

Бейлекчи Д.В., Савинов С.В.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: kaf-eivt@yandex.ru*

Оценка аппаратно-программной структуры при разработке устройства приема текстовой информации и аудиопотока системы громкоговорящей связи

Основными задачами при создании специализированных систем телекоммуникаций являются задачи оптимизации их структуры, протоколов связи, программных алгоритмов, а также структуры аппаратной части систем по различным критериям, например, по критерию повышения эффективности и надежности передачи информации в условиях помех.

Аппаратно-программная структура устройств систем телекоммуникаций может рассматриваться как сложная структурированная система с большим числом входов и элементов. Выбор структурных программных и аппаратных элементов при проектировании или модернизации программного и аппаратного обеспечения можно формулировать как решение задачи при многокомпонентном критерии. [2]

Рассматриваемый метод предполагает синтез допустимых структур устройств и отбор из множества аппаратных и программных средств только тех сочетаний, количественные значения параметров которых удовлетворяют требованиям технического задания и установкам разработчика. [1]

Оценка совокупности количественных показателей сочетания j -того аппаратного и k -того программного набора и выбор на их основе набора сочетаний осуществляется в соответствии с критериями:

$$F_{j/k} = \sqrt{\sum_{\forall \Psi} \rho_i Q_{\Psi}^2},$$

где $\Psi \subset \{i, j, k\}$; $i=1, n_j$; $j=1, m$; $k=1, s$;

n_j - общее количество оцениваемых параметров,

m - количество аппаратных наборов,

s - количество программных наборов,

ρ_i - критерий важности i -того параметра аппаратного набора.

При этом,

$$\sum_{\forall \Psi} \rho_i = 1; \quad Q_{\Psi} = \frac{a_{ij} - b_{ik}}{c_i} = \pm \frac{\Delta_{ij/k}}{c_i},$$

где a_{ij} , b_{ik} - требования к значению i -го параметра j -ой аппаратной компоненты и k -ой программной компоненты для конкретного сочетания при совместном их применении, c_i - нормирующий коэффициент для i -го параметра.

Чем больше параметр $F_{j/k}$ тем большими возможностями обладает конкретное сочетание для реализации дополнительных алгоритмических возможностей после того, как часть ресурсов уже задействована на реализацию управляющего алгоритма.

Метод применялся для разработки устройства системы приема текстовой информации и аудиопотока через сеть Ethernet. Была произведена оценка аппаратных конфигураций, по нескольким критериям основными из которых являются критерий стоимости реализации устройства с учетом требуемой производительности процессора ($G_{j/k}$), а также требуемый объем оперативной памяти ($V_{j/k}$), необходимый для промежуточного хранения принимаемых и передаваемых аудиоданных.

Зависимость величин критериев от предлагаемой аппаратно-программной структуры устройства приведена на рисунке 1.

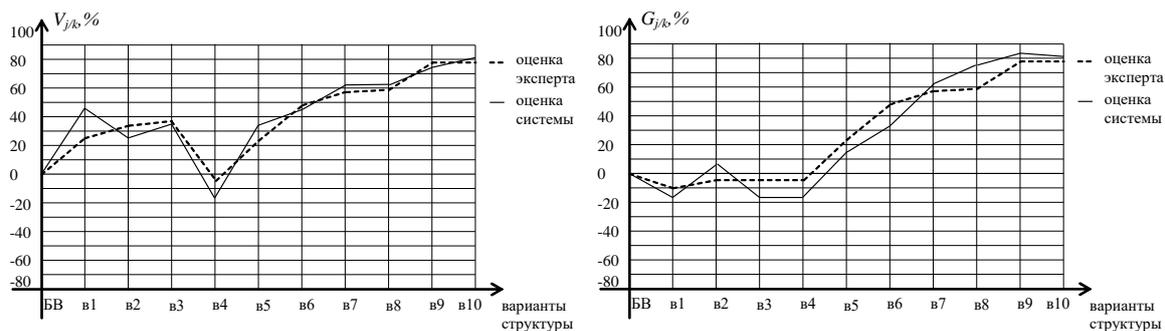


Рис. 1. Зависимость величин критериев от предлагаемой аппаратно-программной структуры устройства в процентном соотношении с базовым вариантом устройства.

Из рисунка 1 видно, что система, реализующая описанный метод, выполняет оценку близкую к экспертной (расхождение не более 15%). В ходе дальнейшей разработки устройства были получены данные о том, что полученная оценка системы по критерию стоимости (G_{jk}) ближе, чем экспертная оценка, к реальному показателю на 10-20%.

Было определено, что с учетом критерия стоимости для реализации функций заданных техническим заданием оптимальной конфигурацией является применение двух микроконтроллеров – управляющего на базе микросхемы PIC18F67J60 и вспомогательного PIC16F628.

Также при оценке программной реализации протоколов связи и систем декодирования аудиопотока, с учетом критериев производительности выбранного микроконтроллера и объема встроенной оперативной памяти, было показано, что согласно дополнительным функциям заданным в техническом задании вместо программного алгоритма декодирования аудиопотока MP3 и AAC, оптимальнее реализовать аппаратный декодер на базе микросхемы VS1011E, а ресурсы управляющего микроконтроллера использовать для реализации алгоритма реализующего протокол SSL обеспечивающий защищенный канал для подключения к серверу трансляции аудио-потока и получения информации о аудиопотоках. При этом для обеспечения передачи данных и аудиопотока достаточно реализации интерфейса Ethernet на скорости 10 Мбит/с.

Литература

1. Бейлекчи, Д.В. Метод определения критериев оценки оптимизации аппаратно-программной структуры устройств систем телекоммуникаций // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2013. - №1. – С. 32-36.
2. Кропотов Ю.А., Пармонов А.А. Методы проектирования алгоритмов обработки информации телекоммуникационных систем аудиообмена: моногр.- М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015.- 226с.

Алгоритм подавления шумовых составляющих временных рядов методом вычисления детализирующих коэффициентов с последующим трешолдингом

При вейвлет-анализе временных рядов в системах экологического мониторинга загрязняющих выбросов, детализирующие коэффициенты разложения содержат разнообразные шумовые и флуктуационные составляющие, искажающие полезный сигнал, полученный с датчиковой аппаратуры. Возникновение шумовых, помеховых составляющих во временных рядах данных может стать следствием характерных для датчикового оборудования погрешностей сбора, искажением полезного сигнала, которое имеет место при передаче по каналам и интерфейсам системы мониторинга. Шумы, флуктуации временного ряда вносят погрешность в оценку анализа его компонент, тем самым формируют ряд данных и соответственно восстановление с повышенными погрешностями [1].

Можно отметить, что использование в формуле восстановления аппроксимирующих коэффициентов n -ого уровня, полученных путем локальных усреднений с i -ой скейлинг-функцией на каждом уровне вейвлет-разложения $0 < i \leq n$, позволяет осуществить многоуровневую статистическую обработку входного временного ряда. Это существенно ослабляет компоненты шумовых флуктуаций. При этом дополнительное ослабление влияния шумовых компонент может быть получено пороговой обработкой коэффициентов детализации применением алгоритма сглаживания. Полученные при вейвлет обработке временного ряда данных детализирующие коэффициенты разложения содержат высокочастотную (уточняющую) информацию разных уровней вейвлет-разложения, в них также сосредоточены достаточно высокого уровня шумовые и помеховые составляющие [2-3].

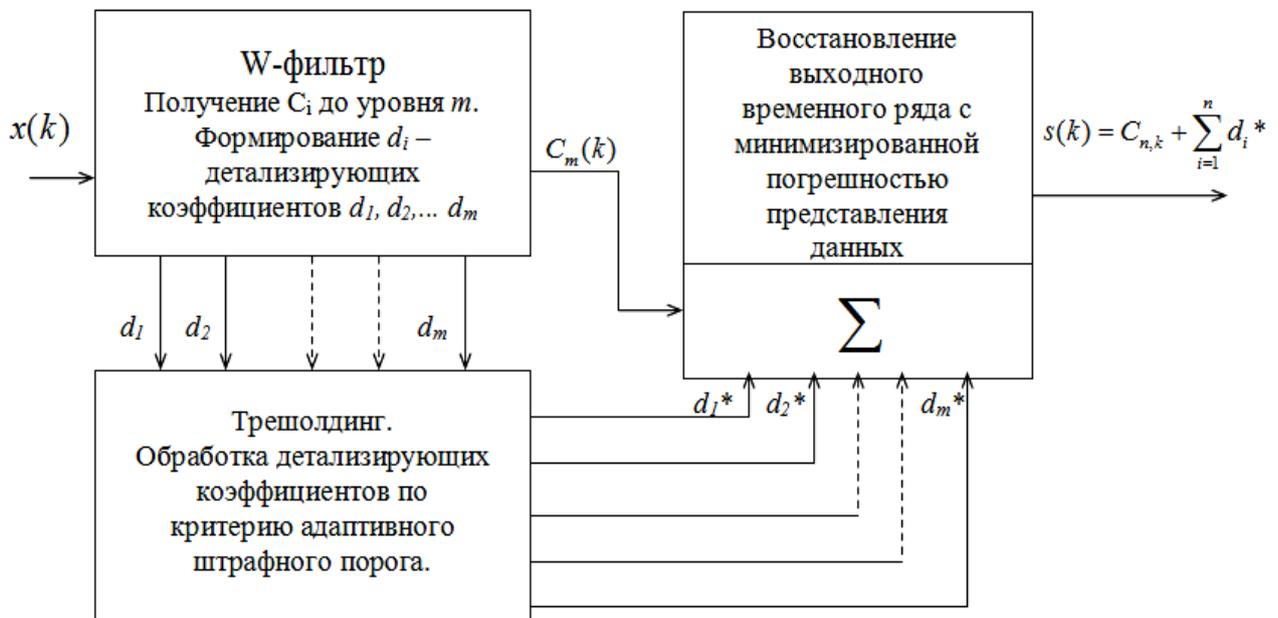


Рис. 1. Вейвлет-обработка временного ряда

В связи с этим, пороговая обработка детализирующих коэффициентов является эффективным методом для дополнительного подавления шумовых и помеховых компонент. Алгоритм сглаживания детализирующих коэффициентов временного ряда данных или алгоритм их пороговой обработки путем обнуления значений детализирующих коэффициентов, которые не превышают заданный пороговый уровень, позволяют получить увеличенное отношение

сигнал/шум (ОСШ). Алгоритм вейвлет обработки временного ряда $x(k)$ для получения данных $s(k)$ с пониженной погрешностью представления данных представлен на рис. 1.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-48-330726 p_a

Литература

1. Проскуряков А.Ю. Автоматизированная система мониторинга загрязняющих выбросов промышленных производств на локальном уровне: дис. канд. техн. наук: 05.11.13 [Место защиты: ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК»]. – Орел, 2014 г. – 150 с.
2. Белов А.А., Кропотов Ю.А., Проскуряков А.Ю. Вопросы обработки экспериментальных временных рядов в электронной системе автоматизированного контроля // Вопросы радиоэлектроники. 2010. Т. 1. № 1. С. 95-101.
3. Белов А.А., Кропотов Ю.А. Исследование вопросов сжатия и поиска картографической информации методом вейвлет-преобразований в экологической геоинформационной системе//Вестник компьютерных и информационных технологий. 2008. № 12. С. 9-14.

Колпаков А.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: desT.087@gmail.com*

Модель прогнозирования производительности гетерогенной вычислительной системы

Современные графические процессоры (graphic processor unit, GPU) – это параллельные процессоры. Точнее, они известны как потоковые процессоры, поскольку они способны выполнять различные функции в потоке входящих данных. Они представляют собой усовершенствованные архитектуры, которые предназначены для параллельной обработки данных (в первую очередь графических). На текущий момент они являются чрезвычайно мощными программируемыми процессорами, возможностями архитектуры MIMD с некоторыми ограничениями.

По мере развития технологий, языков и аппаратного обеспечения исследователи смогли использовать дополнительную гибкость графических процессоров при развертывании неграфических приложений на GPU (GPGPU), особенно при обработке изображений. Более подробно история развития GPGPU представлена в работе [1].

Дальнейшим импульсом развития стало появление CUDA, среды разработки GPGPU на основе C от NVIDIA. CUDA позволяет разработчикам, незнакомым с графическим программированием, писать код, который может быть выполнен на графическом процессоре. CUDA предоставляет необходимые абстракции для разработчика для написания многопоточных программ с небольшим знанием или без знания графических API. С тех пор для графических процессоров разработано множество реализаций распараллеленных приложений, многие из которых предлагают значительное ускорение по сравнению с последовательными реализациями на процессоре.

Модель, которая приведена в данной работе, представляет собой комбинацию известных моделей параллельных вычислений. Учитывая сложную архитектуру графического процессора, ни одна из этих моделей не является полной, и требуется комбинация из них наряду с несколькими расширениями. При разработке модели использовались:

1. Модель PRAM [2];
2. Модель BSP [3];
3. Модель QRQW [4].

Программы CUDA записываются в единицах, называемых ядрами. Нити начинаются синхронно в начале каждого ядра и синхронизируются в конце каждого ядра. Таким образом, основной единицей синхронизации в программе CUDA является ядро. Это очень близко подходит к модели параллельных вычислений BSP с неявным вызовом для синхронизации в конце каждого ядра. Однако следует обратить внимание, что в то время как в модели BSP синхронизация выполняется через регулярные интервалы в L единиц времени, представленная модель устраняет это требование. Учитывая отсутствие какой-либо инфраструктуры маршрутизации в графическом процессоре, модель BSP используется только в том, что касается понятия супершагов [3].

Окончательное уравнение выглядит следующим образом:

$$T(K) = \frac{N_B(K) \cdot N_w(K) \cdot N_t(K) \cdot C_T(K)}{N_C \cdot D \cdot R} \quad (1)$$

Поскольку каждое ядро может иметь различную структуру по числу блоков, warp-ов на каждый блок и т. д., эти величины определяются в соответствии с ядром.

Все параметры разработанной модели приведены в таблице 1.

Таблица 1. Список параметров разработанной модели

Параметр	Описание
D	Глубина конвейера ядра
N_c	Количество ядер на SM
R	Тактовая частота GPU
$C_i(K)$	Максимальное количество тактов, потребляемое любой нитью в ядре K
N_t	Количество потоков в warp = 32
N_w	Количество warp-ов на блок
$N_B(K)$	Количество блоков на ядро
K_i	i-е ядро на графическом процессоре
T(K)	Время, затраченное ядром K
T(P)	Время, затраченное программой P

В данной работе представлена модель прогнозирования производительности гетерогенной компьютерной системы в телекоммуникациях. Главное ее достоинство – это адекватная оценка возможного времени работы алгоритма при различных параметрах работы GPU, что позволяет оценить время выполнения всей задачи в целом без необходимости проведения экспериментальных исследований. Стоит заметить, что оценка, полученная с использованием разработанной модели, могла бы быть более точной, однако для этого требуется информация об аппаратной реализации механизмов работы графического процессора, которая, к сожалению, производителем не предоставляется.

Литература

1. Owens, J. D. A survey of general-purpose computation on graphics hardware. / J. D. Owens, D. Luebke, N. Govindaraju, M. Harris, J. Kruger, A. E. Lefohn, T. J. Purcell. //Computer Graphics Forum. – 2007. – vol. 26(1). – P. 80–113.
2. Fortune, S. Parallelism in Random Access Machines / S. Fortune, J. Wyllie. // Proceedings of 10th Annual ACM Symposium on Theory of Computing (STOC), ACM New York, NY, USA. – 1978. – P. 114-118.
3. Valiant, L. G. A Bridging Model for Parallel Computation / L. G. Valiant. // Communications of the ACM. – 1990. – vol. 33, no. 8. – P. 103-111.
4. Gibbons P. B. The Queue-Read Queue-Write PRAM Model: Accounting for Contention in Parallel Algorithms / P. B. Gibbons, Y. Matias, V. Ramachandran. //SIAM Journal of Computation. – 1999. – vol. 28, no. 2. – P. 733-769.
5. CUDA C Programming Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://docs.nvidia.com/cuda/pdf/CUDA_C_Programming_Guide.pdf (20.11.2017).
6. Helman, D. R. Designing Practical Efficient Algorithms for Symmetric Multiprocessors / D. R. Helman, J. JaJa. // Lecture Notes in Computer Science 1619, International Workshop ALENEX'99. – 1999. – pp. 37-56.
7. Колпаков, А.А. Advanced mixing audio streams for heterogeneous computer systems in telecommunications / А.А. Колпаков, Y.A. Kropotov.//CEUR Workshop Proceedings, 2017, Vol. 1902, pp. 32-36.
8. Колпаков, А. А. Теоретическая оценка роста производительности вычислительной системы при использовании нескольких вычислительных устройств / А.А. Колпаков // В мире научных открытий. – 2012. – №1. – С. 206-209.

Колпаков А.А., Шарапов С.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: desT.087@gmail.com*

Исследование и разработка эффективной информационно-телекоммуникационной системы цифровой оперативно-командной, громкоговорящей и телефонной связи

Главными задачами при создании специализированных оперативно-командных, информационно-управляющих систем телекоммуникаций, систем внутриобъектовой оперативно-командной связи нового поколения являются: повышение скорости обмена информацией и данными, повышение достоверности обмена информацией, оптимизация протоколов связи, программных структур и алгоритмов, а также подавление и компенсация акустических шумов и помех.

Целью проекта является разработка системы цифровой внутриобъектовой оперативно-командной, громкоговорящей и телефонной связи и обмена акустической, аудио и видеоинформацией, оперативно-командного управления на многофункциональных объектах массового обслуживания с повышенными тактико-техническими характеристиками. Для достижения поставленной цели планируется проведение исследований и разработка новых алгоритмов, программных структур, протоколов, структурных и схемотехнических решений обработки акустических сигналов и управляющей информации, повышающих эффективность функционирования оперативно-командных систем связи и громкоговорящего оповещения. Планируется исследование и разработка алгоритмов повышения производительности многопроцессорных вычислительных систем с гетерогенной архитектурой с использованием дополнительных вычислительных производительных модулей или с использованием однородных модулей на графических процессорах. Планируется исследование и разработка более эффективных методов, моделей и алгоритмов адаптивной фильтрации, адаптивной компенсации и идентификации, исследование и создание новых более точных моделей сигналов и внешних помех [1, 2].

Таким образом, конечной целью проекта является разработка современного комплекса цифровой, внутри-объектовой, оперативно-командной, громкоговорящей и телефонной связи с повышенными параметрами эффективности и надежности обмена управляющей информацией в условиях воздействия внешних акустических помех уровня до 90 дБ с компенсацией акустических эхо-сигналов до 70 дБ с обеспечением ОСШ более 20 дБ, с получением слоговой разборчивости $S > 93\%$ с применением современных сетевых технологий и возможностью формирования единой инфраструктуры для высокоскоростных каналов связи, основанной на технологии Ethernet, с возможностью осуществления видеосвязи, удаленного контроля и конфигурирования абонентских устройств.

Исследованиям вопросов эффективности передачи информации акустическими сигналами в системах телекоммуникаций посвящается достаточно большое число работ отечественных и зарубежных авторов. Потребность в таких исследованиях, в разработке новых концепций и методов обработки акустических сигналов объясняется необходимостью повышения быстродействия обработки и минимизации задержки информации, а также наличием таких факторов, как внешние акустические помехи, акустические шумы, внешние акустические эхосигналы, которые характеризуются значительной интенсивностью [3-5]. Поэтому результаты решения задач исследований, таких как создание эффективных систем обмена акустическими сигналами и информацией на основе новых методов, моделей и алгоритмов обработки информации будут являться актуальными и новыми.

При разработке комплекса должно быть создано следующее программное обеспечение:

- а) программное обеспечение громкоговорящей, телефонной и видеосвязи для ПЭВМ.
- б) программное обеспечение конфигурирования, документирования и функциональной диагностики для ПЭВМ.

Модульная архитектура программного терминала связи на базе ПЭВМ представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Модульная архитектура программного терминала связи на базе ПЭВМ

Основными преимуществами разрабатываемого комплекса по сравнению с существующими аналогами являются:

- одноранговая архитектура, которая позволяет обеспечивать связь между любыми абонентами сети без централизованного управления;
- резервирование каналов связи, что обеспечивает надежность передачи информации;
- протоколирование всех событий, происходящих внутри комплекса, что позволяет полностью контролировать все передаваемые сообщения и команды;
- документирование аудио информации;
- оперативная настройка всех абонентских устройств с возможностью управления и настройки централизованно и удаленно;
- хранение всех настроек в энергонезависимой постоянной памяти, что позволяет ускорить настройку и замену абонентских устройств;
- обеспечение гарантированной пропускной способности каналов передачи речевых потоков в телекоммуникационной сети.

Разрабатываемое программное обеспечение должно соответствовать ЕСПД. Программное обеспечение, реализующие разрабатываемую технологию, должно иметь модульную структуру.

Литература

1. Kolpakov, A.A. Advanced mixing audio streams for heterogeneous computer systems in telecommunications / A.A. Kolpakov, Y.A. Kropotov.//CEUR Workshop Proceedings, 2017, Vol. 1902, pp. 32-36.
2. Колпаков, А. А. Теоретическая оценка роста производительности вычислительной системы при использовании нескольких вычислительных устройств / А.А. Колпаков // В мире научных открытий. – 2012. – №1. – С. 206-209.
3. Кротов Ю.А., Быков А.А. Алгоритм подавления акустических шумов и сосредоточенных помех с формантным распределением полос режекции // Вопросы радиоэлектроники. 2010. Т. 1. № 1. С. 60-65.
4. Кротов Ю.А. Алгоритм определения параметров экспоненциальной аппроксимации закона распределения вероятности амплитуд речевого сигнала // Радиотехника. 2007. № 6. С. 44-47.
5. Быков А.А., Кротов Ю.А. Модель закона распределения вероятности амплитуд сигналов в базисе экспоненциальных функций системы // Проектирование и технология электронных средств. 2007. № 2. С. 30-34.

Кропотов Ю.А., Белов А.А.

Муromский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
e-mail: kaf-eivt@yandex.ru

Алгоритм обработки акустических сигналов для компенсации отражений эха и подавления акустических шумовых помех

В свободном пространстве эхо-сигналы образуются в результате отражений, обусловленных особенностями рельефа местности, расположения строений и крупногабаритных объектов. Значительные размеры территории приводят к большим задержкам распространения эхо-сигналов и снижению разборчивости речи. Кроме того, в акустическом поле с множеством различных каналов эха часто возникают зоны молчания, что, в частности, необходимо учитывать при проектировании систем оповещения [2-4]. Импульсные функции в каналах распространения эха можно при этом принять за некоторые постоянные коэффициенты передачи.

С учетом этого модель множественных отражений, принимает вид

$$y(t) = \sum_{k=1}^r a_k u(t - \tau_k) = \sum_{k=1}^r a_k u(t - D_k T). \quad (1)$$

Задача при этом заключается в определении параметров затухания a_k и запаздывания $\tau_k = D_k T$ для r каналов эхо-сигналов.

По условию, сигнал $u(t)$, отражения которого формируют эхо-сигналы $y(t)$, является известным и нестационарным. Это позволяет применить при оценивании параметров a_k и D_k технику корреляционного анализа.

Таким образом, алгоритм обработки сигнала для компенсации отражений эхо-сигналов $y(t-D)$ и для подавления акустических шумовых помех $\gamma(t)$ может быть описан в следующем виде:

- на вход микрофона поступает сигнал $x(t) = u_0(t) + y(t-D) + \gamma(t)$;

- в блоке вычисления долговременных параметров вычисляются D_k and a_k , методом

корреляционно-экстремального оценивания [1], в виде $R_{u_0,x} = \frac{1}{N+1} \sum_{n=0}^N x(n-D)u_0(n)$,

$$\hat{a}_k = \frac{R_{u_0,x} \hat{D}_k T}{R_{u_0,u_0}(0)}, \text{ при } \hat{a}_k \geq \beta, D = \hat{D}_k;$$

- вычисляется опорный сигнал для адаптивного фильтра L -го порядка $\hat{y}_k(n) = \hat{a}_k u_0(n - \hat{D}_k + L/2)$.

- выходной сигнал сумматора $x(n) = u_0(n) + e(n) + \gamma(n)$, где $e(n) = y(n-D) - \hat{y}_k(n-D)$;

- на выходе шумоподавляющего устройства $x(n) = u_0(n) + e(n) + B\gamma(n)$, $B < 0,01$, $e(n) < 0,01$, тогда $x(n) \approx u_0(n)$.

Литература

1. Кропотов Ю.А., Парамонов А.А. Методы проектирования алгоритмов обработки информации телекоммуникационных систем аудиообмена: моногр.-М.-Берлин: Директ-Медиа,

2015.- 226с.

2. Кропотов Ю.А., Быков А.А. Алгоритм подавления акустических шумов и сосредоточенных помех с формантным распределением полос режекции // Вопросы радиоэлектроники. 2010. Т. 1. № 1. С. 60-65.

3. Кропотов Ю.А. Алгоритм определения параметров экспоненциальной аппроксимации закона распределения вероятности амплитуд речевого сигнала // Радиотехника. 2007. № 6. С. 44-47.

4. Быков А.А., Кропотов Ю.А. Модель закона распределения вероятности амплитуд сигналов в базисе экспоненциальных функций системы // Проектирование и технология электронных средств. 2007. № 2. С. 30-34.

Кропотов Ю.А., Холкина Н.Е.
 Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного
 учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет
 имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
 e-mail: kaf-eivt@yandex.ru

Оценивание нестационарных сигналов в системах телекоммуникационного аудиообмена

При разработке алгоритмов обработки и сжатия сигналов для передачи по телекоммуникационным каналам и в системах аудиообмена возникает задача идентификации параметров нестационарных акустических сигналов.

В информационных системах интервалы стационарности процесса могут зависеть от характера передаваемых данных таким образом, что статистические характеристики процесса будут синхронизированы с данными. Например, акустический речевой сигнал, будет стационарным на интервалах, обусловленных передаваемой информацией.

Оценки математического ожидания, дисперсии и корреляционных функций используются также в задачах обнаружения изменений в свойствах сигналов и динамических систем. В частности, они используются при сегментации акустического речевого сигнала. В подобных задачах можно принять, что по характеру нестационарности сигнал относится или к нестационарным процессам с переменным во времени средним значением или к процессам с переменной во времени дисперсией. При этом необходимые оценки можно получить методом наименьших квадратов [1,2].

Детерминированные функции $a(t)$ и $b(t)$ нестационарного процесса $y(t) = a(t) + b(t)u(t)$ по отдельности находятся методом наименьших квадратов как функции линейной регрессии

$$a(t) = \sum_{k=1}^n \alpha_k \varphi_k(t) = \boldsymbol{\varphi}^T(t) \boldsymbol{\alpha} \quad \text{и} \quad b^2(t) = \sum_{k=1}^n \beta_k \varphi_k(t) = \boldsymbol{\varphi}^T(t) \boldsymbol{\beta}.$$

Здесь введены векторы $\boldsymbol{\varphi}^T(t) = (\varphi_1(t) \ \dots \ \varphi_n(t))$, $\boldsymbol{\alpha} = (\alpha_1 \ \dots \ \alpha_n)^T$ и $\boldsymbol{\beta} = (\beta_1 \ \dots \ \beta_n)^T$. Вектор коэффициентов $\boldsymbol{\alpha}$ находится, при условии, что функция $b(t)$ известна, в результате минимизации функции потерь

$$Q(\boldsymbol{\alpha}) = \frac{1}{2} \sum_{k=0}^N \frac{1}{b^2(t_k)} \left(y(t_k) - \boldsymbol{\varphi}^T(t_k) \boldsymbol{\alpha} \right)^2.$$

Если ввести матрицу $\Phi = (\boldsymbol{\varphi}(t_0) \ \boldsymbol{\varphi}(t_1) \ \dots \ \boldsymbol{\varphi}(t_N))$, вектор наблюдаемых данных $\mathbf{y} = (y(t_0) \ y(t_1) \ \dots \ y(t_N))^T$ и диагональную матрицу

$P = \text{diag} \left(\frac{1}{b^2(t_0)} \ \frac{1}{b^2(t_1)} \ \dots \ \frac{1}{b^2(t_N)} \right)$, то функцию потерь можно записать в виде

$$Q(\boldsymbol{\alpha}) = \frac{1}{2} (\mathbf{y} - \Phi^T \boldsymbol{\alpha})^T P (\mathbf{y} - \Phi^T \boldsymbol{\alpha}).$$

Тогда вектор коэффициентов, обеспечивающий минимум этой функции, находится из выражения

$$\boldsymbol{\alpha} = (\Phi P \Phi^T)^{-1} \Phi P \mathbf{y}.$$

Аналогично, если известно математическое ожидание $a(t)$, то вектор коэффициентов $\boldsymbol{\beta}$ функции $b^2(t)$ находится из условия минимума функции

$$Q(\boldsymbol{\alpha}) = \frac{1}{2} \sum_{k=0}^N \left(\frac{(y(t_k) - a(t_k))^2}{\sigma_u^2} - \boldsymbol{\varphi}^T(t_k) \boldsymbol{\beta} \right)^2. \quad (1)$$

Для распространения этого подхода на случай, когда неизвестными являются обе функции, $a(t)$ и $b(t)$, предлагается использовать метод последовательных приближений, основанный на поочередном, до получения заданной точности, вычислении указанных функций. Там же рассматриваются рекуррентные алгоритмы вычисления векторов коэффициентов $\boldsymbol{\alpha}$ и $\boldsymbol{\beta}$, а также статистические характеристики полученных решений.

Поскольку полученные таким способом решения имеют силу только на ограниченных интервалах времени, задачу можно дополнить условиями сопряжения отдельных локальных решений, например, условиями гладкого сопряжения [3]. При решении этой задачи можно воспользоваться рекуррентным алгоритмом, обеспечивающим обновление коэффициентов регрессии по мере смещения скользящего окна конечного набора данных. В принципе, такой подход более соответствует задаче обработки нестационарных сигналов, чем алгоритм обновления по мере увеличения размера выборки.

Однако, решение задачи (1) не гарантирует, что функция $b^2(t) = \boldsymbol{\varphi}^T(t) \boldsymbol{\beta}$ будет неотрицательной на интервале ее определения и, соответственно, что такой способ позволяет оценить функцию $b(t)$. Поэтому постановку задачу нахождения функции $b(t)$ необходимо видоизменить. Например, сформулировать ее как задачу минимизации целевой функции (1) при дополнительном ограничении $\boldsymbol{\varphi}^T(t) \boldsymbol{\beta} \geq 0$.

Разработанные алгоритмы оценивания характеристик процессов могут, в частности, использоваться при контроле параметров технических средств по излучаемым ими акустическим сигналам. Задачи оценивания параметров сигналов и идентификации систем с переменными медленно изменяющимися параметрами обеспечивают, соответственно, сегментацию сигналов, их классификацию по уровню активности и возможности адаптации, определению уровня подавляемых или компенсируемых помех.

Литература

1. Шалыгин А.С., Палагин Ю.И. Прикладные методы статистического моделирования. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1986. – 320 с.
2. Ермолаев В.А., Карасёв О.Е., Кропотов, Ю.А. Метод интерполяционной фильтрации в задачах обработки речевых сигналов во временной области // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2008. №7. С. 12 – 17.
3. Ermolaev V.A., Kropotov Y.A. Algorithms for processing acoustic signals in telecommunication systems by local parametric methods of analysis. 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2015). Proceedings. – Omsk: Omsk State Technical University. Russia, Omsk, May 21–23, 2015. IEEE Catalog Number: CFP15794-CDR.

Нейросетевое прогнозирование изменений значений временных рядов с предварительной вейвлет-обработкой

В настоящее время существующие методы прогнозирования значений временных рядов данных и непрерывных функциональных зависимостей характеризуются значительным разнообразием. Проводятся научные исследования методов прогнозирования, основанных на идеях декомпозиции рассматриваемых процессов по эмпирическим модам (метод EMD) [1]. Подобный подход может быть применен при условии, что исследуемые процессы представляются незначительным количеством составляющих.

При решении задач аппроксимации часто применяется метод параметрической регрессии, однако он обладает существенным недостатком, который заключается в возможности возникновения неконтролируемых ошибок на рассматриваемом интервале предсказания, что особенно актуально при высоком порядке прогнозирующей функции. Значительный интерес при формировании прогноза связан с предварительной обработкой временных рядов посредством вейвлет-преобразования и дальнейшим нейросетевым прогнозированием.

В работе рассматривается применение аппарата искусственных нейронных сетей при решении задачи прогнозирования, в частности, рассматриваются нейронные сети на персептроне прямого распространения. Были получены уравнения обучения и функционирования искусственных нейронных сетей в матричной форме, с помощью которых можно повысить количество отсчетов достоверного прогноза. Полученные результаты моделирования использования разработанного алгоритма подтверждают повышение таких критериев эффективности прогнозирования как длительность, а также погрешность получения прогноза, улучшают быстродействие, адаптивность системы к изменяющимся условиям. Дополнительным эффектом является также возможность гибкого изменения архитектуры нейронной сети в случае изменения требований на длительность прогноза.

Предложенная структурная схема реализации нейросетевого прогнозирования изменений параметров временных рядов с предварительной вейвлет-обработкой, представленная на рис. 1, обеспечивает возможность более эффективного мониторинга исследуемых процессов в информационно-управляющих системах и системах мониторинга [2-4].

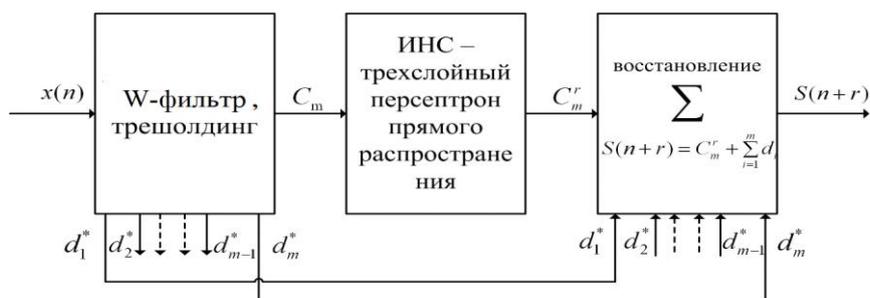


Рис.1. Структурная схема нейросетевого прогнозирования изменений значений функции

Литература

1. Ермолаев В.А. О методах прогнозирования временных рядов и непрерывных процессов [Текст] //Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2016. -№2.-С. 52-63.
2. Кропотов Ю.А., Белов А.А., Проскуряков А.Ю. Прогнозирование изменений параметров временных рядов в цифровых информационно-управляющих системах // Системы управления, связи и безопасности. 2017. №2. С. 1-17.
3. Белов А.А., Кропотов Ю.А., Проскуряков А.Ю. Вопросы обработки экспериментальных временных рядов в электронной системе автоматизированного контроля // Вопросы радиоэлектроники. 2010. Т. 1. № 1. С. 95-101.
4. Белов А.А., Кропотов Ю.А. Исследование вопросов сжатия и поиска картографической информации методом вейвлет-преобразований в экологической геоинформационной системе//Вестник компьютерных и информационных технологий. 2008. № 12. С. 9-14.