением, ориентированным на владельцев социальных сетей, является предоставление контекстной рекламы. То есть наша система позволяет определять полный спектр интересов пользователей по их регистрационным данным, и предоставить сайту рекламное объявление, тагированное соответственно интересам пользователей.

Наиболее эффективным будет развитие сначала по пути предоставления услуг пользователям социальных сетей. Это позволит быстро выйти на рынок, обкатать систему, придать ей известность. Поэтому маркетинговый план рассчитан на привлечение пользователей сайта

Целевую аудиторию можно условно разделить на две категории. В первую категорию входят активные пользователи интернета, использующие его как средство для общения. Отличительной особенностью таких людей является широкий круг общения в интернете, регистрация на большом числе социальных ресурсов. Для них сервис будет полезен при попытке найти новые контакты и др. Ко второй категории относятся пользователи, желающие найти конкретных людей, но «потерявшиеся» в существующем объеме социальных сетей.

Аналогичных систем в мире пока что не существует, поэтому мы планируем выйти на рынок первыми, что дает ощутимое преимущество перед аналогичными сервисами, которые, возможно, появятся в скором времени. Сервис является нишевым и узкоспециализированным, что дает достаточное преимущество перед всеми универсальными полнотекстовыми поисковыми системами. Так же в качестве преимущества можно отметить наличие уникальной технологии связывания информации с различных ресурсов.

К настоящему моменту разработан прототип системы с поисковым интерфейсом, который позволяет оценить перспективы и потенциал развития. Ведется защита 3-ех объектов интеллектуальной собственности: патент на способ предоставления контекстной рекламы в сети интернет, учитывающей интересы пользователей, патент способ поиска связанных персональных данных в социальных сетях и свидетельства о регистрации ПО «Сервис поиска пользователей социальных сетей». Проведены переговоры с потенциальными инвесторами, которые показали заинтересованность инвесторов в развитии проекта.

Открытую бета-версию сервиса планируется выпустить в течение первого года разработки. Ее открытость сделает возможным сразу начать привлекать первых постоянных пользователей сервиса. На второй год планируется начать запуск дополнительных сервисов, основанных на существующей системе с целью привлечения дополнительных пользователей.

## Литература

1. Social Networks Analysis: Methods and Applications. Wasserman, Stanley, Faust, Katherine. Cambridge: Cambridge University Press 1994.
2. Харари Ф. Теория графов. 1973.
3. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. 1974.

# ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ МАРШРУТИЗАЦИИ ПОТОКОВОГО ВЕЩАНИЯ

Аверьянихин А.Е., Афанасьев А.В.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, Гриднев В.Н.*

Московский Государственный Технический Университет им. Н. Э. Баумана,

## HYBRID MODEL OF MULTIMEDIA STREAM ROUTING

Averyanikhin A.E., Afanasyev A.V

*Science advisor: Gridnev V.N., Phd.*

Bauman Moscow State Technical University

### Аннотация

Популяризация потокового вещания требует пересмотра подхода к маршрутизации потоков данных. На смену классической клиент-серверной архитектуре должно прийти гибридная модель работы представляющая собой одноранговую сеть со специальными свойствами с единым центром координации. В работе определен критерий эффективности сетей и процедуры по созданию и поддержанию работы сети.

### Abstract

Realtime broadcasting popularisation tends to reform data routing principles. Classic client-server architecture has to be replaced with hybrid approach, including peer-to-peer network with special properties and one coordination center. Work presents effectiveness criteria and network creation and maintain procedures.

### Введение

Одним из новых Интернет-сервисов особой популярностью пользуется потоковая передача мультимедийной информации, что является весьма требовательным к ресурсам вычислительных сетей и может привести к существенному дисбалансу использования пропускной способности каналов в различных частях сети. Все это обуславливает необходимость создания новых способов передачи информации, равномерно перераспределяющих нагрузки на сеть при увеличении числа абонентов и вещаемых потоков.

В настоящее время широко применяется две устоявшиеся технологии распространения потоковой информации в сети: однонаправленное (unicast) и групповое (multicast) вещание [1]. Каждая из них обладает своими особенностями, преимуществами и недостатками. Так, в первом случае, позволяя реализовать вещательные сети глобального масштаба, создается избыточность потоков в базовом сегменте вещания, а вторая технология, решая проблему избыточности, вносит требование поддержки данной технологии всем каналообразующим оборудованием, что, в конечном итоге, ограничивает масштаб вещания.

Предлагаемая гибридная модель, используя однонаправленную передачу данных от сервера к клиенту, путем формирования одноранговой сети с единым центром координации избавляет от недостатков предыдущих двух технологий, а так же наделяет модель рядом преимуществ. В частности, модель позволяет создавать территориально распределенные сети вещания, избегая перегруженности каналов вещательного провайдера.

### Потоковое вещание как информационная услуга

Стандартная схема предоставления информационных представляет собой клиент серверную архитектуру с одним сервером и множеством клиентов, где каждый запрос клиента сервер обрабатывается индивидуально. Обычно это не приводит к существенной перегрузке сети сервис-провайдера, так как запросы разделены во времени, часто могут быть поставлены в очередь и используют малую часть полосы пропускания. Таким образом, реализация таких сервисов, как WWW, новостные ленты, электронная почта и других в больших масштабах (например, сети Интернет или корпоративной сети крупной международной компании) не требует применения специальных технологий.

Потоковая передача видео является особым видом услуги, когда большое число пользователей осуществляет получение единого потока данных, а сам поток видеоданных стандартного телевизионного качества в самом компактном виде составляет не менее 2Мбит/с, а видео высокой четкости в несколько раз больше [2]. Легко заметить, что перенос стандартной схемы информационных сервисов приведет к быстрой перегрузке сети провайдера.

Гибридная модель маршрутизации потокового вещания позволяет создать вещательную сеть глобального масштаба путем вовлечения самих абонентов в передачу потока данных, т.е. путем создания одноранговой сети. Сравнение эффективности работы однонаправленных, групповых и одноранговых вещательных сетей можно провести по критерию эффективности:  $\max(bw(channel) : \forall channel \in P2PNetwork) \leq K$  (1)

channel – физический канал передачи данных,  
P2PNetwork – одноранговая сеть,  
bw(channel) – утилизируемая пропускная способность канала в прямом и обратном направлении,  
K – эффективность сети.

Легко заметить, что в однонаправленной вещательной сети K представляет собой функцию от числа узлов сети (как минимум канал вещательного сервера будет использовать n потоков данных), в групповой K равен единице по определению, в одноранговой сети (рисунок 1) K равен четырем, что в свою очередь свидетельствует о росте информационной максимальной загруженности каналов от числа абонентов n: O(n), O(1) и O(1) соответственно.

### Реализация модели

Для реализации идеальной модели одноранговой сети, приведенной на рисунке 1 необходимо обладать знанием структуры сети для формирования правильной структуры распределения потоков, что невозможно в рамках глобальной сети.

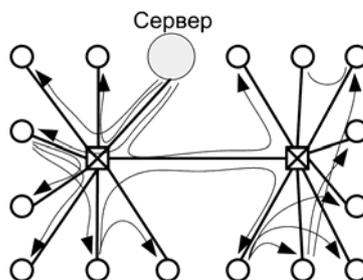


Рисунок 1 - Распределение потоков данных в идеальной одноранговой вещательной сети

Как известно, глобальная сеть представляет собой безмасштабную сеть (scale-free) [scalefree], а создаваемая одноранговая сеть по определенному критерию эффективности как раз противоречит основному принципу безмасштабной сети. Таким образом необходимы новые механизмы формирования и поддержания необходимой структуры сети.

Во-первых, в формируемой сети должен присутствовать базовый координационный центр, накапливающий информацию о каждом подключенном к сети узлу. Накопительный характер координационного центра необходим для формирования предпочтений выбора источников для вновь подключаемых или переподключаемых узлов сети.

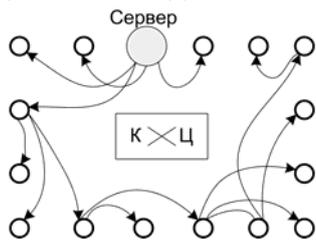


Рисунок 2 - Распределение потоков данных в глобальной сети

Распределение потоков в глобальной сети можно проиллюстрировать рисунком 2. В начальный момент времени в сети присутствует только источник потока данных (Сервер) и координационный центр (КЦ). Создание и поддержание сети можно формализовать методом индукции – подключение узла к сети и поддержки работы сети.

### *Подключения узла к сети*

1. Подключение к координационному серверу, запрос и получение списка возможных источников для запрашиваемого потока данных.
2. Получение качественных характеристик источников (время ответа, количество промежуточных узлов) и выбор основного и резервного источника.
3. Подключение и поддержка соединения с основным и резервным источником.
4. Запрос и получение данных от основного источника.

### *Поддержание работы сети*

1. Зависимые узлы в случае разрыва соединения задействуют резервный канал и инициируют процедуру переподключения.
2. Накопление каждым узлом скоростных статистик канала связи с основным источником и периодическая отправка координационному центру о статусе работы узла.
3. Координационный центр осуществляет мониторинг каждого соединения и обладая накопленной информацией о структуре сети и качественных характеристиках подключенных узлов, может дать команду на переподключение узлов.

В основе координационного центра лежит формирование графа сети с накоплением характеристик каждого узла и грани графа. К характеристикам узла можно отнести степень узла (количество источников и зависимых узлов) и допустимые максимальные скоростные характеристики, грани – число промежуточных узлов сети передачи данных (hops), мгновенная и средняя скорость передачи данных по каналу.

Для удовлетворения критерия эффективности в выбор кандидатов в источники в рамках координационного центра должен быть осуществлен по вероятностному закону, направленному на равномерное использование всех узлов системы, т.е. способствовать вовлечению во вторичную передачу узлов системы, еще не вовлеченных в нее и недопущению подключения узлов с максимальным допустимым количеством подключением, то ограничивать коэффициент  $K$  из (1). Таким условиям очень хорошо удовлетворяет экспоненциальное распределение, которое можно реализовать с помощью обычного генератора равномерно распределенных псевдослучайных чисел используя известное соотношение [4]. Таким образом номер узла кандидата в отсортированном по числу подключенных узлов списке определится выражением:

$$N_{\text{exp}} = \frac{1}{\lambda \cdot \ln(n_{\text{uniform}})} \cdot N \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент экспоненциального распределения;

$n_{\text{uniform}}$  – случайное значение в диапазоне [0..1] по равномерному закону распределения;

$N$ - число элементов узлов в списке;

$N_{\text{exp}}$  – номер узла-кандидата в списке.

### **Заключение**

Разработанная модель создает гибкую, легко масштабируемую платформу для мультимедиа вещания в сети. Элементы децентрализации помогают делегировать полномочия в маршрутизации трафика абонентским терминалам, а существующая экспертная система оценки качества постоянно следит за состоянием каналов передачи данных, и, в случае необходимости динамически изменяет сетевые маршруты.

### **Литература**

1. Семенов Ю.А. *Telecommunication technologies - телекоммуникационные технологии*. // <http://book.itep.ru>
2. Iain E.G.Richardson, *H.264 and MPEG-4 Video Compression. Video Coding for Next-generation Multimedia*. Willey, 2003
3. Barabási, Albert-László, *Scale-Free Networks*. Scientific American, 288:60-69, May 2003
4. Дональд Кнут Искусство программирования, том 2. Получисленные методы. — 3-е изд. — М.: «Вильямс», 2007. — С. 832.

# РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ НЕПРЕРЫВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Курочкин Е.И.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Волосатова Т.М.  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра РК6

## THE CONTINUOUS OPTIMIZATION IMAGE DEBLURING METHODS

Kurochkin E.I.

The scientific chief: Ph.D., senior lecturer Volosatova T.M.  
BMSTU, PK6

### Аннотация

В работе исследованы методы повышения качества восстановления растровых изображений на основе непрерывной оптимизации. Метод позволяет улучшать четкость изображений с помощью дополнительной обработки, производимой после реконструкции на основе преобразования Фурье.

### Abstract

The digital methods of images deblurring based on continuous optimization, are explored in the work. This method helps to make images clearer, using extra processing after reconstruction by Fourier method.

Изображения, регистрируемые аэро-фотоаппаратами, расположенными на борту самолетов подвергаются искажениям, таким как смаз и дефокусировка. В общем случае имеет место сложная комбинация двух этих факторов.

Дефокусировка происходит вследствие неоднородности фотографируемой поверхности, на ней всегда существуют низменности и возвышенности, кроме того удержание самолета на абсолютно одинаковой высоте за длительный промежуток времени является сложной задачей. Все это влечет к тому, что для получения идеально четкого кадра фокусное расстояние линз фотоаппарата должно постоянно меняться, отслеживая неровности поверхности земли.

Самолеты, оборудованные аэро-фотоаппаратами, в процессе работы движутся на больших скоростях. Это приводит к тому, что проходимое ими расстояние за время равное времени выдержки фотоаппаратуры, становится достаточно весомым и приводит к появлению такого нежелательного искажения изображения как смаз. Еще большее искажение образуется в процессе выполнения виражей и разворотов.

При использовании пленочных фотоаппаратов такие проблемы решались с использованием оптических компенсаторов и специальных систем, позволяющих в процессе съемки сдвигать пленку со скоростью пропорциональной скорости движения самолета, что приводило к частичному устранению деформаций. Но появление цифровой фотографии привело как к новым, более оперативным методам обработки и анализа фотоснимков, так и к появлению новых проблем. В цифровой фотографии пленка заменена набором светочувствительных матриц, перемещать которые в процессе движения самолета не представляется возможным. В этой ситуации на помощь могут прийти цифровые методы обработки растровых изображений.

Математически процесс смаза описывается интегральным уравнением

$$g(x, y) = \frac{1}{\Delta} \int_x^{x+\Delta} w(\xi, y) d\xi \quad (1)$$

Это соотношение является основным в задаче реконструкции смазанных изображений. В нем  $g(x, y)$  - распределение интенсивности на фотопленке (на смазанном изображении) в функции прямоугольных координат  $x, y$ , причем ось  $x$  направлена вдоль сдвига (смаза),  $\Delta$  - величина смаза, полагаемая известной, а  $w(\xi, \eta)$  - распределение истинной неискаженной интенсивности на фотопленке (той интенсивности, которая была бы на фотопленке в отсутствие сдвига, т.е. при  $\Delta = 0$ ).

Существует несколько методик созданных для решения задач подобного типа: Виннеровская фильтрация, регуляризация методом Тихонова - эти методы основаны на применении преобразования Фурье.

Тихоновым предложена следующую схему решения:

Уравнение (1) можно записать в виде интегрального уравнения Фредгольма I рода типа свертки, имеющего следующий вид

$$\int_{-\infty}^{\infty} k(x - \xi)w(\xi, y)d\xi = g(x, y), -\infty < x, y < \infty \quad (2)$$

где

$$k(x) = \begin{cases} 1/\Delta \text{ при } x \in [-\Delta, 0] \\ 0 \text{ при } x \notin [-\Delta, 0] \end{cases}$$

С использованием методики Тихонова определяется такое регуляризованное решение  $\omega_\alpha(\xi, \eta)$ , которое минимизирует функционал

$$M^\alpha[\omega, g] = \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} k(x - \xi)\omega(\xi, y)d\xi - f(x) \right\}^2 dx + \alpha\Omega[\omega] \quad (3)$$

где  $\Omega[\omega]$  – регуляризатор m-ого порядка, предложенный Тихоновым:

$$\Omega[\omega] = \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \sum_{i=0}^m q_i(s) \left( \frac{d^i \omega}{d\xi^i} \right)^2 \right\} d\xi \quad q_i(\xi) \geq 0$$

Наиболее оптимальным решением уравнения (3) является метод разложения в ряд Фурье, т.к. для этого известны алгоритмы, позволяющие получить результат за приемлемое время.

Задача называется корректно поставленной, или корректной, если уравнение разрешимо для любой непрерывной функции  $g$  единственным образом, и решение является устойчивым относительно малых возмущений правой части. К сожалению, задача решения подобных уравнений является некорректной, из чего вытекает то, что полученное решение может значительно отличаться от оригинала. Этот факт приводит к необходимости дополнительной обработки.

В ходе исследований было замечено, что при решении задачи оптимизации (3) методом Фурье, погрешность результирующего решения гораздо выше, чем при использовании известных методов непрерывной оптимизации, таких как градиентный спуск.



Рис. 1 а б в

Рисунок 1(а) – исходное смазанное изображение, оно было восстановлено с использованием метода Фурье рис.1(б), а изображение (в) было восстановлено с использованием метода непрерывной оптимизации. Разница очевидна, но в случае (в) временные затраты возрастают в несколько раз. А при переходе на обработку изображений большего размера время необходимое для реконструкции может оказаться не приемлемым, временная сложность алгоритмов оптимизации вносит серьезные ограничения на применимость этого метода.

Приемлемым решением является гибридное решение, обеспечивающее приемлемый баланс между скоростью работы и качеством восстановления. Особенностью работы методов оптимизации является то, что время поиска решения задачи зависит от удачного выбора начального приближения, если начальное приближение окажется достаточно близко к искомому оптимуму, то решение может быть найдено всего за несколько итераций.

Решение, полученное при использовании метода Фурье, является достаточно близким к искомому оптимуму, при использовании его как начального приближения для метода оптимизации приводит к значительному снижению времени работы по сравнению с использованием оптимизации с произвольным начальным приближением и увеличению качества по сравнению с использованием метода регуляризации Тихонова.

Для тестирования качества получаемых реконструированных изображений использовалось специальное смоделированное изображение, для которого было известно точное решение. Для сравнения приведем трехмерные графики коэффициентов невязки, полученные при вычитании точного решения из полученного разными способами восстановленного изображения.

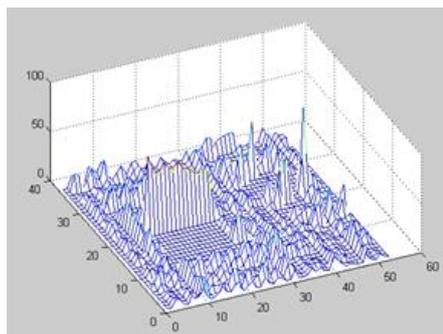


Рис 2

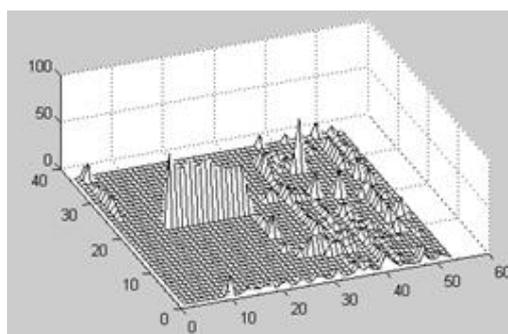


Рис 3

Разница в количестве помех заметна невооруженным глазом. Изображение на рис. 2 восстановлено методом Тихонова, рис. 3 гибридным методом с использованием метода оптимизации.

Многие методы оптимизации требуют знания вектора первых производных оптимизируемой функции. Для использования этих методов можно применять аппроксимирующие схемы, позволяющие определять направление и величину градиента по двум, либо 4-м точкам. Альтернативным вариантом могут служить методы, не требующие для своей работы вычисления градиента, такой как «Метод главных осей».

Для вычисления градиента по четырем точкам можно применять следующую схему:

$$\frac{\partial f}{\partial x} \approx \frac{1}{12h} (f(x-2h) - 8f(x-h) + 8f(x+h) - f(x+2h))$$

Таким образом использование дополнительной обработки изображений методом минимизации функционала позволяет получать более качественные решения задачи реконструкции изображений, нежели использование только методов, основанных на пространственной фильтрации.

## Литература

1. Петров Ю.П., Сизиков В.С. "Корректная, некорректная и промежуточные задачи с приложениями" Санкт-Петербург: Политехника, 2003 г
2. Верлань А.Ф., Сизиков В.С. "Методы решения интегральных уравнений с программами для ЭВМ" Киев: Наукова думка, 1978 г

# МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Андронов А.В.**

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Жук Д.М.*

МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра РК6

## MANUFACTURING FIRM AUTOMATION MODEL

**Andronov A.V.**

*Scientific chief: Ph. D., senior lecturer Zhuk D.M.*

BMSTU, RK6

[andronov@techinspect.ru](mailto:andronov@techinspect.ru)

### **Аннотация**

Рассмотрено понятие автоматизированной системы производственного предприятия, ее состав. Приведены основные предпосылки для создания модели автоматизации. Описаны структура и принципы формирования модели. Сделаны выводы об эффективности применения модели.

### **Abstract**

The manufacturing firm automation system notion and its contents are considered. The main prerequisites for model creation are brought. Model creating structure and basics are shown. Findings are made on effectiveness of model application.

Современное производственное предприятие постоянно развивается. В последнее время развитие в большинстве случаев связано с внедрением новых информационных технологий и нового, более сложного оборудования. В таких условиях крайне важно сформировать единую концепцию развития предприятия, в частности, развития его автоматизированной системы.

Под автоматизированной системой предприятия подразумевается вся совокупность средств автоматизации, связанных между собой участием в деятельности предприятия. Такая система может не иметь некоторых внутренних связей, но при исследовании жизненного цикла изделия (ЖЦИ) ее удобно рассматривать как единое целое. Кроме того, логическое объединение на первый взгляд несовместимых компонентов позволяет лучше формулировать требования к такой системе как к единому целому.

В состав автоматизированной системы включаются следующие компоненты:

- среда обмена данными (включая оборудование поддержки сети);
- аппаратные вычислительные средства (весь компьютерный парк предприятия);
- станки и другое оборудование, связанное с производством изделия, поддерживающее автоматизированное управление;
- общесистемное программное обеспечение;
- специальное программное обеспечение;
- информационные связи (интерфейсы) для взаимодействия с неавтоматизированными объектами.

Во многих случаях именно развитие автоматизированной системы предприятия создает большинство проблем и связано с существенными затратами. Постановка задачи развития такой системы и последовательного формирования ее отдельных компонентов позволит снизить затраты на ее обслуживание и повысить надежность основанных на использовании автоматизированной системы решений.

Автоматизированная система предприятия постоянно развивается, наполняется новой информацией. Этот важнейший процесс, как правило, контролируется слабо, что приводит к постепенному ухудшению работы системы и рассогласованию между различными задачами.

Само по себе развитие и усложнение автоматизированной системы предприятия неизбежно: конструкторские задачи постоянно усложняются, появляются новые, более совершенные, способы проектирования и производства.

Для решения этих проблем необходимо создать модель автоматизации предприятия. Она должна содержать информацию о постепенном совершенствовании автоматизированной системы и связанных с ней процессов, способах измерения степени выполнения задач и экономической эффективности как отдельных задач, так и решения в целом.

Модель автоматизации должна содержать сведения об особенностях развития предприятия, текущем состоянии предприятия, описывать способы перехода в новое состояние и влияние изменений на уровне всех компонентов автоматизированной системы.

Особенности развития предприятия должны соотноситься с миссией предприятия (при ее наличии) и общими планами руководства по развитию: оценки будущей прибыли, возможностей по инвестированию в развитие, переход на выпуск новой продукции и т.д. По сути, этот раздел содержит исходные данные, в том числе о финансовых возможностях, на основе которых можно принимать решения о модернизации автоматизированной системы и необходимости различных новых функций.

Описание текущего состояния предприятия представляет собой набор схем и таблиц, описывающих автоматизированную систему предприятия, организационную структуру и структуру ЖЦИ. Единая схема ЖЦИ должна содержать следующую информацию:

- наименование отдела;
- основные автоматизированные бизнес-процессы отдела;
- основные неавтоматизированные бизнес-процессы отдела;
- связь с этапом ЖЦИ, в рамках которого выполняются бизнес-процессы.

В зависимости от сложности выпуска продукции и требуемой степени подробности могут быть использованы нотации IDEF0, ARIS или другие, знакомые пользователям модели и позволяющие точно передать состояние предприятия.

Автоматизированную систему предприятия предлагается описывать в соответствии с перечнем входящих в нее компонентов. Для небольших предприятий предлагается двухуровневая система описаний. Первый уровень представлен таблицами, содержащими наименования основных компонентов и их количество (там, где это применимо). Раздел “информационные связи” содержит перечень неавтоматизированного оборудования и выполняемых вручную действий, которые могут быть автоматизированы с указанием способов взаимодействия с автоматизированными частями системы.

Второй уровень содержит подробные характеристики компонентов и носит необязательный характер. На нем описываются особенности оборудования и программного обеспечения, критерии выбора и варианты замены. Здесь должны содержаться числовые и качественные характеристики, связанные с эффективностью компонентов.

Для крупных предприятий может быть выделено несколько уровней детализации, позволяющей равномерно распределить информацию и эффективно ее использовать.

Способы перехода в новое состояние представляют собой описание изменения набора показателей, связанных с определенным аспектом деятельности предприятия и отражающихся на автоматизированной системе предприятия. Для оценки эффективности каждого из изменений может применяться оценка оптимальности решения, основанная на расчете будущих показателей с учетом ограничений, накладываемых с учетом особенностей развития предприятия и возможностей новых решений. В качестве математического аппарата для оценки эффективности может применяться линейное программирование.

Влияние изменений на компоненты автоматизированной системы предприятия удобно рассматривать на первом уровне описания системы. Для каждого компонента должен быть сформулирован общий эффект от проведения изменения и перечислены частные изменения, которые затрагивают конкретные составляющие.

В целом модель автоматизированной системы производственного предприятия представляет собой набор описаний, схем и таблиц. Для небольших предприятий схемы могут быть сформированы без применения каких-либо нотаций, а ключевая информация может быть представлена в виде текстовых описаний и сводных таблиц. Для крупных

предприятий составление схем может оказаться достаточно трудоемкой задачей, как и формализация характеристик компонентов автоматизированной системы.

Наличие модели автоматизации позволяет отслеживать проблемные моменты, связанные с ростом и развитием автоматизированной системы предприятия и подходить системно к совершенствованию предприятия в целом. Актуальные сведения о средствах автоматизации позволяют планировать изменения и унификацию не затрачивая каждый раз ресурсы на сбор информации, а наличие измеримых показателей и использование математического поиска оптимального решения позволяют проводить измерения осознанно, опираясь на конкретные данные. Дополнительные средства контроля изменений обеспечивают предсказуемость результата и позволяют обратить внимание на связанные компоненты заранее.

### **Литература**

1. Абдикеев Н.М. Реинжиниринг бизнес-процессов. М.: Эксмо, 2007
2. Воскресенская Е.А., Степанов А.В. Опыт внедрения PLM-системы на промышленном предприятии. Часть 1. «CAD/CAM/CAE Observer» #4 (22) / 2005
3. Елиферов В.Г., Репин В.В. Бизнес-процессы: Регламентация и управление. М.: ИНФРА-М, 2006
4. Макаров С. Точка зрения на хаос. К выбору модели комплексной автоматизации. «Компьютерра» № 22 от 11 июня 2002
5. Репин В.В., Бизнес-процессы компании: построение, анализ, регламентация. М.: РИА «Стандарты и качество», 2007

# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ

**Макарова А.Е. Бочарников А. А**

*Научный руководитель: к. т. н., доцент Волосатова Т. М.  
Кафедра «САПР» (РК6) МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия.*

## SOFTWARE FOR FAST FOURIER TRANSFORMATION ALGORITHM

**Makarova A. E. Bocharnikov A. A.**

*The scientific chief: PhD, associate professor Volosatova T. M.  
CAD/CAE Department (RK6) of BMSTU, Moscow, Russia.*

### **Аннотация**

Приведено краткое описание непрерывного и дискретного преобразований Фурье, рассмотрено комплексное Быстрое Преобразование Фурье (наиболее общее преобразование). Приведен графический интерфейс программной реализации комплексного БПФ.

### **Abstract**

The short description of continuous and discrete Fourier Transformation is resulted, complex Fast Fourier Transformation (most general transformation) is considered. The graphic interface of program realization of complex FFT is resulted.

### **Введение**

Преобразование Фурье используется во многих областях науки — в аналоговой и цифровой обработке сигналов, физике, теории чисел, комбинаторике, теории вероятности, статистике, криптографии, акустике, океанологии, оптике, геометрии, и многих других. (В обработке сигналов и связанных областях преобразование Фурье обычно рассматривается как декомпозиция сигнала на частоты и амплитуды.) Богатые возможности применения основываются на нескольких полезных свойствах преобразования:

1. Преобразования являются линейными операторами и, с соответствующей нормализацией, также являются унитарными (свойство, известное как теорема Парсеваля или, в более общем случае как теорема Планшереля, или в наиболее общем как дуализм Понтрягина).
2. Преобразования обратимы, причем обратное преобразование имеет практически такую же форму, как и прямое преобразование.
3. Синусоидальные базисные функции являются собственными функциями дифференцирования, что означает, что данное представление превращает линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами в обычные алгебраические. (Например, в линейной стационарной системе частота — консервативная величина, поэтому поведение на каждой частоте может решаться независимо.)
4. По теореме о свёртке, преобразование Фурье превращает сложную операцию свертки в простое умножение, что означает, что они обеспечивают эффективный способ вычисления основанных на свёртке операций, таких как умножение многочленов и умножение больших чисел.
5. Дискретная версия преобразования Фурье может быстро рассчитываться на компьютерах, используя алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ, англ. FFT).

### **Преобразование Фурье**

Преобразование Фурье бывает двух видов: дискретное (для обработки цифровых сигналов) и непрерывное (для обработки аналоговых сигналов). Непрерывное используется математиками в аналитических исследованиях, дискретное применяется во всех остальных случаях.

Непрерывное преобразование Фурье - преобразование, которое применяется к функции  $h(t)$ , заданной на интервале  $\{-\infty, +\infty\}$ . В результате получается функция  $H(f)$ :

$$H(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t) e^{-2\pi i f t} dt$$

также существует обратное преобразование, которое позволяет по образу  $H(f)$  восстановить исходную функцию  $h(t)$ :

$$h(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} H(f) e^{2\pi i f t} df$$

Очевидно, что образ  $H(f)$  является комплексной функцией вещественного аргумента, но также и  $h(t)$  может принимать не только вещественные, но и комплексные значения. Области применения преобразования Фурье: анализ сигналов, фильтрация, ускоренное вычисление корреляции и свертки, использование в алгоритмах быстрого умножения чисел, и во многих других случаях оно также находит свое применение.

### Свойства непрерывного преобразования Фурье

В таблице ниже описана связь свойств прообраза  $h$  и образа  $H$ .

Если	То
$h(t)$ вещественная	$H(-f) = H^*(f)$
$h(t)$ чисто мнимая	$H(-f) = -H^*(f)$
$h(t)$ четная	$H(f)$ четная
$h(t)$ нечетная	$H(f)$ нечетная
$h(t)$ вещественная и четная	$H(f)$ вещественная и четная
$h(t)$ вещественная и нечетная	$H(f)$ чисто мнимая и нечетная
$h(t)$ чисто мнимая и четная	$H(f)$ чисто мнимая и четная
$h(t)$ чисто мнимая и нечетная	$H(f)$ вещественная и нечетная

Следующая таблица показывает, как меняется образ при изменении прообраза. Пусть запись  $h(at) \leftrightarrow H\left(\frac{f}{a}\right)$  обозначает, что  $H(f)$  является образом  $h(t)$ . Тогда имеют место следующие отношения:

$$h(at) \leftrightarrow \frac{1}{|a|} H\left(\frac{f}{a}\right)$$

$$\frac{1}{|a|} h\left(\frac{t}{a}\right) \leftrightarrow H(af)$$

$$h(t-c) \leftrightarrow H(f) e^{-2\pi i f c}$$

$$h(t) e^{-2\pi i f c} \leftrightarrow H(f-c)$$

Следующий набор свойств относится к операциям свертки и корреляции. Свертка функций  $g$

$$g * h = \int_{-\infty}^{+\infty} g(\tau) h(t-\tau) d\tau$$

и  $h$  определяется, как

. Корреляция функций  $g$  и  $h$  определяется, как

$$\text{Corr}(g, h) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(\tau+c) h(\tau) d\tau$$

В таком случае имеют место следующие отношения:

$$g * h \leftrightarrow G(f) H(f)$$

$$\text{Corr}(g, h) \leftrightarrow G(f) H^*(f)$$

$$\text{Corr}(g, g) \leftrightarrow |G(f)|^2$$

## Дискретное преобразование Фурье

С непрерывным преобразованием Фурье удобно работать в теории, но на практике мы обычно имеем дело с дискретными данными. Очень часто у нас дано не аналитическое выражение преобразуемой функции, а лишь набор её значений на некоторой сетке (обычно на равномерной). В таком случае приходится делать допущение, что за пределами этой сетки функция равна нулю, и аппроксимировать интеграл интегральной суммой:

$$H\left(f_n\right) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t) e^{2\pi i f t} dt = \sum_{k=0}^{N-1} h_k \Delta_k \exp\left(\frac{kn}{N} 2\pi i\right)$$

В случае равномерной сетки эта формула упрощается. Также на равномерной сетке обычно избавляются от шага, чтобы получить безразмерную формулу:

$$H_n = \sum_{k=0}^{N-1} h_k \exp\left(\frac{kn}{N} 2\pi i\right) \quad n \in \left[-\frac{N}{2}, \frac{N}{2}\right]$$

Обратное преобразование в таком случае будет иметь вид

$$h_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} H_n \exp\left(-\frac{kn}{N} 2\pi i\right) \quad k \in [0, N-1]$$

При внимательном рассмотрении можно заметить, что индекс при  $H_n$  принимает  $N+1$  значение, в то время как при  $h_k$  - только  $N$  значений. Таким образом, как будто бы получается, что функция  $H$  содержит в себе больше информации, чем  $h$ . На самом деле это не так, поскольку значения  $H_{-N/2}$  и  $H_{N/2}$  совпадают.

Определенное таким образом, дискретное преобразование Фурье сохраняет практически все свойства непрерывного (разумеется, с учетом перехода к дискретному множеству).

## Быстрое преобразование Фурье

Сколько операций требуется на проведение дискретного преобразования Фурье? Посчитав по определению ( $N$  раз суммировать  $N$  слагаемых), получаем величину порядка  $N^2$ . Тем не менее, можно обойтись существенно меньшим числом операций.

Наиболее популярным из алгоритмов ускоренного вычисления ДПФ является т.н. метод Cooley-Tukey, позволяющий вычислить ДПФ для числа отсчетов  $N = 2^k$  за время порядка  $N \log_2 N$  (отсюда и название - быстрое преобразование Фурье, БПФ). Этот способ чем-то неуловимо напоминает быструю сортировку. В ходе работы алгоритма также проводится рекурсивное разбиение массива чисел на два подмассива и сведение вычисления ДПФ от целого массива к вычислению ДПФ от подмассивов в отдельности.

Изобретение БПФ привело к потрясающему всплеску популярности преобразования Фурье. Целый ряд важных задач раньше решался за время порядка  $N^2$ , но после проведения преобразования Фурье над исходными данными (за время порядка  $N \log_2 N$ ) решается практически мгновенно. Преобразование Фурье лежит в основе цифровых корреляторов и методов свертки, активно используется при спектральном анализе (практически в чистом виде), применяется при работе с длинными числами.

Наиболее широкое распространение получил алгоритм для случая  $N = 2^k$ , что является существенным ограничением. Почему же это произошло?

Причина этого в том, что алгоритм, построенный по методу Cooley-Tukey, обладает рядом очень хороших технологических свойств. Структура алгоритма и его базовые операции не зависят от числа отсчетов (меняется только число прогонов базовой операции "бабочка"). Алгоритм легко распараллеливается с использованием базовой операции и конвейеризуется, а также легко каскадируется (коэффициенты БПФ для  $2N$  отсчетов могут быть легко получены преобразованием коэффициентов двух БПФ по  $N$  отсчетов, полученных "прореживанием" через один исходных  $2N$  отсчетов). Алгоритм прост и компактен, не требует дополнительной оперативной памяти и допускает обработку данных

"на месте". Существует целый ряд оптимизированных именно для этого алгоритма DSP-процессоров (это одновременно и причина, и следствие).

Всё это и обусловило популярность в инженерно/программистской среде именно этого алгоритма, и, соответственно, выбора именно  $2^k$  отсчетов при использовании БПФ. Правда, попутно это привело к незаслуженному забвению широкими массами альтернативных алгоритмов, некоторые из которых (что следует отметить) требуют меньше вещественных операций на один отсчет, чем алгоритм Cooley-Tukey. Например, мне доводилось читать описание алгоритма, который по этому показателю на 20-40% (в зависимости от числа отсчетов) превосходил алгоритм Cooley-Tukey.

### Основные принципы БПФ комплексной функции

Как уже говорилось, прямое и обратное дискретные преобразования Фурье задаются формулами:

$$F_n = \sum_{k=0}^{N-1} b_k \exp\left(\frac{kn}{N} 2\pi i\right) \quad n \in \left[-\frac{N}{2}, \frac{N}{2}\right]$$

$$b_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} F_n \exp\left(-\frac{kn}{N} 2\pi i\right) \quad k \in [0, N-1]$$

Если присмотреться, то эти две формулы отличаются только множителем перед суммой, да знаком показателя экспоненты. Фактически, для проведения прямого и обратного преобразования можно использовать один и тот же алгоритм, указывая ему направление преобразования, чтобы он менял соответствующие параметры.

В основе БПФ лежит идея о том, что для четного  $N$  можно разделить преобразование Фурье от всего массива на сумму преобразований от элементов с четными и от элементов с нечетными номерами:

$$F_n = \sum_{k=0}^{N-1} b_k \exp\left(\frac{kn}{N} 2\pi i\right) = \sum_{k=0}^{N/2-1} b_{2k} \exp\left(\frac{2kn}{N} 2\pi i\right) + \sum_{k=0}^{N/2-1} b_{2k+1} \exp\left(\frac{(2k+1)n}{N} 2\pi i\right) = \dots$$

$$\dots = F_{n/2} + W_N^n F_{n/2}^c \quad \text{здесь } W = \exp\left(\frac{2\pi i}{N}\right)$$

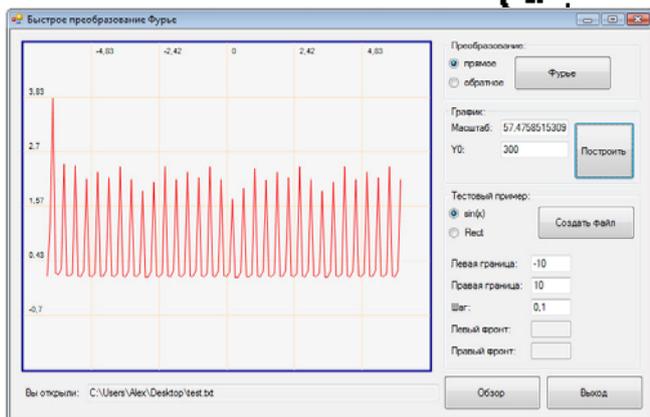


Рис.1. Пример работы программы

Первое слагаемое в сумме соответствует ДПФ от элементов с четными номерами, второе - от элементов с нечетными. Если  $N$  не просто четное, а кратное четырем, то можно рекурсивно применить этот процесс к полученным слагаемым. Если  $N$  является степенью двойки, то процесс можно свести к вычислению ДПФ от одного числа. Этот процесс повторяется  $\log_2 N$  раз для всех  $N$  значений преобразования. Именно эта идея и является основной в БПФ, а всё остальное - лишь улучшениями, повышающими скорость или качество работы алгоритма.

### Литература

1. П. Торстейнсон. Архитектура .NET и программирование на Visual C++ 2005. «Вильямс 2002».
2. Р. Блейхут. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов. М., Мир, 1989.
3. Даджион Д., Мерсеро Р. Цифровая обработка многомерных сигналов. 1988.

## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ В ЭКСПОЗИЦИИ ПО ИСТОРИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО МУЗЕЯ

**Соловьев Д.В., Гляненько М.В.**

*Научный руководитель: с.н.с. Политехнического музея Смолевицкая М.Э.  
Московский государственный психолого-педагогический университет, г.Москва, Россия*

## THE DEMONSTRATION COMPLEXES IN THE HISTORY COMPUTING EXPOSITION OF THE POLYTECHNIC MUSEUM

**Soloviov D.V., Glyanenko M.V.**

*Scientific researcher of Polytechnic Museum Smolevitskaya M.E.  
Moscow State Psychology-Pedagogical University, Moscow, Russia*

### **Аннотация**

Продемонстрировать работу первых ЭВМ можно только с использованием дополнительно разработанных специальных блоков, выполненных на новой элементной базе. В Политехническом музее разработан демонстрационный комплекс на основе Малой автоматической ЭВМ «Урал-1». Этот комплекс наряду с подлинными устройствами машины включает в себя ряд дополнительных блоков, реализованных на программируемых логических интегральных схемах. Данный демонстрационный комплекс полностью поддерживает систему команд ЭВМ «Урал-1» и с его помощью можно решать любые задачи, решение которых было возможно на этой машине. Разрядные сетки, способы представления чисел и операции над числами соответствуют полностью. Работа ЭВМ «Урал-1» демонстрируется во время проведения экскурсий по истории вычислительной техники. В просветительских целях в музее создается демонстрационная модель работы процессора. Модель позволит наглядно показывать этапы обработки процессором каждой команды программы, содержимое регистров и счетчиков. Основным вычислительным элементом модели будет являться специально разработанный триггер. Высокую степень наглядности работы модели процессора предполагается достигнуть благодаря использованию герконов, тиратронов, индикационных светоизлучающих диодов, реле класса РП-21.

### **Abstract**

In Polytechnic Museum we can demonstrate the operation of the first Electronic Computing Machines (ECM) only with help of the special supplement modern blocks. We created Demonstration Complex on the base of The Electronic Computing Machine «Ural-1». This Complex includes together with real devices of «Ural-1» some supplement blocks realized by Programmed Logical Integrated Circuits. The demonstration Complex supports all commands of The Machine «Ural-1» and can solve the same task, which solved by «Ural-1». Binary and numerical data representations are fully compatibility with ECM «Ural-1». In the museum the «Ural-1» operation demonstrates during excursions on computing history. Also we develop The Processor Demonstration Model. This model makes it possible to trace the processing stages of every program command and view data in registers and counters. The special developed trigger will be the basic computing element. Visual teaching methods will be realized by using hermetic contacts, thyratrons, light emission diodes and electro-magnetic relays.

В Политехническом музее с 1960-х годов формируется уникальная коллекция электронных цифровых вычислительных машин (ЭЦВМ) и отдельных устройств. К сожалению, восстановить первые ЭЦВМ для демонстрации их работы практически невозможно. Однако, используя современную элементную базу, на основе старых экспонатов можно создавать работающие демонстрационные комплексы.

Мы разработали структуру демонстрационного комплекса на основе Малой автоматической ЭЦВМ «Урал-1».

В этой машине процессор выполнен на 838 электронных лампах, оперативная память реализована с помощью магнитного барабана. Информацию можно было вводить с помощью накопителя на перфоленте, магнитной ленте и с пульта управления. Результаты решения задач выводились на индикационную панель. Все подлинные узлы восстановить практически невозможно, но процессор и оперативную память можно реализовать на современных микросхемах. При изучении состояния ЭВМ «Урал-1» выяснилось, что пульт управления и

индикационная панель находится в полной сохранности и их можно использовать для демонстрации работы данной машины.

Таким образом, созданный демонстрационный комплекс включает в себя:

1. Систему питания ЭВМ «Урал-1»
2. Пульт управления ЭВМ «Урал-1»
3. Индикационную панель ЭВМ «Урал-1»
4. Процессор, являющийся полным функциональным аналогом процессора ЭВМ «Урал-1» и реализованный на микросхеме ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема) архитектуры FPGA (Field Programmable Gate Array) XC3S200-4FT256C производства фирмы Xilinx
5. Оперативную память, имитирующую работу магнитного барабана ЭВМ «Урал-1», реализованную на микросхеме асинхронной памяти IS61LV25616AL-10T, производства фирмы ISSI
6. Устройство долговременного хранения данных, имитирующее работу накопителя на перфоленте и (или) магнитной ленте, реализованное на микросхеме M25P16, производства фирмы ST Microelectronics

В целях полного сопряжения подлинных устройств ЭВМ «Урал-1» и устройств, имитирующих работу процессора, оперативной и долговременной памяти были дополнительно разработаны:

7. Блок опроса секции кнопок и тумблеров пульта управления, реализованный на регистровых микросхемах ИР22
8. Блок опроса клавишных секций пульта управления, реализованный на микросхемах ЛН2 и ЛП3
9. Блок вывода, реализованный на регистрах ИР27
10. Блок оптоэлектронной развязки, реализованный на оптосимисторах МОС3041, производства фирмы Motorola

Данный демонстрационный комплекс полностью поддерживает систему команд ЭВМ «Урал-1» и с его помощью можно решать любые задачи, решение которых было возможно на этой машине. Разрядные сетки, способы представления чисел и операции над числами соответствуют полностью.

Для демонстрации работы ЭВМ «Урал-1» во время проведения экскурсий по истории вычислительной техники для всех категорий посетителей предлагаются следующие математические задачи:

1. Демонстрация двоичной системы счисления
2. Демонстрация счета и отображения чисел в коде Грея
3. Демонстрация сложения малых целых двоичных чисел
4. Демонстрация операций вычитания и умножения на основе операции сложения
5. Игра «Угадай число»
6. Игра «Крестики-Нолики»
7. Демонстрация нормализации дробных чисел с фиксированной точкой и получения чисел с плавающей точкой

Специально для данного демонстрационного комплекса разработан язык промежуточного представления программ ЭВМ «Урал-1», получивший название UASM'07 (Ural Assembler). Разработан транслятор данного языка в коды машины.

Справка: В мировой практике пока известен только один подобный опыт. В Америке с 1943 по 1946 год строилась первая электронная цифровая вычислительная машина ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer). Процессор был реализован с помощью 17 468 электронных ламп; эта машина занимала площадь в 30 кв.м. Через 50 лет в 1996 году студенты Пенсильванского университета под руководством двух преподавателей выполнили эту машину на одном чипе.

Второй работой, которая выполняется для Политехнического музея, является демонстрационный макет процессора (рис.1).

Для современного пользователя персонального компьютера процессор является «черным ящиком». Несмотря на то, что в учебных планах по информатике и программированию для школ некоторое внимание уделяется рассмотрению блок-схемы процессора, реального понимания его работы не наступает. Для помощи в восполнении этого пробела и предназначена демонстрационная модель работы процессора. Модель позволит наглядно показывать этапы обработки процессором каждой команды, работу памяти, арифметического устройства и многих других элементов. Модель позволит выполнять программы, отслеживая до мельчайших подробностей все ее этапы.



Рис.1

В начале работы в ОЗУ предполагается вводить демонстрационную программу с помощью устройства ввода.

Устройство ввода будет представлять собой специальную клавиатуру, позволяющую занести любую информацию в любую ячейку ОЗУ.

Оперативное запоминающее устройство будет реализовано с помощью тиратронов с холодным катодом, позволяющим наглядно отображать информацию, содержащуюся в ОЗУ.

Процессорный блок модели позволит наглядно отображать этапы обработки команд. Данный блок будет состоять из арифметического устройства на основе восьмиразрядного сумматора и устройства управления, состоящего из ряда блоков.

Устройство вывода будет представлять собой панель с индикаторными лампами.

Питание модели предполагается от сети переменного тока с напряжением 220 В и частотой 50 Гц.

Приведем более полное описание демонстрационной модели процессора.

Процессор состоит из четырех основных блоков:

- Арифметическое устройство (АУ)
- Схема управления этапами исполнения команды (СУ)
- Блок команд (БКЛ)
- Регистры (ГМР)

Каждый блок предполагается реализовать на герконах (герметизированных контактах) КЭМ-3А, что позволит серьезно улучшить наглядность модели в целом. Для создания управляющего магнитного поля будут применены заказные катушки индуктивности со специально разработанными стальными сердечниками U-образной формы. Основное расчетное напряжение питания блоков составляет 30 вольт при токе потребления порядка 40 мА на одну катушку. В триггерных схемах для еще большего улучшения наглядности предполагается применять под каждым герконом индивидуальную подсветку на основе светоизлучающего диода класса АЛ102, отображающую состояние переключающего контакта геркона, а также улучшающую визуальное наблюдение за поведением контакта.

Основным вычислительным элементом модели будет являться триггер. На данный момент предполагается применить триггер с кодовым названием Т-3, специально разработанный для данной модели и не имеющий аналогов в мире.

Основой АУ является восьмиразрядный сумматор, который предполагается строить на основе триггеров Т-3. Кроме сумматора, в АУ входят два комплекта клапанов преобразования кода на основе герконов КЭМ-3А, а также набор вспомогательных реле на основе вышеупомянутых герконов.

Систему СУ предполагается реализовать при помощи специально разработанного уникального программируемого барабана для генерации опорных импульсных последовательностей и набора из нескольких реле на герконах КЭМ-3А.

Блок команд БКЛ будет представлять собой довольно стандартную схему трехбитного дешифратора на основе герконов КЭМ-3А и диодов класса Д219А, дополненную уникальной логической схемой, позволяющей компактно и наглядно показывать работу блока управления процессора любой ЭЦВМ.

К блоку регистров (ГМР) условно отнесены три подблока:

- Счетчик команд с параллельной загрузкой на основе триггеров Т-3
- Регистр команд на основе триггеров Т-3
- Селектор текущего адреса на основе герконов КЭМ-3А

Устройство ввода предполагается реализовать на стандартных двухпозиционных переключателях и промежуточных реле класса РП-21.

Устройство вывода предполагается реализовать с помощью светоизлучающих диодов класса АЛ102 или аналогичных.

Оперативное запоминающее устройство предполагается реализовать на основе тиратронов с холодным катодом класса МТХ-90 и переключающих реле класса РЭС-8. Каждый из 256 тиратронов сможет находиться в двух стабильных состояниях: проводящем, когда тиратрон горит, и непроводящем, когда тиратрон погашен и имеется лишь слабый коронарный разряд вблизи холодного катода. Таким образом, предполагается достичь невиданной наглядности – можно будет увидеть каждый бит памяти! Основное расчетное анодное напряжение тиратронной памяти: 120В. Для сопряжения с процессором предполагается применить специальный подблок согласования на основе герконов КЭМ-3А.

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ В ПУЧКЕ ЛАЗЕРА

Труфанов Д.П.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Волосатова Т.М.*  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра РК6

## LASER BEAM ENERGY DISTRIBUTION RESEARCH

Trufanov D. P.

*The scientific chief: Ph.D., senior lecturer Volosatova T.M.*  
BMSTU, PK6

### Аннотация

В работе исследован характер распределения интенсивности в пучке лазера.

### Abstract

The laser beam energy distribution, is explored in the work.

В инженерной практике требуется осуществить оптимизацию, т.е найти наилучший вариант по какому либо критерию. В работе представлен вариант решения задачи оптимизации пучка лазера по энергии.

Эксперименты проводились с помощью CD-ROM. Для исследования распределения интенсивности в пучке лазера была сооружена установка на которой проводился эксперимент. Она включала в себя:

- -стол на котором располагался CD-ROM
- -лампа для получения нужного освещения
- -подставка для закрепления цифрового фотоаппарата
- -компьютер
- -цифровой аппарат

С помощью этой установки были получены цифровые фотографии работы лазера CD-ROMа в различных режимах(первоначальной инициализации диска, считывания, записи).



Рис.1



Рис.2



Рис.3

На Рисунке 1 представлена фотография пучка лазера во время первоначальной инициализации диска. На Рисунке 2 представлена фотография пучка лазера во время считывания информации. На Рисунке 3 представлена фотография пучка лазера во время записи информации на диск. Как видно из рисунков во время первоначальной инициализации диска луч лазера имеет наибольшую мощность, чем при остальных режимах работы.

Для более детального рассмотрения и решения данной задачи были рассмотрены несколько вариантов решения. Среди них:

1. Написание пользовательского приложения и реализации в нем какого либо метода двумерной оптимизации.
2. Использование уже разработанного программного средства.

В результате было решено написать пользовательское приложение и определить точку с максимальной и минимальной интенсивностью в пучке. После чего проанализировать каков разброс энергии. Результат предполагалось сравнить с результатом полученным с помощью MATLAB и прикладной библиотеки Images.

Входными данными для приложения является фотография. Ее можно рассматривать как функцию двух переменных:  $z = F(x,y)$ , где  $z$  – значение интенсивности,  $x,y$  – координаты

на плоскости. В качестве критерия оптимизации взята энергия. В работе используется RGB модель представления цвета. Предполагается, что точка с более высоким уровнем энергии имеет большее значение R. Таким образом поиск максимального и минимального значения интенсивности в пучке проводилось путем сравнения R составляющих цвета каждого пикселя.

В итоге было получено для всех трех картинок приблизительно одинаковые значения интенсивности. Было выявлено, что в пределах пучка максимальное и минимальное значение энергии отличаются друг от друга не существенно.

Этот результат был сравнен с данными полученными с помощью системы MATLAB и прикладной библиотеки Images. Результат представлен на рисунке 4 и 5:

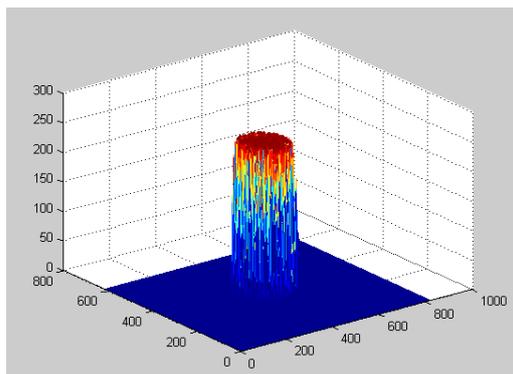


Рис.4

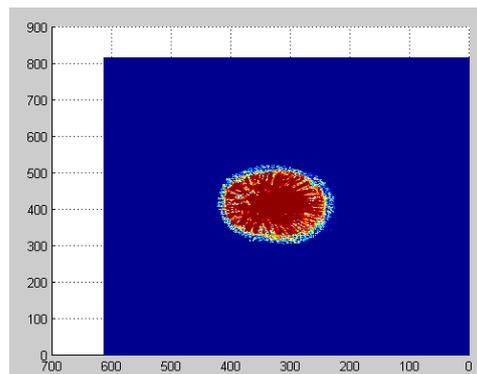


Рис.5

Из результатов вычисленных MATLAB видно, что распределение энергии в пучке равномерное.

На основе полученных данных были сделаны следующие выводы:

1. В пучке лазера энергия распределена равномерно.
2. Разность между максимальным и минимальным значениями энергии в пучке незначительна.

### Литература

1. Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс, “Цифровая обработка изображений в среде MATLAB” Издательство Техносфера, Москва, 2006 г.

# МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Федин В.А.

д.ф.-м.н., проф. Карпенко А.П., к.т.н., доц. Федорук В.Г.  
МГТУ им.Баумана, Москва, Россия

## MULTICRITERIA OPTIMIZATION USING EXTREMAL EXPERIMENT

Fedin V.A.

Prof. Karpenko A.P., Fedoruk V.G.  
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

### Аннотация

Рассматривается метод решения задачи многокритериальной оптимизации посредством минимизации функции предпочтений лица, принимающего решения, методом экстремального эксперимента на основе центрально-композиционных планов второго порядка. Предложен диалоговый алгоритм, позволяющий перейти от случайного поиска к направленному поиску в соответствии с предпочтениями лица, принимающего решения.

### Abstract

This paper explores way of solving multicriterial optimization problem. Used model-based decision maker's preference function minimization. Minimization carried out by means of extremal experiment based on second-order centrally-composed experiment plans. Offered dialog-based algorithm allowing switch from random to guided search according to decision maker's preferences.

При решении технических задач часто возникает необходимость решения задачи оптимизации с несколькими критериями. Рассмотрим задачу многокритериальной оптимизации в следующей постановке.

Пусть  $X$  –  $n$ -мерный вектор варьируемых параметров, ограниченный параллелепипедом допустимых значений

$$\Pi = \{X \mid x_i^- \leq x_i \leq x_i^+, i \in [1, n]\}. \quad (1)$$

На вектор  $X$  также может быть дополнительно наложено  $k$  ограничений, формирующих множество

$$D = \{X \mid g_i(X) \geq 0, i \in [2n + 1, 2n + k]\}, \quad (2)$$

где  $g_i(X)$  - непрерывные ограничивающие функции. Замкнутое множество  $D_X = \Pi \cap D$  назовем множеством допустимых значений вектора варьируемых параметров.

Положим, что  $\Phi(X) = (\phi_1(X), \phi_2(X), \dots, \phi_m(X)) \in R^m$  - векторный критерий оптимальности, определенный на множестве  $\Pi$ . Здесь  $m > 1$ ,  $R^m$  -  $m$ -мерное арифметическое пространство [1].

Лицу, принимающему решение (ЛПР), желательно уменьшить значения всех частных критериев оптимальности  $\phi_1(X), \phi_2(X), \dots, \phi_m(X)$ .

Во введенных обозначениях задача многокритериальной оптимизации условно может быть записана в виде

$$\min_{X \in D_X} \Phi(X) = \Phi(X^*), \quad (3)$$

где вектор  $X^*$  - решение задачи.

Обычно многокритериальные задачи проектирования и оценки сложных технических систем сводятся к оптимизации скалярной целевой функции [2]. Одним из наиболее широко применяемых способов такого сведения является метод скалярной свертки. В работе используется аддитивная свертка, в которой скалярная целевая функция имеет вид

$$\varphi(X, \Lambda) = \sum_{k=1}^m \lambda_k \phi_k(X), \quad (4)$$

где  $\Lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)$  - вектор весовых коэффициентов, принадлежащий своему множеству допустимых значений  $D_\Lambda = \{\lambda_k \mid 0 \leq \lambda_k \leq 1, k \in [1, m]\}$ .

При каждом фиксированном векторе  $\Lambda \in D_\Lambda$  метод скалярной свертки сводит решение многокритериальной задачи к решению однокритериальной задачи глобальной условной оптимизации

$$\min_{X \in D_X} \varphi(X, \Lambda) = \varphi(X^*, \Lambda). \quad (5)$$

Используются нормализованные частные критерии

$$\bar{\phi}_k(X) = \frac{\phi_k(X) - \phi_k^*}{\phi_k^{**} - \phi_k^*}, k \in [1, m], \quad (6)$$

где

$$\phi_k^* = \min_{X \in D_X} \phi_k(X), \quad \phi_k^{**} = \max_{X \in D_X} \phi_k(X) -$$

минимальное и максимальное во множестве  $D_X$  значения частного критерия оптимальности  $\phi_k(X)$ , соответственно.

Метод скалярной свертки требует задания дополнительной информации (относительно информации, заданной в постановке задачи многокритериальной оптимизации). А именно, метод требует информации об относительной важности частных критериев оптимальности, формализованной в весовых множителях  $\lambda_k, k \in [1, m]$  этих критериев. Эта информация представляет собой не что иное, как косвенную информацию о функции предпочтений ЛПР.

Вообще говоря, следует полагать, что функция предпочтений ЛПР определена на критериальном множестве  $D_\Phi = \{\Phi(X) \mid X \in D_X\}$ . Однако, хорошо известно [3], что если множество Парето  $D_\Phi^*$  задачи (3) является выпуклым множеством, то существует взаимнооднозначное соответствие между векторами  $\Lambda \in D_\Lambda$  и векторами  $\Phi^* \in D_\Phi^*$ . Ограничимся именно этим случаем, и будем полагать, что функция предпочтений определена на множестве  $D_\Lambda$ .

Обозначим  $\psi(\Lambda), \Lambda \in D_\Lambda$  функцию предпочтений ЛПР. Величину  $\psi$  будем считать лингвистической переменной со значениями представленными в Табл. 1. Указанные в таблице термины будем считать символами нормальных нечетких подмножеств универсального множества  $R^1$ . Будем использовать также соответствующие промежуточные значения величины  $\psi$  -  $\psi_2, \psi_4, \psi_6, \psi_8, \psi_{10}$ .

Во введенных обозначениях задача многокритериальной оптимизации (3) ставится как задача отыскания вектора  $\Lambda^* \in D_\Lambda$ , обеспечивающего максимальное значение функции  $\psi(\Lambda)$ :

$$\max_{\Lambda \in D_\Lambda} \psi(\Lambda) = \psi(\Lambda^*) = \psi^*. \quad (7)$$

Можно предложить несколько методов для построения аппроксимации функции предпочтений ЛПР  $\psi(\Lambda)$ . В простейшем случае можно использовать метод наименьших квадратов и четкие  $\psi_i, i \in [1, 10]$  значения лингвистической переменной  $\psi(\Lambda)$ . Кроме того, можно использовать аппроксимацию функции  $\psi(\Lambda)$ , как нечеткой функции с помощью теории нечетких функций. С этой же целью возможно использование нейронных сетей. В работе рассматривается построение квадратичной аппроксимирующей функции на основе центрально-композиционных планов второго порядка.

Таблица 1.

Значение лингвистической переменной $\psi$	Центр соответствующего нечеткого множества
$\psi_1 = \text{”Очень-очень плохо”}$	$core(\psi_1) = \overset{\circ}{\psi}_1 = 1$
$\psi_3 = \text{”Плохо”}$	$core(\psi_3) = \overset{\circ}{\psi}_3 = 3$
$\psi_5 = \text{”Удовлетворительно”}$	$core(\psi_5) = \overset{\circ}{\psi}_5 = 5$
$\psi_7 = \text{”Хорошо”}$	$core(\psi_7) = \overset{\circ}{\psi}_7 = 7$
$\psi_9 = \text{”Отлично”}$	$core(\psi_9) = \overset{\circ}{\psi}_9 = 9$

Планы второго порядка предназначены для получения регрессионной модели в виде полного квадратного полинома вида:

$$\bar{\psi}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m) = B_0 + \sum_{i=1}^m B_i \lambda_i + \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m B_{i,j} \lambda_i \lambda_j + \sum_{i=1}^m B_{i,i} \lambda_i^2. \quad (8)$$

Необходимое условие максимума квадратичной формы (8) имеет, очевидно, вид

$$\frac{\partial \bar{\psi}}{\partial \lambda_i} = B_i + \sum_{j \in [i+1, m]} B_{i,j} \lambda_j^* + 2B_{i,i} \lambda_i^* = 0, \quad i \in [1, m]. \quad (9)$$

Планы второго порядка существенно сложнее планов первого порядка – в спектре плана второго порядка большее число точек, используется большее количество уровней варьирования для каждого из факторов. Важным достоинством этих планов является возможность использования результатов экспериментов на основе планов первого порядка для построения экспериментов на основе планов второго порядка - в точках ядра композиционного плана второго порядка в этом случае опыты проводить не надо.

В результате получаем следующую схему алгоритма решения задачи многокритериальной оптимизации ( $N$  – количество опытов).

1. Система вычисляет минимальные и максимальные значения каждого из частных критериев оптимальности и предъявляет их ЛПР вместе с соответствующими значениями вектора параметров  $X$ .

2. ЛПР задает начальную точку  $\Lambda_0^0 \in D_\Lambda$ , которая должна стать центром первой серии опытов, а также начальные величины шагов  $\Delta \lambda_j^0, j \in [1, m]$  по каждому из координатных направлений.

3. Для каждой из точек  $\Lambda_i^r = \Lambda_i^{r-1} + \begin{pmatrix} x_{i,1} \Delta \lambda_1^{r-1} \\ \dots \\ x_{i,m} \Delta \lambda_m^{r-1} \end{pmatrix}$ , где  $i \in [1, N]$  и  $x_{i,1} \dots x_{i,m}$  - элементы  $i$ -

й строки выбранного из библиотеки плана, система решает задачу (5) с нормированными частными критериями оптимальности. Полученные в результате значения компонентов вектора параметров  $X$ , а также соответствующие значения частных критериев оптимальности предъявляет ЛПР.

4. Система запрашивает у ЛПР оценку предъявленного решения - требует ввести соответствующее значение  $\overset{\circ}{\psi}_i^r$  функции предпочтения ЛПР для данного набора  $\Lambda_i^r$ .

5. Для каждой из точек  $\Lambda_i^r, i \in [1, N]$  система берет из библиотеки планов значения базисных функций, соответствующие стандартизованным факторам – определяет компоненты матрицы Фишера  $F$  [4].

6. Система решает систему нормальных уравнений  $(F^r)^T F^r B^r = (F^r)^T \overset{\circ}{\Psi}^r$ , где компонентами вектора  $\overset{\circ}{\Psi}^r$  являются соответствующие четкие значения  $\overset{\circ}{\psi}_i^r$  лингвистической переменной  $\psi(\Lambda)$ . В результате становятся известными компоненты вспомогательного вектора  $b^r = (\tilde{b}_0^r, b_i^r, b_{ii}^r, i \in [1, m], b_{ij}^r, i \in [1, m-1], j \in [i+1, m])$ .

7. Система осуществляет проверку значимости полученных оценок компонентов вектора  $b^r$  и вычисляет коэффициент детерминации  $(R^r)^2$  [4]. Если  $(R^r)^2 \geq R_{\min}^2$ , где  $R_{\min}^2 = 0.75$ , то система выполняет переход к следующему пункту.

8. Система определяет значение коэффициентов регрессии

$$B_{ii}^r = \frac{b_{ii}^r}{\Delta \lambda_i^2}, i \in [1, m]; B_{ij}^r = \frac{b_{ij}^r}{\Delta \lambda_i \Delta \lambda_j}, i \in [1, m-1], j \in [i+1, m];$$

$$B_i^r = (b_i^r - 2B_{ii}^r \lambda_i^0 \Delta \lambda_i - \sum_{j \in [i+1, m]} B_{ij}^r \lambda_j^0 \Delta \lambda_j - \sum_{j \in [1, i-1]} B_{ji}^r \lambda_j^0 \Delta \lambda_{i_i}) / \Delta \lambda_i, i \in [1, m];$$

$$B_0^r = b_0^r - \sum_{i=1}^m B_i^r \lambda_i^0 - \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m B_{ij}^r \lambda_i^0 \lambda_j^0 - \sum_{i=1}^m B_{ii}^r (\lambda_i^0)^2, i \in [1, m-1], j \in [i+1, m].$$

9. Из СЛАУ

$$B_1^r + \sum_{j=2}^m B_{1j}^r \lambda_j^r + 2B_{11}^r \lambda_1^r = 0,$$

$$B_2^r + \sum_{j=3}^m B_{2j}^r \lambda_j^r + 2B_{22}^r \lambda_2^r = 0,$$

.....

$$B_{m-1}^r + B_{m-1,m}^r \lambda_m^r + 2B_{m-1,m-1}^r \lambda_{m-1}^r = 0,$$

$$B_m^r + 2B_{mm}^r \lambda_m^r = 0.$$

система определяет координаты точки  $\Lambda^r = \Lambda_0^r$  - положение точки максимума квадратичной функции (8) и, одновременно, центр следующего эксперимента.

10. Система проверяет принадлежность точки  $\Lambda^r = \Lambda_0^r$  множеству допустимых значений  $D_\Lambda$ . Если  $\Lambda_0^r \in D_\Lambda$ , то система полагает  $r = r + 1$  и переходит к п.3.

### Литература

1. Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений.- М.: Знание, 1985
2. Лужбинин А.В., Цырульник Ю.А. Многокритериальная оптимизация сложных технических систем. – <http://library.mephi.ru/data/scientific-sessions/2003/2/087.html>
3. Ногин В.Д. Обобщенный принцип Эджворта-Парето и границы его применимости.- Спб.: [http://www.apmath.spbu.ru/ru/staff/nogin/econom\\_and\\_mat\\_methods.pdf](http://www.apmath.spbu.ru/ru/staff/nogin/econom_and_mat_methods.pdf) 2004
4. Красовский Г.И., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента. - Мн.: Изд-во БГУ, 1982.

## РАЗРАБОТКА ШЕЙДЕРОВ НА ОСНОВЕ ЯЗЫКА NVIDIA CG

Кириянов Д. А.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры РК6, Волосатова Т. М.  
МГТУ имени Н. Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.*

## DEVELOPING OF SHADERS ON THE BASIS OF NVIDIA CG

Kirianov D. A.

*Scientific leader: candidate of engineering sciences, associate professor of RK6 department,  
Volosatova T. M.  
BMSTU, Moscow, Russian Federation.*

### **Аннотация**

В данном докладе рассматривается вопрос программируемой аппаратной визуализации, весьма важной для современных 3D приложений работающих в режиме реального времени. Программы для графического процессора видеокарты (GPU), называемые шейдерами, освобождают центральный процессор (CPU) от работы по расчету затенения, текстур, проекций 3D точек на экран и др. Они позволяют вмешиваться в стандартный процесс аппаратной визуализации с помощью библиотек OpenGL или Direct3D, что дает возможность разрабатывать самые разнообразные и сложные эффекты визуализации. В докладе приводится пример разработки простейших шейдеров на языке Cg фирмы NVIDIA и включения их в программу на языке C/C++ производящей визуализацию с помощью библиотеки OpenGL.

### **Abstract**

The question of programmable hard-ware visualization, essential for modern 3D applications workings in the real-time mode is examined in this lecture. Programs for the graphic processor of videocard (GPU), called "shaders", frees central processing unit (CPU) from computing shading, textures, projections of 3D points on a screen, etc. They allow to interfere in the standard process of hard-ware visualization by the libraries OpenGL or Direct3D, that enables to develop the most various and difficult effects of visualization. This lecture also includes an example of developing simplest shaders is made in language Cg of NVIDIA and including them in the program in language C/C++ productive visualization by the OpenGL.

Шейдеры (от англ. shader – «затенитель») - особый вид программ, выполняющихся на графическом процессоре видеокарты (GPU). Первоначально применялись для быстрой прорисовки объектов с реалистичным затенением, из-за чего и получили свое название. На данный момент времени шейдеры – наиболее гибкий способ создания различных эффектов при трехмерной визуализации. Их использование давно стало стандартом в компьютерных играх и приложениях 3D моделирования и анимации (Autodesk Maya, 3Ds max). Шейдер вызывается из основной графической программы, производящей рендеринг с помощью одной из стандартных библиотек 3D визуализации. Сейчас наиболее распространенные – это OpenGL и Direct3D.

Рассмотрим механизм работы шейдера. Эти программы бывают двух типов: вершинные и пиксельные шейдеры, и обычно работают парами, причем одновременно в программе может быть активирована только одна такая пара. Каждый вершинный шейдер после активации выполняется для каждой вершины, передаваемой основной программой видеокарте через функции библиотеки визуализации. В случае, если шейдер не задан явно, вызывается стандартный шейдер данной библиотеки (в случае если задан аппаратный рендеринг). Вершинный шейдер обязательно получает на входе координаты вершины и некоторое количество параметров, определенных программистом. Обычно это цвет вершины и видовая матрица. На выходе вершинная программа возвращает цвет и координаты вершины. В стандартном шейдере матрица вида умножается на координаты вершины, цвет рассчитывается в зависимости от положения и параметров источника освещения. Пиксельный шейдер всегда вызывается после вершинного при просчете каждой двухмерной точкой (пиксела) примитива, посланного видеокарте на визуализацию. На входе обязательно получает цвет вершины, а также определенное количество параметров, определяемых разработчиком.

Для создания шейдеров предусмотрен низкоуровневый язык, похожий на обычный Ассемблер. Первый прототип современных высокоуровневых языков описания шейдеров был RenderMan, появившийся в 1987 году. Далее были созданы RSL, NVIDIA Gelato, GLSL, HLSL, Cg. Сейчас наиболее распространены GLSL, HLSL и Cg.

В 2002 году корпорация NVIDIA создала Cg - новый универсальный язык программирования шейдеров, для использования как с библиотекой OpenGL, так и с Direct3D. Название Cg происходит из аббревиатуры словосочетания "C for graphics". Язык действительно похож на C намного больше, чем его предшественники. Введена поддержка структу, циклов, условного оператора. Главным новшеством является трансляция шейдеров на тот низкоуровневый язык, который поддерживает данная видеокарта. Недостатком языка является то, что Cg заточен прежде всего под видеокарты фирмы NVIDIA, хотя все программы, обычно, работают на видеокартах других производителей. Другим малозначительным недостатком является необходимость поставлять с программой динамически присоединяемые библиотеки NVIDIA CG. Язык Cg как и библиотека OpenGL не привязан к одной платформе. Программы с успехом работают на множестве систем: Win32/64, практически все дистрибутивы Linux/UNIX, Solaris, MacOS.

Рассмотрим более подробно синтаксис Cg.

Типы данных:	float	Как и в C – значение с плавающей точкой. Размер: 32 бита. (1 бит под знак, 23 бит - мантисса, 8 бит – экспонента).
	half	Значение с плавающей точкой. Размер: 16 бит. (1 бит под знак, 10 бит - мантисса, 5 бит – экспонента).
	int	Целое 32 битное значение.
	fixed	12 битное значение с фиксированной точкой. Используется только в пиксельных шейдерах. (1 бит под знак, 1 бит - мантисса, 10 бит – экспонента).
	bool	Булево значение (1 бит).
	sampler	Описатель текстуры.
	string	Строка. Обычно используется при отладке, или записи информации об ошибках во время работы шейдера.

Кроме базовых типов данных, существуют более сложные типы данных: векторы и матрицы, образованные из базовых.

Векторы float1 float2 float3 float4

Матрицы float1x1 float2x2 float3x3 float4x4

Как и во многих других языках высокого уровня, имеется возможность явного задания преобразования типа:

```
(float)b; // для простых типов
float a,b,c;
float3 vec = float3(a,b,c); // инициализация 3D вектора
float4(vec,c); // инициализация 4D вектора
```

Для объявления типа данных числовых констант, как и в языке C, используются суффиксы. Пример объявления констант:

2.0f - типа float; 2.0h - типа half; 2.0x - типа fixed;

Определение функций:

```
<тип_данных> <название>(<параметры>)
{ /* тело функции */ }
```

В качестве возвращаемого типа данных обычно применяется пользовательская структура данных базовых типов или векторов. Одной из особенностей Cg является использование в определении принимаемых и возвращаемых переменных «предопределенных имен», служащих для правильной интерпритации стандартных данных (положение, цвет, текстурные координаты, нормаль и т.д.).

В основной программе нет необходимости явно указывать передачу в функцию шейдера стандартных параметров, объявленных в нем с «предопределенными именами» - эти параметры будут переданы автоматически.

## Пример определения структуры:

```
struct <название_типа>
{ float4 <имя_поля1> : POSITION;      // «предопределенные имена» полей
  float4 <имя_поля2> : COLOR; };    // пользовательской структуры
```

После возвращения значения данного типа в конвейер визуализации, программа автоматически распознает значение в поле <имя\_поля1> как координаты вершины, а значение в поле <имя\_поля2> как цвет вершины в формате RGBA.

Пример простейшего вершинного шейдера:

```
struct data{ //Определяем новый тип данных возвращаемого значения
float4 pos : POSITION; //Вектор будет интерпретироваться как положение вершины
float4 color : COLOR; //Вектор будет интерпретироваться как цвет вершины
};
data main(float3 position,uniform float4x4 matrix) //Главная функция шейдера
{
data OUT; //Объявление переменной пользовательского типа data
OUT.pos = float4(position,1); //Преобразование 3D вектора в 4D вектор
OUT.pos = mul(matrix,OUT.pos); //Умножение 4D вектора координат вершины на видовую
//матрицу.
OUT.color = float4(0,0,0,1); //Задание цвета вершины
return OUT; //Возвращение преобразованной вершины в конвейер
} //визуализации
```

Пример простейшего пиксельного шейдера:

```
struct data{float4 color : COLOR; };
data main(float3 col : COLOR)
{data OUT;
OUT.color = float4(1,1,1,1) - float4(col,0); //Инвертирование цвета пиксела
return OUT; }
```

Инициализация поддержки шейдеров Cg в программе на C/C++ с использованием OpenGL:

```
#include <Cg/cg.h> //Подключение заголовочных файлов
#include <Cg/cgGL.h>
CGparameter matrix; //Пользовательский параметр, который будет
//необходимо явно передать в шейдер
CGcontext context; //Контекст Cg
CGprofile profile; //Профиль Cg
CGprogram prog; //Шейдер
/* код основной программы */
context = cgCreateContext(); //Создание контекста Cg
cgGLSetDebugMode( CG_FALSE ); //Отключение режима отладки
profile = cgGLGetLatestProfile(CG_GL_VERTEX);
cgGLSetOptimalOptions(profile); //Установка стандартных опций
/*Создание шейдера*/
prog = cgCreateProgramFromFile(context,
CG_SOURCE, //Загрузка исходного кода на Cg
"progs.cg", //Название файла программы
profile,
"main", //Имя функции шейдера
NULL);
cgGLLoadProgram(prog); //Загрузка шейдера
matrix = cgGetNamedParameter(prog, "matrix");
/* код цикла визуализации основной программы */
cgGLBindProgram(prog); //Активируем программу
cgGLEnableProfile(profile); //Активируем профиль
cgGLSetStateMatrixParameter(matrix,CG_GL_MODELVIEW_PROJECTION_MATRIX,
CG_GL_MATRIX_IDENTITY); //Загружаем в matrix видовую матрицу.
glBegin(GL_TRIANGLES); //Включение конвейера визуализации
/* Передача на визуализацию некоторого количества вершин */
glEnd(); //Отключение конвейера визуализации.
cgGLDisableProfile(profile); //Деактивируем профиль
/* продолжение кода цикла визуализации основной программы */
```

Результат работы простейших шейдеров представлен ниже. Рис. 1 – результат применения шейдера вершин для специфической покраски части модели. Рис. 2 – результат применения пиксельного шейдера (шейдера фрагментов) для создания эффекта нигатива. Рис. 3 – реализация эффекта тумана с помощью пары шейдеров (вершинный и пиксельный). Рис. 4 – попиксельная раскраска объекта в зависимости от освещенности поверхности. Реализована одним пиксельным шейдером. Рис. 5 – реализация эффекта «теплого зрения».

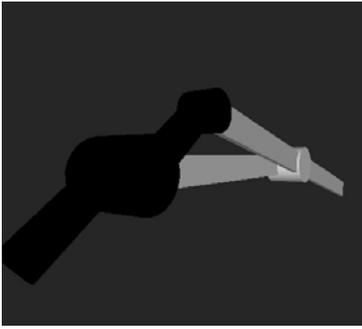


Рис.1.

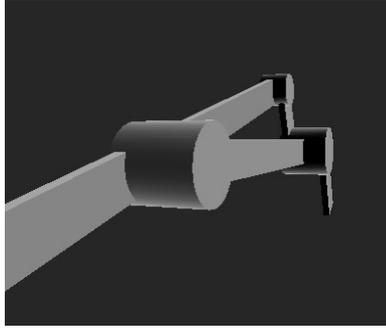


Рис. 2.

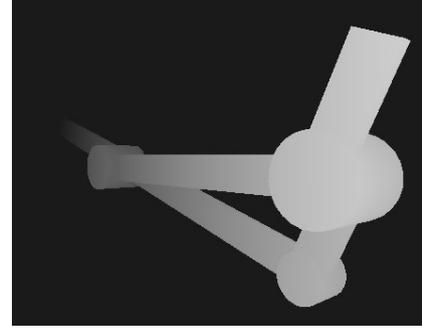


Рис. 3.

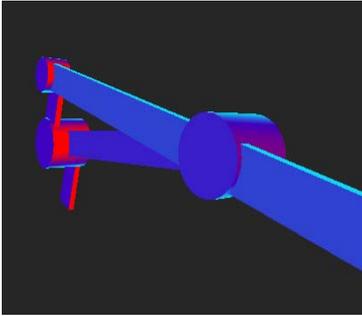


Рис. 4.

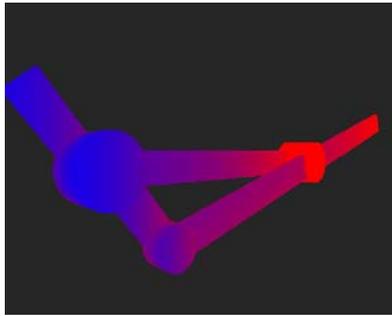


Рис. 5.

Разработка шейдеров и, в частности, язык Cg – довольно обширная тема, чтобы её можно было вместить в одном докладе. Здесь лишь были предпринята попытка познакомить слушателя с этим мощным и очень гибким средством управления визуализацией трехмерных изображений, показаны методы их создания с помощью языка Cg и загрузки их в основную программу. Но даже по этим довольно простым примерам можно судить насколько, сложные и разнообразные эффекты визуализации в реальном времени можно получить, воспользовавшись технологией визуализации на основе шейдеров на языке Cg.

### Литература

1. Ричард С. Райт, Бенджамин Липчак «OpenGL суперкнига» - Москва.: «Вильямс» 2006 г.
2. Документация по языку Cg. Взята с официального сайта NVIDIA: [www.nvidia.com](http://www.nvidia.com)

# МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ КАНАЛОВ СВЯЗИ

Ловчиков А.В

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Волосатова Т.М*

МГТУ им. Баумана, кафедра РК6

## MODELLING OF THE WORK OF COMMUNICATORY SYSTEM WITH VARIOUS CONNECTION LINE TYPES

Lovchikov A.V.

*Scientific chief: Ph.D., senior lecturer Volosatova T.M.*

BMSTU, RK6

[alovchikov@mail.ru](mailto:alovchikov@mail.ru)

### Аннотация

Рассмотрена проблема работы множества устройств в составе единой информационной среды, параметры взаимодействия этих устройств. Предложены модель и метод анализа работы такой среды.

### Abstract

It is examined the problem of simultaneous work of multitude devices composed in united informational system, also parameters of interaction of these devices. It is suggested such informational system model and analysis method.

Сетевые технологии развиваются во все ускоряющемся темпе. Они входят в каждую область жизни современного человека. Не так далеко то время, когда с помощью например одного лишь карманного компьютера любой человек сможет управлять каждым аспектом своей жизни: планированием событий, управлением в быту, организацией досуга, общением с друзьями и т.п. Но для того, чтобы все это стало возможным, нужно очень широкое распространение интеллектуальных устройств, имеющих возможность связи со своим хозяином. Сейчас уже появляются некоторые предпосылки этого: например, стиральная машина, которую можно запрограммировать через интернет, или противоугонная система для автомобиля посылающая SMS на сотовый телефон. Разрабатываются концепции отказа от проводных технологий соединения устройств.

В связи с этим встает проблема анализа работы и сбоя совокупности большого количества устройств, соединенных различными типами связи. В зависимости от модели представления информационной системы, способа моделирования, вычислительная сложность анализа может сильно варьироваться.

Интуитивно, наиболее соответствующей моделью будет граф, узлами которого являются участники информационной среды, а ребрами – связи между ними. Проводные каналы очень хорошо вписываются в эту модель. С беспроводными каналами дело обстоит сложнее, так как тут возникают вопросы о геометрическом положении узлов, взаимном влиянии связей друг на друга.

Для графа можно использовать вероятностную математику при моделировании передачи данных внутри системы. Все параметры работы системы можно свести к трем основным группам:

- К физическим параметрам относятся все инструменты, приборы и оборудование, с помощью которого мы организуем сеть. Так, например, от типа кабеля зависит максимальная скорость, с которой информация может передаваться от одного узла к другому. Работа радиоканалов зависит от неоднородности среды. От мощности источника сигнала напрямую зависит максимальная удаленность следующих узлов.

- Эксплуатационные параметры – это то, в каких условиях работает сеть. Ее работа может сильно отличаться в экранированном помещении со специальным климатом и в жилом доме, где на нее будут влиять различные источники электромагнитного излучения. От этих параметров напрямую зависит, получит ли узел ту информацию, которую ему послали.

- Организационные параметры относятся к внутренним. Для беспроводных каналов геометрическое место участников среды, расстояние между ними весьма существенно. Особенно это ярко выражено на границах зон охвата, когда соединение идет непредсказуемым образом. Также сюда относятся коммуникационные параметры узлов.

Соответственно эти три группы сводятся к трем коэффициентам, отвечающим за следующее:

- максимальная скорость передачи данных через канал
- вероятность установления соединения между 2-мя узлами
- вероятность повреждения/потери пакета данных пересылаемого после установления соединения

Использование, например, регрессионного моделирования позволяет найти приблизительные значения вероятностных параметров. Регрессионный анализ это исследование статистических данных посредством построения уравнения регрессии, отражающего в аналитической форме связь между зависимыми и независимыми переменными, установленную статистически. Иными словами, регрессионный анализ позволяет получить функциональную зависимость некоторой случайной величины  $Y$  от некоторых влияющих признаков  $X$ . Эта зависимость называется *уравнением регрессии*. В ходе регрессионного анализа выполняются 2 задачи:

- построение уравнения регрессии, т.е. нахождение вида зависимости между  $Y$  и независимыми факторами  $X$
- оценка значимости полученного уравнения, т.е. определение того, насколько выбранные признаки объясняют вариацию признака  $Y$

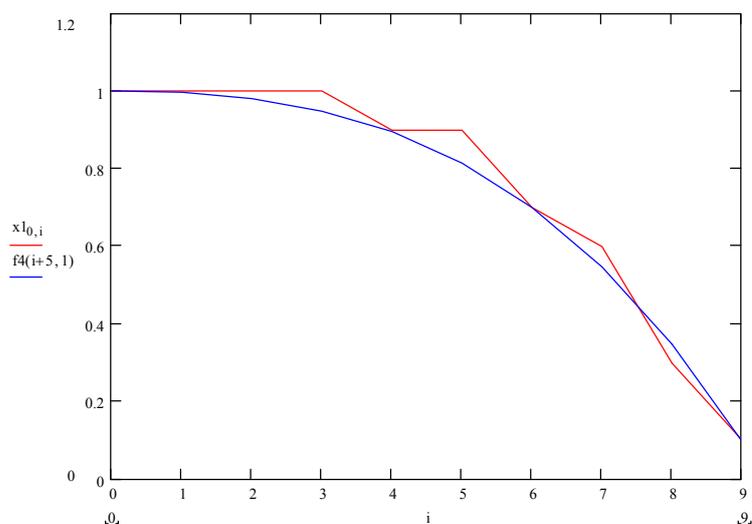


Рис 1. Пример: регрессионное моделирование вероятности соединения 2х устройств Bluetooth в зависимости от расстояния между ними.

После построения модели системы осуществляется моделирование передачи данных по какому-либо протоколу. В идеале должны поддерживаться все основные современные протоколы соответствующие типам связи в среде и моделироваться поведение среды при ошибках, как это описано в протоколах. Но для упрощения использовано всего два простых алгоритма:

1. а) нахождение случайного пути с использованием алгоритмов теории графов и заданных констант  
б) передача заданного объема информации по полученному пути
2. а) разбиение всего объема информации на пакеты  
б) нахождение пути для каждого пакета

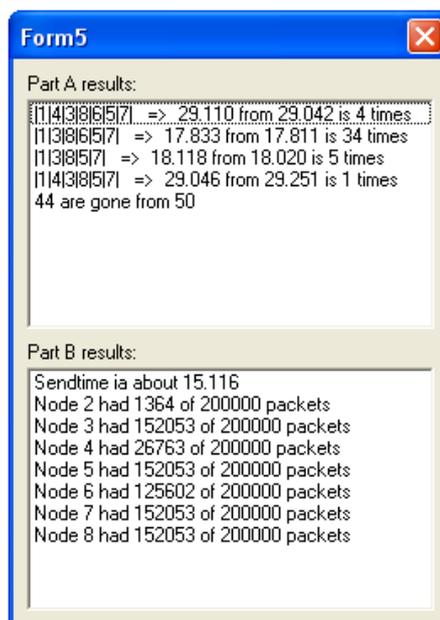


Рис 2. Результат моделирования передачи данных между 2 узлами в некоторой информационной системе

Как результат моделирования получаются данные о частоте использования, загрузке каналов и узлов. На основе этих данных можно оптимизировать информационную систему с целью улучшения ее работы.

- Дальнейшие возможные улучшения модели и методов моделирования включают:
- Введение геометрических характеристик, те учет расстояний между узлами и их ориентации
  - Учет взаимного влияния беспроводных каналов связи
  - Введение алгоритма, который будет точно следовать существующим протоколам, а не абстрактным
  - Введение алгоритма анализа безопасности информационной системы

В условиях дальнейшей унификации соединения устройств, а также бурного развития и внедрения информационных технологий, такой анализ может стать весьма часто используемым инструментом для предсказания эффективности взаимной работы многочисленных устройств.

## Литература

1. А.Кустов, «Жизнь без проводов. Технология BlueTooth»
2. Н.М.Ибрагимов, В.В.Карпенко, Е.А.Коломак, «Регрессионный анализ», 1997
3. «Алгоритмы теории графов», <http://doors.infor.ru/allsrsgalg/index.html>
4. James D. McCabe, «Network Analysis, Architecture and Design»

## ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА «ФЕНИКС»

Соловьев А.С., Карташев О.С., Комаров М.В.

*Научный руководитель: руководитель отдела  
Институт медицинского приборостроения РАМН Халчев Д.В*  
г. Москва, Российская Федерация

### Аннотация

Проект представляет собой экспертную систему адаптированного мониторинга режимов вентиляции легких. Это универсальная система, которая дает рекомендации лечащему врачу по установке режима искусственной вентиляции легких в реальном времени, сигнализируя о смене режима дыхания у пациента. Она также используется для снятия данных у спортсменов во время тренировки на спортивных тренажерах с обратной связью и выдает спортивному врачу или тренеру рекомендации по коррекции нагрузок и внесению изменений в программу тренировок.

Целью данного проекта является создание экспертной системы, совместимой с аппаратами искусственной вентиляции легких (АИВЛ) постоянного потока и спортивными тренажерами с обратной связью, ее установка на аппараты и поставка по государственным контрактам в больницы, медицинские центры, спортивные учреждения. Основной уклон делается на универсальность экспертной системы с возможностью ее применения в дальнейшем для различных типов АИВЛ и на спортивных тренажерах без значительной замены аппаратного функционала, а лишь изменением в программной оболочке.

Сегодня на рынке существует множество различных экспертных систем. Они предназначены для работы в области образования, обороны, промышленности и других областях. В настоящее время с быстрым развитием информационных и коммуникационных технологий, внедрение таких систем стало очень актуальным. Их бесспорными преимуществами перед человеком являются:

- Отсутствие предвзятого мнения
- Взвешенность принимаемых решений
- Возможность быстрого поиска оптимального решения
- Огромные массивы данных, которые могут использоваться для принятия решений



Пример экспертной системы для АИВЛ

В настоящее время многие аппараты не используют экспертные системы. Они лишь формируют режим работы в соответствии с введенными параметрами пациента. В отличие от них, создаваемая экспертная система будет сочетать в себе преимущества существующих систем мониторинга, то есть будет включать оптимальный набор измеряемых параметров, а также будет обладать «экспертными» свойствами, то есть способностью анализировать поступающую на вход информацию и выдавать рекомендации.

При помощи разрабатываемой универсальной системы, станет возможным модернизировать различные типы АИВЛ, а

также создавать спортивные тренажеры с обратной связью с регуляцией режима в реальном времени.

Разрабатываемая система будет выгодно отличаться от уже существующих на рынке. Она будет способна комбинировать данные, поступающие с различных измерительных устройств

аппарата. Аппарат будет отличаться также набором контролируемых параметров. Будут введены новые параметры, которые не контролировались в других аппаратах, например – усилие попытки самостоятельного вдоха в режиме «online». Важным преимуществом станет то, что система будет контролировать работу клапанов подачи и отбора воздуха, что позволит изменять профиль дыхания, не внося изменения в конструкцию аппарата. Использование данной системы позволит проанализировать поступающую информацию и, выдавая рекомендации врачу, значительно облегчить его работу, а также позволить оперативно среагировать на изменение дыхания пациента. В случае спортивных тренажеров, будут выдаваться рекомендации тренеру или спортивному врачу. Благодаря порту Ethernet станет возможным сбор информации по локальной сети и удаленный мониторинг работы аппаратов.

Результатом первого этапа проекта станет разработка опытного образца экспертной системы и его установка на существующий АИВЛ. Опытный образец пройдет тесты на функционирование, эргономику, наличие ошибок в принятии решений. Таким образом будет получен рабочий аппарат, компетентный в принятии решений и точный в измерении характеристик. Производство и внедрение данной системы будет привлекательно для государства. Существующие аппараты с экспертной системой очень дороги и производятся за рубежом, поэтому отечественная платформа, которая помимо установки на новые аппараты, позволит модернизировать уже существующие, несомненно, будет пользоваться спросом у государства. В связи с этим, результатом следующего этапа проекта станет запуск системы в производство, его универсализация и установка на различные типы АИВЛ, а также тренажеры с обратной связью.

В процессе создания системы будет собрана информация из авторитетных источников, научных статей, мнения экспертов. На основе собранных материалов будет разработана уникальная база знаний, уже сама по себе представляющая ценность. Для извлечения и комбинирования информации из базы, будет разработана программа по ее обработке, которая станет основой для выпускаемых экспертных систем и которая будет анализировать поступающие показания датчиков и выдавать рекомендации лечащим, спортивным врачам и тренерам. В систему заносятся проверенные данные о режимах дыхания, допустимые отклонения дыхания пациента при каждом конкретном режиме, нормы оксигенации крови и множество других параметров. Таким образом, система готова предлагать решения при отклонении характеристик от нормы, при попытках самостоятельного дыхания пациента, при изменениях в работе аппарата, необходимости замены дыхательной смеси и т.п.. В систему для тренажеров с обратной связью заносятся сведения о режимах тренировок и о нормах дыхания для различной степени подготовленности спортсмена. Помимо этого любая из систем должна уметь анализировать заложенные в нее знания для принятия решений, а также обеспечивать обратную связь, то есть пополняться за счет анализа числа решений принятых и отвергнутых врачом.



АИВЛ с системой мониторинга

Следующим инновационным результатом станет универсализация экспертной системы. Она будет работать как со стационарными, так и с возимыми АИВЛ различных моделей, со спортивными тренажерами различных типов, с аппаратами для различных возрастных групп граждан.

Подобные разработки ранее не применялись на практике. После анализа существующих предложений было выявлено, что рынок экспертных систем в России только начинает развиваться. Подобные решения предлагаются всего двумя серьезными отечественными

производителями мониторов, приближающихся по своим измерительным возможностям к необходимому уровню – это «Тритон Электроникс», г. Екатеринбург и «Монитор» г. Ростов-на-Дону. Причем, эти мониторы не оснащены базой знаний и не могут выдавать рекомендаций, поэтому разрабатываемая система станет уникальной в своем роде. Ее универсальность позволит модернизировать уже существующие АИВЛ, что позволит получать государственные заказы. Программная настройка системы позволит изменять профили дыхания пациентов для различных случаев и удовлетворять новейшим тенденциям и открытиям в области медицины. Станет возможной реализация «самообучаемости» системы за счет анализа уже принятых решений и предложения новых решений из статистических соображений. Дополнительные возможности дает Ethernet-интерфейс системы. Он позволяет принимать данные по сети и отправлять данные о поведении пациента и аппарата на сервер, где возможно сформировать базу данных пациентов, с помощью которого возможно удаленное наблюдение за одним, либо несколькими пациентами и удаленная корректировка режимов работы. Он также позволяет объединить аппараты в единую экспертную сеть внутри одного медицинского учреждения, что значительно ускорит обучение экспертной системы и централизует работу аппаратов внутри медицинского учреждения.

Вышеприведенные преимущества указывают на востребованность разрабатываемой системы в дальнейшей перспективе среди широкого круга потребителей. Охватывание развивающегося рынка исключает быстрое моральное устаревание продукта, что станет основой для долгосрочных контрактов. Все это говорит об инновационной привлекательности данного проекта для малого предпринимательства.

Основными потребителями разрабатываемых экспертных систем станут государственные и частные медицинские учреждения, а также тренажерные залы и центры подготовки спортсменов.



Применение АИВЛ в больницах

Данная система станет востребована среди врачей и тренеров, так как значительно облегчит их работу. Для популяризации экспертной системы предполагается начать с ее бесплатного распространения с ограниченным сроком действия по медицинским вузам и некоторым фитнес-центрам. После окончания срока действия планируется поставлять систему платно. Также планируется участие в государственных тендерах на медицинское оборудование. Таким образом, затрагивается достаточно большое число учреждений, медицинских и спортивных, для заключения постоянных контрактов на поставку экспертной системы. Государство будет заинтересовано в

приобретении экспертных систем, так как это позволит не производить обновления дорогостоящего оборудования, модернизировать АИВЛ различных типов в поликлиниках, больницах и других учреждениях простой установкой системы и последующим обновлением входящего в нее программного обеспечения. Разрабатываемая экспертная система по принципу работы и функциональным возможностям будет соответствовать зарубежным аппаратам высшего класса, являясь при этом модульным и универсальным по своей конструкции устройством, обеспечит наилучшие показатели качество/стоимость. В отличие от систем мониторинга новых АИВЛ российского производства, разрабатываемая система не будет иметь жестких ограничений на наращивание новых режимов вентиляции благодаря универсальной конструкции, большому количеству модулей расширения и гибкому изменению программной части. По сравнению с зарубежными аппаратами, в разрабатываемой системе планируется не только постоянный мониторинг состояния

пациента, но и выдача рекомендаций врачу по изменению режима вентиляции в реальном режиме времени.

В завершении можно сказать, что разрабатываемая система адаптивного мониторинга режимов вентиляции легких станет отличным предложением для больниц при реанимации, лечении и восстановлении после болезни, для возимых АИВЛ в машинах скорой помощи, для разнообразных спортивных тренажеров, где требуется контроль параметров дыхания и насыщения крови кислородом. Благодаря заложенным в нее знаниям она станет незаменимым помощником для опытных врачей, а также консультантом для начинающих специалистов, реаниматологов, анестезиологов, спортивных врачей, тренеров.

### Литература

1. Бурлаков Р.И., Гальперин Ю.Ш. и Юревич В.М. Искусственная вентиляция легких: Принципы, методы, аппаратура. — М., 1986, библиогр.
2. Зильбер Л.П. Искусственная вентиляция легких при острой дыхательной недостаточности. — М., 1978, библиогр.
3. Зильбер А.П. Клиническая физиология в анестезиологии и реаниматологии. — М.: Медицина. 1984, 480 с, ил.
4. Зильбер А.П. Клиническая физиология для анестезиолога. — М., 1977.- 431 с.

## ИНТЕРНЕТ ГИПЕРМАРКЕТ

**Мочалкин И.В., Шайхутдинов Ар.А., Шайхутдинов Ал.А., Котолевец А.А.,  
Березовский В.С.**

***Научный руководитель: к.т.н., доцент Власов А.И.***

**МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия.**

### **Аннотация**

В настоящее время наблюдается высокий темп роста объемов Интернет торговли, в частности в секторе В2С. Например, в 2006 году по оценкам НАУЭТ (Национальная Ассоциация Участников Электронной Торговли) рост оборота российской интернет-розницы составил 51%, а объем рынка - \$1 млрд., причем в дальнейшем прогнозируется увеличение этого показателя. Растет число людей, желающих совершить покупку, сэкономив время на обход специализированных магазинов. Воспользоваться услугами Интернет-магазина можно отовсюду, где есть доступ во всемирную сеть. Однако, совершая покупки через Интернет, люди сталкиваются с проблемой узкопрофильной ориентации каждого магазина. В реальном мире такая проблема была решена с появлением гипермаркетов – больших магазинов с многосферной ориентацией, объемной товарной базой и широким ассортиментом. Эту же проблему в электронном мире можно решить аналогично. Данный проект – это большой виртуальный гипермаркет с богатейшим выбором товара в различных торговых сферах. Используя такой интернет-магазин, клиенты могут совершать покупки разных товаров одновременно и в одном месте. Проект ориентирован на организацию четкой работы большого Интернет гипермаркета. Составлен перспективный проектный план. Имеется прототип движка с возможностями дальнейшей модернизации в соответствии с условиями рынка. Участники проекта имеют большой опыт в области разработки интернет-сайтов, баз данных и экспертных систем.

Цель данного проекта – создание и организация работы Интернет-гипермаркета, который является совершенно новым игроком на рынке электронной торговли. Итогом данной работы является улучшение жизни людей за счет экономии времени, сил и средств. Проект несет избавление от необходимости совершения покупки в разных торговых точках, либо ожидания доставки от разных поставщиков.

На первом этапе развития основной решаемой задачей с точки зрения науки является выбор варианта комплектации заказа в случае, если товар, предлагаемый гипермаркетом, предоставляется несколькими поставщиками на разных условиях (скидки, стоимость доставки). Второстепенная задача проекта состоит в решении задач логистики (оптимизация транспортных путей, организация взаимодействия большого круга поставщиков с клиентами, организация работы склада, решение проблем доставки), а также в решении проблемы компетенции менеджеров магазина с многосферной ориентацией и объемной товарной баз. Решение последней задачи заключается в создании экспертной системы для персонала, которая улучшит качество обслуживания клиентов.

Процесс осуществления целей проекта включает в себя:

- создание мощной торговой Интернет площадки,
- выведение проекта в ряд лучших Интернет гипермаркетов,
- проведение исследований и решение задач логистики,
- нахождение оптимальных вариантов и путей доставки товаров,
- достижение четкого взаимодействия гипермаркета и поставщиков,
- улучшение качества консультационных функций персонала магазина.

Техническая сторона проекта заключается в создании движка сайта Интернет-гипермаркета, обладающего полным и достаточным набором функциональности для решения всех поставленных задач. Система разрабатывается по модульному принципу и обладает возможностями расширения за счет разработки и внедрения новых модулей. Решение задач логистики и экспертная система для персонала также будут реализованы в виде отдельных модулей, подключаемых к системе.

В данный момент команда располагает одним из лучших на сегодняшний день движков Интернет-магазинов, который является прототипом необходимой системы. Модернизация движка происходит по мере развития проекта и в соответствии с условиями рынка, поэтому система будет оставаться актуальной и соответствующей текущему положению дел на рынке электронной торговли. В ходе программирования сайта, опираясь на собственный опыт и опыт других разработчиков движков, команда использует все основные веб-технологии: JavaScript, скриптовый язык PHP, базы данных SQL, технология AJAX, язык разметки HTML. Весь программный код должен быть технологичным и отвечать соответствующим стандартам. Система в целом должна обладать высокой степенью надёжности и отказоустойчивости, а также в перспективе должна выдерживать большие нагрузки на базу данных и большое количество посетителей, поэтому необходимо предусмотреть выбор надежной платформы и ее качественное администрирование.

Помимо технической стороны проект дополнительно включает сложности, связанные с организацией бизнеса, управлением гипермаркетом и экономической деятельностью. Командой рассмотрены все связанные с этим риски и проведен анализ рынка, по результатам чего проект является перспективным для запуска и дальнейшего развития.

Несмотря на сложность внутренней организации проекта процесс покупки в заявляемом Интернет-гипермаркете очень прост и совершенно прозрачен для клиентов. Его можно представить в виде схемы на рис. 1.



Рис. 1. Схема работы гипермаркета.

## Литература

1. Самоучитель PHP 5 – Д. Колисниченко, изд. Наука и Техника, С-Пб, 2004.
2. PHP: Hypertext Preprocessor <http://php.net>
3. Разработка Web-приложений на PHP и MySQL Пер. с англ./ Томсон Л., Веллинг Л. – 2-е изд., испр. – СПб: ООО «ДиаСофтЮП», 2003 – 672 с.
4. Приложение к газете "[Коммерсантъ](#)" № 210(3786) от 15.11.2007

# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ПРИ ИЗУЧЕНИИ АСПЕКТОВ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Кирбабин О., Шепель А.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент А.И.Власов*  
МГТУ им. Баумана, кафедра ИУ4.

## Аннотация

В работе рассматриваются аспекты применения визуальных моделей системного анализа, позволяющие интуитивно понятно описывать существующий процесс, анализировать его и вносить изменения.

## Введение

В соответствии с современной образовательной парадигмой специалист технического профиля должен обладать ментальной грамотностью и профессионально значимыми личностными качествами, что позволит ему легко адаптироваться к быстро меняющимся условиям производства. Это требует изменения содержания и форм организации учебного процесса и труда преподавателя.

Наряду с этим, для повышения эффективности труда преподавателя необходимо создание автоматизированных рабочих мест. Автоматизированные рабочие места преподавателей технических дисциплин создаются в рамках системы поддержки и управления учебным процессом низшего уровня, то есть уровня преподаватель – студент.

## Методология визуального проектирования как инструмент организации поддержки учебного процесса

Моделирование процесса обучения и проектирование системы информационной поддержки учебного процесса являются очень сложными и трудноформализуемыми задачами. Для их решения необходимо объединить труд множества специалистов (преподавателей, методистов, программистов). А с учетом постоянного изменения учебного процесса (особенно в технических ВУЗах), вызванного быстрым развитием современных технологий, необходимо иметь удобный инструмент, позволяющий изменять модель таким образом, чтобы изменения легко переносились в систему информационной поддержки.

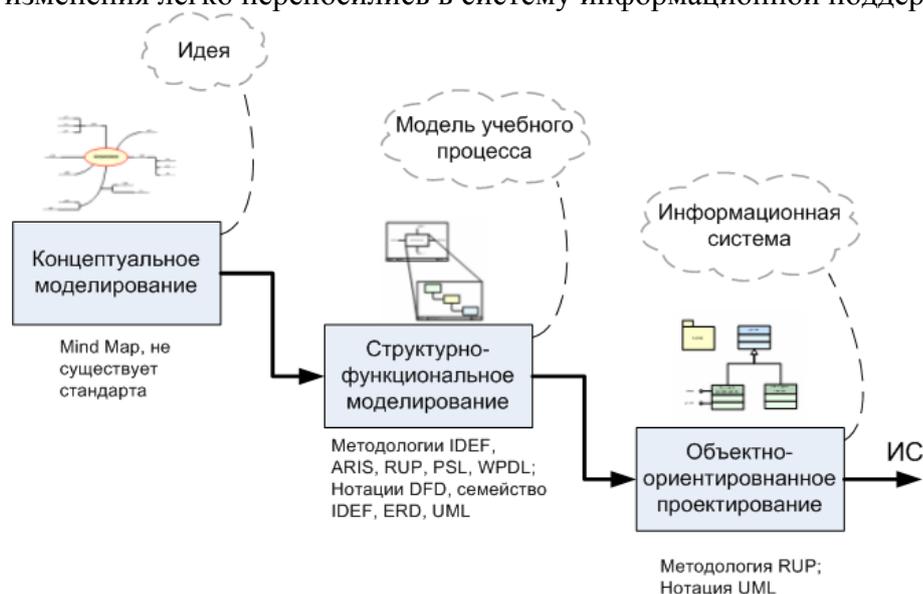


Рисунок 1. Методология визуального проектирования.

Для достижения высокой эффективности при проектировании предлагается использовать методологию визуального проектирования (рисунок 1). Основными ее принципами являются:

- разделение процесса проектирования на различные этапы, требующие на каждом из них работы специалистов соответствующей области;
- использование информации с предыдущего этапа проектирования;
- использование на каждом этапе соответствующих инструментов моделирования, наиболее точно соответствующих требованиям этапа;
- объединение различных этапов в едином процессе проектирования посредством формальной методологии и инструментальных средств, а не посредством разработчиков (рисунок 2).

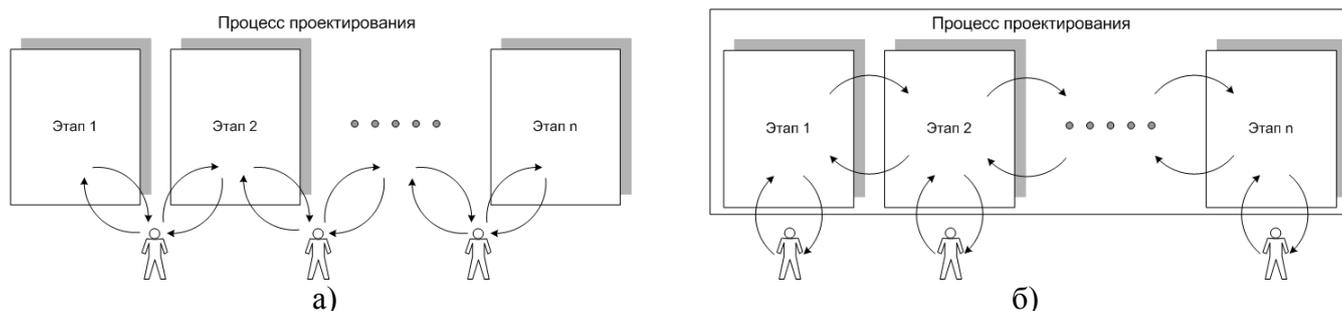


Рисунок 2. Оптимизация традиционного процесса проектирования.

Использование методологии визуального проектирования позволяет производить процесс проектирования «сверху – вниз», начиная с описания основных идей с помощью концептуальных моделей, и заканчивая полновесной разработкой программного обеспечения с помощью моделей UML. Это позволяет организовать работу и взаимодействие специалистов различных предметных областей, избегать грубых ошибок и поддерживать все уровни модели в актуальном состоянии при итеративном подходе к проектированию. Кроме того, визуальное проектирование является наиболее простым для понимания и освоения.

В рамках данной работы наряду с методологией сквозного визуального проектирования разрабатывается система визуального проектирования, позволяющая на практике реализовать описанный подход, автоматизировать множество рутинных операций и, главное, автоматически преобразовывать модели разных этапов.

### ***1. Управление моделью учебного процесса***

На этапе структурно-функционального моделирования строится модель учебного процесса. Она позволяет с помощью функционала системы визуального проектирования производить анализ и оптимизацию существующего процесса. Кроме того, система предоставляет возможность контролировать производимые изменения и поддерживать модель на протяжении всего жизненного цикла.

### ***2. Проектирование системы поддержки учебного процесса***

На основании созданной модели учебного процесса, система визуального проектирования строит каркас будущей модели информационной системы. Это позволяет учесть особенности обучения при проектировании программного обеспечения, не упустив важных деталей. Далее специалист дорабатывает модель необходимым образом и на основе полученной модели разрабатывается система поддержки учебного процесса.

При внесении изменений в модели верхнего уровня, система визуального проектирования отслеживает взаимосвязи с моделью программного обеспечения, внося в нее

необходимые изменения и предотвращая несоответствия между учебным процессом и системой его поддержки.

### **Заключение**

Таким образом, с использованием методологии визуального проектирования, мы получаем возможность создания модели учебного процесса и информационной системы его поддержки, которые будут не только соответствовать текущему процессу обучения, но и преобразовываться по мере внесения изменений в процесс обучения в будущем.

### **Литература**

1. *Маклаков С.В.* Моделирование бизнес процессов с AllFusion Process Modeler. – М.: Диалог МИФИ, 2003. – 240 с
2. *Шеер А.В.* Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы. – М.: Весть-МетаТехнология, 1999.
3. *Иванова Г.С.* Технология программирования. – М.: издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002.
4. *Уэнди Боггс, Майкл Боггс.* UML и Rational Rose. – издательство ЛОРИ, 2001.

# SOA И WEB-СЕРВИСЫ. СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АРХИТЕКТУРА

**Павлычев А. И.**

*Научный руководитель: к.т.н., доцент Власов А. И.*  
Кафедра ИУ4, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия  
[a.pavlychev@gmail.com](mailto:a.pavlychev@gmail.com)

## SOA AND WEB SERVICES. SERVICE-ORIENTED MODELING AND ARCHITECTURE

**Pavlychev A. I.**

*Scientific assistant: Ph. D. Vlasov A.*  
BMSTU, Moscow, Russia

### **Аннотация**

В данной статье обсуждаются ключевые вопросы сервис-ориентированного моделирования и архитектуры. Здесь рассматриваются ключевые мероприятия, обходимые для анализа и разработки при построении Сервис-Ориентированной Архитектуры (Service-Oriented Architecture или SOA).

### **Abstract**

This article discusses the highlights of service-oriented modeling and architecture; the key activities that you need for the analysis and design required to build a Service-Oriented Architecture (SOA).

### **Значение SOA**

По словам Клива Финкельштейна (Clive Finkelstein), автора инфотехники (information engineering), до появления концепции SOA при разработке систем в качестве отправного момента для программирования бизнес-логики использовались диаграммы рабочих потоков и блок-схемы систем. Разработанные вручную программы тщательно тестировались, после чего внедрялись. Сегодня ситуация изменилась коренным образом: современные инструменты управления бизнес-процессами позволяют обойтись без ручной разработки и тестирования. Так, с помощью методов моделирования можно проверять корректность исполнения бизнес-логики, представленной в диаграммах, а затем автоматически получать описания этих диаграмм на XML-языках управления бизнес-процессами.

По мнению Клива Финкельштейна, такая технология управления бизнес-процессами является большим шагом вперед с точки зрения повышения эффективности разработки систем; по значимости ее можно сравнить с созданием в конце 50-х годов компиляторов языка высокого уровня. Действительно, данный подход позволяет упростить вызов Web-сервисов из любого местоположения и их выполнение на основе бизнес-правил. Кроме того, при изменении этих правил, корректируется соответствующая логика в диаграммах: диаграммы автоматически генерируются заново. Таким образом, закладываются предпосылки для перехода от медленного ручного кодирования, используемого сейчас при создании систем, к автоматизированному. Благодаря этому компании смогут реализовывать изменение бизнес-правил за минуты или часы, а не за месяцы или годы.

### **Что такое сервис-ориентированная архитектура?**

Сервис-ориентированная архитектура (Service-Oriented Architecture или SOA) - это компонентная модель, которая связывает различные функциональные модули приложений, называемые сервисами (или службами), посредством четко определенных интерфейсов и соглашений между этими сервисами. Интерфейсы определяются независимым способом, и не должны зависеть от аппаратной платформы, операционной системы или языка программирования, на котором реализован сервис. Такой подход позволяет создавать

сервисы на различных системах, которые взаимодействуют друг с другом единообразным и стандартным образом.

Наличие независимого определения интерфейса, которое не связано жестко с конкретной реализацией, известно как слабая связь (loose coupling) между сервисами. Достоинством слабосвязных систем является быстрота и возможность выдерживать эволюционные изменения в структуре и реализации каждого отдельно взятого сервиса, которые составляют приложение в целом. С другой стороны, жесткая связь (tight coupling) подразумевает, что интерфейсы различных компонент приложения сильно взаимосвязаны по функциональности и взаимодействию, что делает их достаточно уязвимыми, когда меняется одна из частей приложения.

### Что такое Web-сервисы?

Web-сервисы (Web-службы) - это технология, которая позволяет приложениям взаимодействовать друг с другом независимо от платформы, на которой они развернуты, а также от языка программирования, на котором они написаны. Web-сервис это программный интерфейс, который описывает набор операций, которые могут быть вызваны удаленно по сети посредством стандартизированных XML-сообщений. Для описания вызываемой операции или данных используются протоколы, базирующиеся на языке XML. Группа Web-сервисов взаимодействующая друг с другом подобным образом, определяет приложение Web-сервисов в рамках сервис-ориентированной архитектуры (Service-Oriented Architecture - SOA).

Web-сервисы используют XML, при помощи которого можно описать любые данные независимым от платформы способом для обмена информацией между системами, что, в свою очередь, приводит к слабо-связным приложениям. Кроме того, Web-сервисы могут функционировать на более высоком уровне абстракции, анализируя, модифицируя или обрабатывая типы данных динамическим образом по требованию. Значит, с технической точки зрения, Web-сервисы могут обрабатывать данные значительно легче, предоставляя возможность программному обеспечению взаимодействовать более открыто.

### Сервис-ориентированная архитектура: концептуальная модель

Данная концепция основывается на архитектурном стиле, определяющем модель взаимоотношений между тремя основными сторонами – **поставщиком**, **потребителем** и **посредником** сервиса. Поставщик сервиса публикует описание сервиса и обеспечивает его реализацию.



Рисунок 1. Концептуальная модель архитектурного стиля SOA

Потребитель сервиса для нахождения описания сервиса может напрямую использовать универсальный идентификатор ресурса (URI) или же может найти описание в реестре сервиса, с последующей привязкой и вызовом сервиса. Посредник сервиса обеспечивает и обслуживает реестр сервиса, хотя в настоящее время публичные реестры используются редко.

### Архитектурный стиль и основные принципы

Архитектурный стиль, определяющий SOA, описывает набор параметров и рекомендаций для создания слабосвязанных бизнес-ориентированных сервисов. Эти сервисы из-за разделения участия между описанием, реализацией и привязкой обеспечивают беспрецедентную гибкость в реагировании на новые бизнес ситуации возможности.

Архитектура SOA является масштабируемой IT-архитектурой на уровне предприятия для соединения ресурсов по требованию. В архитектуре SOA ресурсы доступны для участников предприятия, линии бизнеса и т.д. (обычно путем распространения множества приложений в предприятии или между несколькими предприятиями). Она состоит из набора бизнес-ориентированных IT-сервисов, которые коллективно удовлетворяют задачам и бизнес-процессам организации. Эти сервисы можно группировать в композитные приложения и вызывать их через стандартные протоколы.



Рисунок 2. Атрибуты SOA

Сервисы можно повторно использовать между внутренними единицам бизнеса, или между распределенными бизнес-партнерами в так называемой модели фрактальной реализации. Фрактальная реализация заключается в возможности композитного применения архитектурным стилем своих моделей и ролей, связанных с участниками, к собственной модели взаимодействий. Это применимо как к одному ярусу в архитектуре, так и ко множеству ярусов во всей архитектуре предприятия. В проектах такие взаимодействия могут осуществляться между бизнес-единицами и бизнес-партнерами в распределенной сети однородным и концептуально масштабируемым способом.

### Контекст

Для перенесения на SOA нам необходимы некоторые дополнительные элементы, выходящие за пределы сервисного моделирования:

- **Модели выбора и готовности.** Насколько созрело ваше предприятие для перехода на архитектуру SOA и Web-сервисы? Каждый уровень готовности имеет свои требования.
- **Общая оценка.** Есть ли у вас планы? Хорошо ли вы знакомы с Web-сервисами? Насколько хороша ваша архитектура? Следует ли вам идти в том же направлении? Подойдет ли вашей задаче корпоративная архитектура SOA? Решили ли вы все свои вопросы и задачи?

- **Определение стратегии и планирование.** Как вы планируете осуществить переход на SOA? Какие шаги, инструменты, методики, технологии, стандарты и приготовления вам следует принять во внимание? Каков ваш план и видение, как вы собираетесь достичь цели?
- **Управление.** Должен ли существующий API или возможность стать сервисом? Если нет, то что является приемлемым? Каждый сервис должен быть создан с целью принесения бизнесу некой выгоды. Как вы будете управлять этим процессом без точной стратегии?
- **Реализация лучших способов.** Какие из проверенных способов реализации безопасности, производительности и соответствия стандартам обеспечения совместимости нужно изменить?

В дополнение к идентификации, спецификации и реализации, описанным в данной статье, в сервис-ориентированный подход моделирования включены методики, необходимые для развертывания, мониторинга и управления, обеспечивающие полный жизненный цикл SOA.

### Архитектурный шаблон для SOA

Отношения между сервисами и компонентами заключаются в том, что компоненты уровня предприятия (разветвленные компоненты предприятия или бизнес-линии) реализуют сервисы и несут ответственность за обеспечение их функциональности и качества обслуживания. Поток бизнес-процессов может опираться на то, что я называю *хореографией* (объединением) раскрытых сервисов в композитные (составные) приложения. Архитектура интеграции поддерживает маршрутизацию, посредничество и трансляцию этих сервисов, компонентов и потоков с использованием *корпоративной сервисной шины* (Enterprise Service Bus - ESB). Развернутые сервисы должны контролироваться и управляться для обеспечения качества сервиса и строгого соблюдения не функциональных требований.

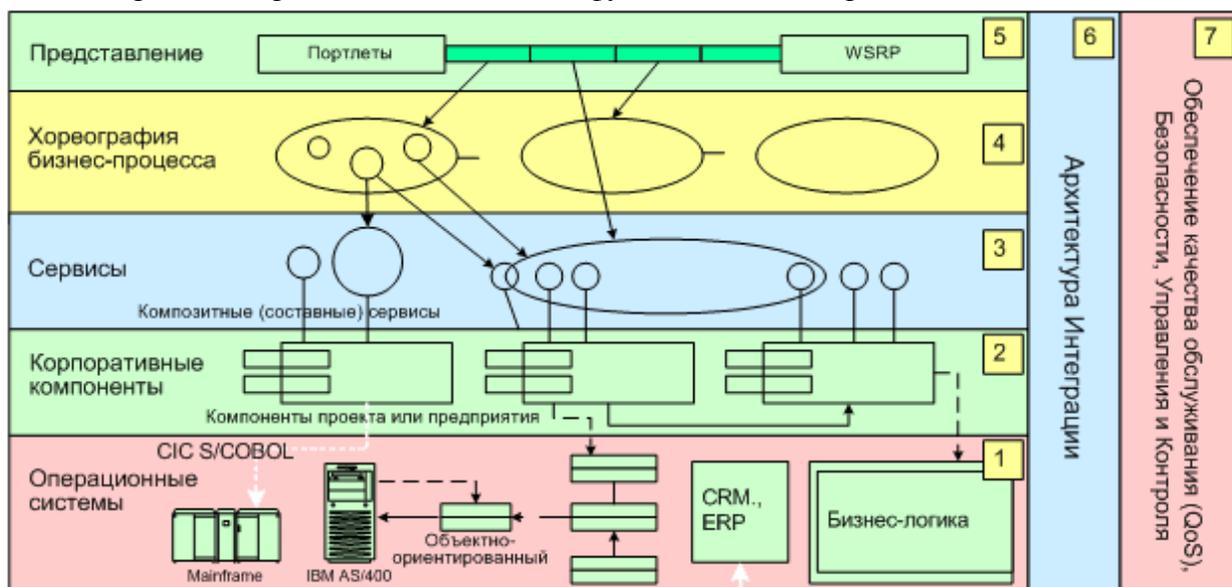


Рисунок 3. Уровни SOA

- ✓ **Уровень 1: Уровень операционной системы.** Состоит из существующих заказных приложений, называемых также *унаследованными системами*. Включает в себя существующие упакованные приложения системы управления взаимосвязями (CRM) и планирования ресурсов предприятия (ERP), а также *ранние* объектно-ориентированные реализации системы, а заодно и приложения для управления бизнесом. Многоуровневая архитектура SOA может помочь улучшить уже

существующие системы и способствовать их интеграции с использованием сервис-ориентированных методов.

- ✓ **Уровень 2: Уровень корпоративных компонентов.** Корпоративные компоненты несут ответственность за обеспечение функциональности и поддержание качества обслуживания (QoS) сервисов. Эти компоненты являются управляемым, регулируемым набором корпоративных средств которые расположены на уровне корпоративной или бизнес-единицы. Как средства корпоративного масштаба, они несут ответственность за обеспечение соответствия соглашениям об уровне услуг (SLA) путем применения лучших методов проектирования. Для реализации компонентов, управления рабочей нагрузкой, отказоустойчивостью и балансирования нагрузки данный уровень обычно использует такие технологии, основанные на использовании контейнеров, как серверы приложений.
- ✓ **Уровень 3: Уровень сервисов.** В этом уровне находятся сервисы, отобранные бизнесом. Они могут быть *выявленными* или же быть статически связанными и в последствии собранными в композитный (составной) сервис. Данный уровень раскрытия сервисов обеспечивает механизм для принятия компонентов масштаба предприятия, специальных бизнес-компонентов, а в некоторых случаях и компонентов для определенного проекта. Кроме этого он выводит подмножество их интерфейсов в форму описания сервисов. Таким образом, корпоративные компоненты обеспечивают реализацию сервиса в период работы, используя функциональность, предоставленную их интерфейсами. В данном уровне интерфейсы экспортируются как описания сервиса, в котором они раскрыты для использования. Они могут существовать отдельно или как композитный (составной) сервис.
- ✓ **Уровень 4: Уровень объединения (хореографии) бизнес процессов.** В этом уровне определяется способы объединения сервисов, определенных в Уровне 3. Сервисы связаны в поток путем группировки (хореографии) и, следовательно, они действуют совместно как отдельное приложение. Подобные приложения поддерживают особые ситуации и бизнес-процессы. Здесь для проектирования потоков приложения могут использоваться такие визуальные инструменты компоновки, как IBM® WebSphere® Business Integration Modeler или Websphere Application Developer Integration Edition.
- ✓ **Уровень 5: Уровень доступа или презентации.** Несмотря на то, что этот уровень обычно упускается при обсуждении SOA, постепенно он становится все более значимым. Здесь он изображен по причине возрастающей конвергенция стандартов, таких как Web Services for Remote Portlets Version 2.0 и других технологий, стремящихся вывести Web-сервисы на уровень интерфейса приложения или презентации. Этот уровень можно представить как уровень, который необходимо принять во внимание в последующих разработках. Важно также обратить внимание на то, что SOA отделяет пользовательский интерфейс от компонентов, и в качестве альтернативы вам может потребоваться обеспечение сквозного решения между каналом доступа и сервисом или набором сервисов.
- ✓ **Уровень 6: Интеграция (ESB).** Этот уровень допускает интеграцию сервисов путем представления проверенного набора таких возможностей, как интеллектуальная маршрутизация, посредничество протоколов и других механизмов преобразований, обычно описанных как ESB. Язык описания Web-сервисов (WSDL) определяет связь, которая включает в себе местонахождение предоставляемого сервиса. С другой стороны, ESB для интеграции обеспечивает механизм, независимый от местонахождения.
- ✓ **Уровень 7: Качество обслуживания (QoS).** Этот уровень предоставляет возможности для мониторинга, управления и поддержки таких аспектов качества обслуживания, как обеспечение безопасности, производительности и доступности. Он является фоновым процессом, использующим механизмы запросов и ответов, и инструменты, контролирующие общее состояние приложений SOA. Сюда включены

все важные стандартные реализации WS-Management и других значимых протоколов и стандартов, реализующих качество обслуживания для SOA.

### Как подойти к сервисно-ориентированному моделированию и архитектуре

Наиболее разумный подход: вначале следует выполнить нисходящий подход, управляемого бизнесом, затем моделирование типа задача-сервис, и, наконец, восходящий анализ унаследованных средств. Чем быстрее вы приведете проект к управляемому и реалистичному набору, тем раньше вы сможете реализовать задачу, сфокусировавшись на ключевых сервисах, которые необходимо раскрыть, с описаниями сервисов, которые формируют краеугольный камень SOA.

Сервис-ориентированная интеграция является развитием Интеграции Приложений Предприятий (Enterprise Application Integration, сокр. EAI), в которой собственные связи заменяются связями, основанными на стандартах. Такая связь осуществляется через понятие ESB, в котором местоположение является прозрачным, и обеспечивает гибкий набор возможностей маршрутизации, посредничества и преобразования.

### Сервис-ориентированное моделирование: анализ и проектирование сервисов

При проектировании SOA необходимо принять во внимание две перспективы в SOA – потребителя и поставщика сервиса. Посредник сервиса на данный момент не участвует в основном потоке.

Роль	Проводимые мероприятия				
Потребитель	Идентификация сервиса	Категоризация сервиса	Решения по раскрытию сервиса	Хореография или композиция	Качество обслуживания
Поставщик	Идентификация компонента	Спецификация компонента	Реализация сервиса	Управление сервисом	Реализация стандартов
	Привязка сервиса к компонентам	Разбиение SOA на уровни	Создание технического прототипа	Выбор продукта	Архитектурные решения (состояние, поток, зависимости)

Рисунок 4. Мероприятия по обеспечению сервис-ориентированного моделирования

Мероприятия, описанные выше, можно отобразить в виде потоков в сервис-ориентированном моделировании и архитектурном методе



Рисунок 5. Метод сервис-ориентированного моделирования и архитектуры

Процесс сервис-ориентированного моделирования и построения архитектуры состоит из трех основных шагов: идентификации, спецификации и реализации сервисов, компонентов и потоков (обычно путем объединения сервисов).

### **Идентификация сервиса**

Данный процесс состоит из:

- комбинации нисходящих
  - восходящих и исходящих методик декомпозиции сферы влияния (домена)
  - анализа существующих средств и моделирования задач и средств для ее решения
- моделирования сервисов

### **Классификация или категоризация сервиса**

Данное мероприятие осуществляется при идентификации сервисов. Очень важно начать классификацию сервиса в иерархии сервисов, отражая композитную или фрактальную природу сервисов – сервисы могут и должны быть скомпонованы из более тонкоструктурных компонентов и сервисов. Классификация помогает определить композицию и иерархическое представление, а также скоординировать построение взаимозависимых сервисов и их иерархии. Кроме этого, она помогает смягчить синдром роста сервисов, при котором увеличивающееся количество тонкоструктурных сервисов определяется, проектируется и размещается с небольшим управлением. Это приводит к увеличению производительности, масштабируемости и упрощению в управлении. Наиболее важным здесь является то, что рост количества сервисов не обеспечивает сервисы, полезные для бизнеса, что позволяет достигнуть экономии от масштаба.

### **Анализ подсистемы**

В данном мероприятии берутся подсистемы, найденные в результате декомпозиции домена и определяются взаимозависимости и потоки между ними. В нем также выявляются случаи использования, идентифицированные во время декомпозиции домена как раскрытые сервисы в интерфейсе подсистемы. Анализ подсистемы заключается в создании моделей объекта для представления внутренних выработок и конструкций подсистем, раскрывающих и анализирующих сервисы. Проектная конструкция "подсистемы" впоследствии реализуется, как конструкция реализации крупноструктурного компонента, реализующего сервисы в данном мероприятии.

### **Спецификация компонента**

В этом важном мероприятии определяются следующие детали компонента, реализующего сервисы:

- **Данные**
- **Правила**
- **Сервисы**
- **Настраиваемый профиль**
- **Вариации**

Здесь также задаются спецификации обмена сообщениями, спецификации событий и дается определение управления.

## Реализация сервиса

На этом этапе выявляется, что программное обеспечение, реализующее данный сервис должно быть выбрано или создано на заказ. Другие доступные альтернативы включают в себя интеграцию, преобразование, подписку и привлечение внешних ресурсов функциональных частей с использованием Web-сервисов. Здесь вы принимаете решение, какой модуль унаследованной системы будет использоваться для реализации данного сервиса, а какой будет построен заново, "с нуля". Кроме этого, существуют решения реализации и для других сервисов, не включающих бизнес-функциональность, а именно – обеспечение безопасности, управление и контроль сервисов.

## Литература

15. Официальный сайт компании IBM. // <http://www.ibm.ru>.
16. Сайт для разработчиков IBM developerWorks. // <http://www.ibm.com/developerworks/ru>.
17. Intersoft Lab // <http://www.iso.ru>.