



**Мишуков  
Андрей Андреевич,**  
ООО «ПСК «Ремпуть», старший специалист  
по информационной безопасности



**Устинов  
Роман Андреевич,**  
студент 5-го курса, факультет «Информатика  
и системы управления», кафедра «Информационная  
безопасность», МГТУ им. Н.Э. Баумана



**Дворянкин  
Никита Сергеевич,**  
студент 4-го курса, факультет «Информатика  
и системы управления», кафедра «Информационная  
безопасность», МГТУ им. Н.Э. Баумана

## Образный анализ и маскирование речевой информации

По оценкам отечественных и зарубежных специалистов значительная часть передаваемой по общедоступным каналам электросвязи информации приходится на долю аудиовизуальной информации, важную часть которой составляют речевые сообщения. Проблема защиты и обработки речевой информации занимает одно из ведущих мест в составе общей проблемы информационной безопасности, в том числе это касается и правоохранительных органов. Современное состояние проблемы защиты речевой информации (РИ) характеризуется постоянным расширением арсенала средств негласного съема и перехвата акустических (речевых) сигналов, технические характеристики и способы применения которых неуклонно совершенствуются. В связи с этим особый интерес представляют исследования, направленные на выявление принципиально новых подходов к защите РИ, позволяющих существенно усложнить процесс негласного получения речевых сообщений с каналов голосовой связи.

Разработке и исследованию различных методов обработки и защиты речевой информации, а также определению разборчивости речевых сообщений как основного показателя их защищенности посвящено множество работ зарубежных и отечественных авторов: Фанта Г., Фланагана Дж., Рабинера Л. Р., Шафера Р. В., Продеуса А. Н., Калинцева Ю. К., Сапожкова М. А., Макарова Ю. К., Хорева А. А., Каргашина В. Л., Кириллова С. Н., Малинина Ю. И., Голубинского А. Н. и др.

В последнее время особое внимание исследователей уделяется вопросам, посвященным разработке эффективных методов и средств маскирования речевых сообщений, обеспечивающих высокую степень защиты и скрытности передаваемой речевой информации от действий злоумышленника.

Процедуры маскирования и демаскирования тесно связаны и взаимозависимы с процессами управления речевой разборчивостью (РР), с помощью которых реализуются так популярны сегодня такие виды коллективных коммуникаций, как аудио- и видеоконференцсвязь. Поэтому совершенствование методов управления речевой разборчивостью и повышение эффективности защиты речевой информации от действий злоумышленника в многоканальных системах конфиденциальной голосовой связи является одним из перспективнейших направлений исследований.

Исходя из этого, перспективные маскираторы должны иметь следующий функционал:

- масштабируемость исходного защищаемого речевого сигнала на конечное число каналов голосовой связи;
- адаптация характеристик передаваемых сигналов под различные условия работы каналов связи;
- технология обработки речевого сигнала д.б. менее ресурсоемкая, чем применяемые на данный момент;
- приоритетность передаваемого сигнала в системах уплотнения и управления голосового трафика у сотовых операторов.

На взгляд авторов, соответствовать таким требованиям могут только технологии образного анализа-синтеза, применяемые для управления речевой разборчивостью (РР) в многоканальных системах защиты конфиденциальных переговоров посредством разделения речевого сигнала каждого из абонентов конфиденциальных переговоров на несколько частей с речевой разборчивостью меньше заданной нормы и передачи каждой части по отдельному каналу связи со сборкой на приемном конце.

При этом такой отдельный речевой или речеподобный сигнал, будучи потенциально перехваченным в одном из контролируемых каналов связи, уже не будет понятен нарушителю. У легального же пользователя на приемном конце все полученные

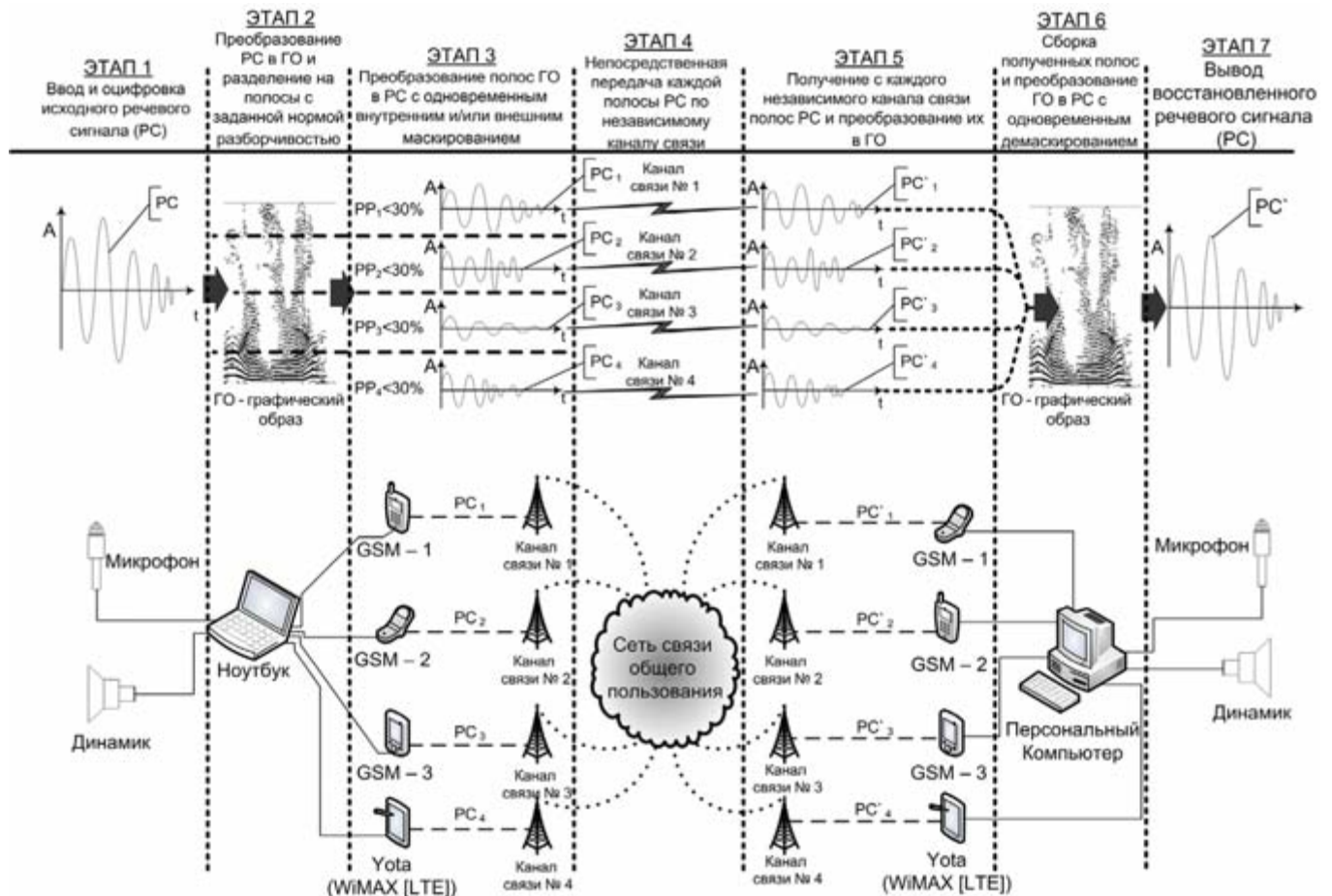


Рис. 1. Общая схема многоканальной системы маскированной речевой связи и алгоритм защиты РИ

по разным маршрутам элементарные сигналы снова сшиваются по определенным правилам в один разборчивый сигнал с узнаваемостью и РР, равной исходному.

Для такого рода маскираторов разработан алгоритм и схема защиты речевой информации, приведенные на рис. 1.

Представленная схема демонстрирует работу алгоритма, который содержит семь основных этапов речевой обработки, опирающихся на принцип разделения или сепарации исходного речевого сигнала на несколько речеподобных с остаточной РР ниже заданной нормы, передаваемых далее по многоканальным системам голосовой связи с окончательной сборкой на приемном конце.

Для разработки модели преобразования речевой информации (речевой разборчивости) в целях ее маскирования (введения неразборчивости) введем классификацию трех основных способов технического закрытия речевой информации на основе предложенного выше подхода к рассечению разнесению РИ.

Это внешнее маскирование РИ, заключающееся в добавлении к отдель-

ному речевому сигналу или его части внешнего дополнительного мешающего сигнала или помехи, а также внутреннее маскирование, заключающееся в преобразованиях спектральных разверток самого исходного РС, отвечающих за его разборчивость. Также можно рассматривать процедуры комбинированного (совместного внешнего и внутреннего) маскирования.

Тогда модель управления речевой разборчивостью через рассечение — разделение (сепарацию) речевого сигнала выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} S_k(t) &\Rightarrow \hat{S}_k(t) = S_k(t) + N_k(t) \Rightarrow \hat{S}_k(t) \Rightarrow \\ &\Rightarrow \bar{S}_k(t) = \hat{S}_k(t) - N_k(t) \Rightarrow S_k(t) \end{aligned} \quad (1)$$

где  $S_k(t)$  — исходный сигнал,  $\hat{S}_k(t)$  — маскированный сигнал смешанный с помехой,  $\bar{S}_k(t)$  — демаскированный сигнал,  $N_k(t)$  — помеха.

Модель управления речевой разборчивостью за счет изменения фонетической функции речевого сигнала:

$$\begin{aligned} S_k(t) &\Rightarrow \hat{S}_k(t) = M\{S_k(w, t)\} \Rightarrow \hat{S}_k(t) \Rightarrow \\ &\Rightarrow \bar{S}_k(t) = M^{-1}\{\hat{S}_k(w, t)\} \end{aligned} \quad (2)$$

где  $M\{S_k(w, t)\}$  — функция речевого преобразования с целью маскирова-

ния речевых сигналов,  $M^{-1}\{\hat{S}_k(w, t)\}$  — обратная функция (демаскирование).

По мнению авторов, с использованием таких процедур преобразования речевого сигнала могут быть описаны абсолютное большинство существующих маскираторов речи и созданы новые, удовлетворяющие заявленным требованиям.

В качестве общей алгоритмической основы преобразования речевого сигнала в изображения узкополосных динамических спектрограмм выбран кратковременный анализ Фурье.

$$X_n(e^{j\omega}) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} w(n-m)x(m)e^{-j\omega m} \quad (3)$$

Таким образом, в качестве параметрического описания речевого сигнала, пригодного для реализации предложенных процедур маскирования, использовались изображения узкополосных сонограмм, получающиеся в результате кратковременного спектрального анализа Фурье и традиционно использующиеся в практике анализа речевых и акустических сигналов, в том числе и в ходе фоноскопических исследований и экспертиз.

В результате проведенных авторами исследований, экспериментально подтверждена работоспособность

выбранной алгоритмической основы речевой обработки и реализуемость предложенной математической модели речевого сигнала, выражаемого суммой ограниченного числа узкополосных Гильбертовских сигналов на коротких временных интервалах. Речевой сигнал, проанализированный и синтезированный по представленным моделям и алгоритмам, даже без учета значений фазовых спектральных разверток, звучит разборчиво и узнаваемо.

С таким подходом в основе были сформулированы новые методы анализа-синтеза речи для реализации с различных видов речевой обработки, включая речевое маскирование, с сохранением и без сохранения информации, содержащейся в спектральных частотных фазовых характеристиках речевых сигналов.

Синтез речевого сигнала по матрицам изображений узкополосных спектрограмм или временным разверткам амплитудного спектра можно непосредственно производить в соответствии с формулой упрощенной гармонической модели речевого сигнала (4).

$$s_{rR}(t) = \sum_{k=1}^{K_{rR}} A_k \cos(\omega_k t + \varphi_{0k}) \quad (4)$$

В этой модели параметры — это амплитуда, частота и начальная фаза  $S_{rR}$  узкополосных сигналов, сумма которых и представляет собой речевой сигнал в окне динамического анализа в момент времени  $tR$ , независимо от характера наблюдаемого участка речи: вокализованный, шумовой и др. В соответствии с этими параметрами, определяемыми в точках локальных максимумов на графических

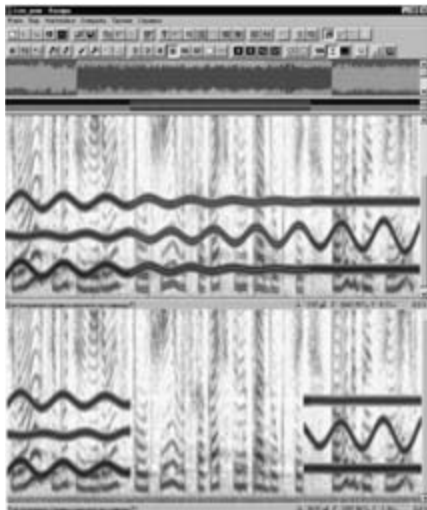


Рис. 2. Генерация сигналов с заданными свойствами (квазигармоническая помеха)

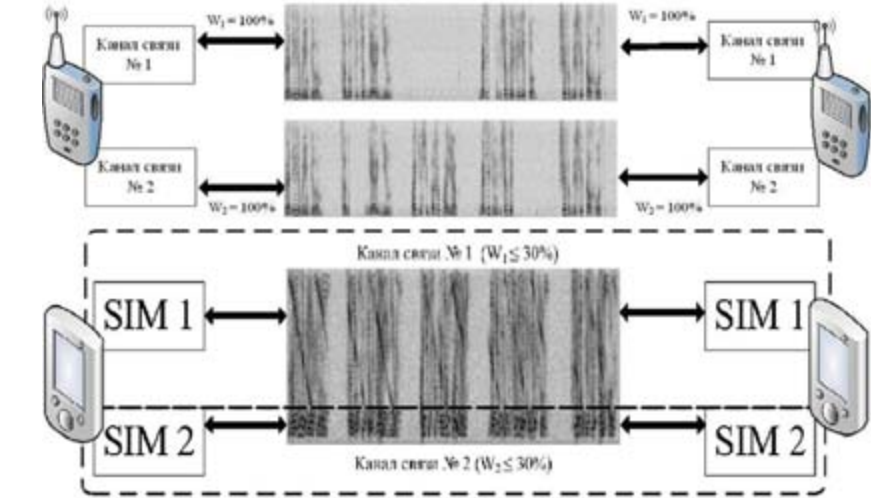


Рис. 4. а) двухканальная помехоустойчивая передача РС с использованием образного анализа-синтеза речи.  
б) двухканальное техническое закрытие РС с использованием речевого маскирования на основе образного анализа-синтеза речи

образах спектральных разверток речи, производилось восстановление нового речевого сигнала с использованием таких параметрических описаний для выделенного участка анализа-синтеза.

Результаты экспериментов, проводимых авторами статьи, подтвердили предположение о зависимости РР от характера огибающей речевого спектра. Эксперименты также показали, что при инвертировании, например огибающей спектра, и дальнейшем статическом кольцевом сдвиге, а также при динамическом кольцевом сдвиге, речевой сигнал становится неразборчивым и неузнаваемым.

Таким образом, для управления речевой разборчивостью в защищаемом речевом сигнале в первую очередь необходимо изменять фонетическую

функцию или связанную с ней динамическую огибающую спектра, так как именно в ней содержится смысловая составляющая речевого сообщения.

В результате внешнего маскирования динамическая огибающая речевого сигнала может быть искажена добавлением маскирующих квазигармонических помех, в качестве которых, например, могут применяться речевые сообщения новостных радиостанций.

Подобный вид помехи может также применяться в качестве пилот-сигнала для синхронизации процессов маскирования-демаскирования речевого сигнала, передаваемого по некачественным каналам голосовой связи с частичной задержкой и потерей речевой информации (рисунок 2 и 3).

Примеры возможной практической реализации представленных моделей с использованием предложенных подходов к речевому маскированию показаны на рисунке 4.

В заключение важно отметить, что на основе представленных теоретических разработок развивается одно из перспективных направлений защиты речевой информации и повышения уровня безопасности речевых сообщений, а именно методы асинхронного маскирования речи и разработка средств защиты РС на их основе.

Так же представляет большой интерес развитие методов асинхронного маскирования речи для защиты конфиденциальных переговоров только одного канала связи, по которому передается речевая информация.

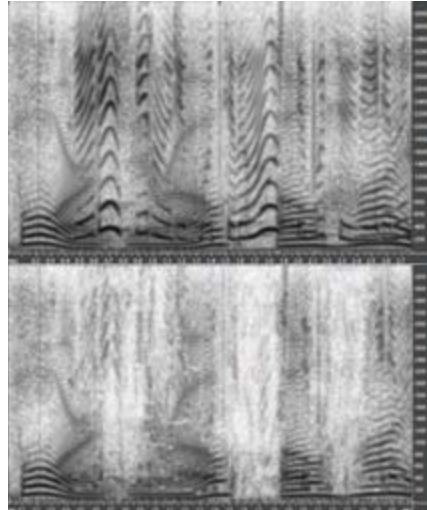


Рис. 3. Генерация сигналов с заданными свойствами (голосовая помеха)