

Колпаков А.А., Бейлекчи Д.В., Проскуряков А.Ю.  
*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

### **Проектирование алгоритмов и программных структур телекоммуникационных систем внутриобъектовой связи с повышенной производительностью и помехозащищенностью**

В рамках общей тенденции развития телекоммуникационных систем внутриобъектовой связи возникает представление о необходимости интеграции сети громкоговорящей связи в единую цифровую телекоммуникационную сеть с возможностью выхода на системы спутниковой, радио и оптической связи. Высока значимость связи в плане обмена, как частными сообщениями, так и подлежащими исполнению рабочими сведениями о состоянии контролируемых объектов. Последний, характерный для человеко-машинных систем, случай, присущ и системам автоматического регулирования, при условии, что сами регулируемые объекты и их управляющие устройства, находящиеся в контуре обратной связи, пространственно разнесены. Примерами человеко-машинных систем являются, в частности, сети внутренней громкоговорящей связи морских и речных судов, описанные в работе [1].

Реализация этих и подобных возможностей во многих случаях сопряжена с преодолением ограничений, обусловленных условиями эксплуатации; требованиями, предъявляемыми к параметрам (свойствам и возможностям) элементной базы. Особенно значимыми в этом плане представляются проблемы надежности и живучести сетей, рассчитанных на эксплуатацию в широких температурных диапазонах и обеспечивающих требуемую стойкость в условия разного рода жестких нагрузок и воздействующих факторов.

С разрешением названных проблем связано много различных задач, к числу которых, в зависимости от требований по применению, относятся задачи:

- нахождения оптимальных вариантов реализации архитектуры сети;
- анализа результатов математического моделирования отобранных вариантов сети;
- математического моделирования процессов синхронизации в сети; синхронизации фазовой и импульсной, тактовой и цикловой, с центральным генератором ритма и без него;
- повышения устойчивости систем с акустической обратной связью;
- анализа возможных способов кодирования и шифрования передаваемой в цифровой форме информации;
- анализ вероятностных характеристик возникающих при этом ошибок и их влияния на слоговую разборчивость речи после преобразования последней в аналоговую форму;
- анализа возможных способов сжатия речи и повышения разборчивости коротких речевых сообщений (команд).

Для решения задачи формирования оптимальных вариантов реализации архитектуры предлагается использовать методику анализа и оценки программно-аппаратной структуры [2] обеспечивающее решение задачи формирования программно-аппаратной структуры устройства, без выполнения многокритериального анализа системы с применением значительного количества критериев.

В рамках решения задачи повышения помехозащищенности для обеспечения требуемой слоговой разборчивости и достоверности передачи или приема информации в системах громкоговорящей связи реализованы алгоритмы подавления эхосигнала и шума [3] со средним временем подстройки 0,2-0,4 секунды и минимизации акустической обратной связи [4]. В алгоритме подавления счет существенного уменьшения числа настраиваемых коэффициентов удалось достичь в четыре раза большую скорость настройки фильтров в системе с оценением долговременных параметров. В результате, уровень компенсации эхосигнала и помех составил примерно 7 дБ, что более чем на 2 дБ лучше известных. Разработанный алгоритм минимизации акустической обратной связи позволяет подавлять обратный речевой сигнал принимаемый микрофоном с громкоговорителя пульта при дуплексной связи в устройствах громкоговорящей

связи, при этом обладает невысокой вычислительной нагрузкой и, таким образом обеспечивает высокую производительность вычислительного модуля пульта связи.

В результате проведенных исследований разработана архитектура цифровой внутриобъектовой диспетчерской, громкоговорящей и телефонной связи обладающая следующими преимуществами по сравнению с существующими аналогами:

- 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 [5].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-20174.

### Литература

1. Катанович А.А., Нероба Г.С. Комплексы и системы связи надводных кораблей. – СПб: Судостроение, 2006.
2. Бейлекчи Д.В. Методика оценки программно-аппаратной структуры телекоммуникационного комплекса громкоговорящей связи / Д.В. Бейлекчи, Ю.А. Кропотов // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции. / под. ред. С.У. Увайсова – Москва: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2019, с. 259-262.
3. Ермолаев В.А., Кропотов Ю.А., Бейлекчи Д.В. Обработка акустических сигналов методами локального анализа в телекоммуникационных системах // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2015. – № 1 (17). – С. 49-56.
4. Kolpakov A. A., Beilekchi D. V., Proskuryakov A. Y. and Belov A. A.. Research and development of the algorithm for suppressing the acoustic loop effect in loudspeaker communication systems, 2022 VIII International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT), Samara, Russian Federation, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/ITNT55410.2022.9848728.
5. Kropotov Yu.A., Kolpakov A.A. On the transmission of asynchronous data streams over packet switched networks with random multiple access // International journal of computer networks and communications. – 2018. – vol. 10, no. 2. – pp. 107-117a.