

## МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ МАСКИРУЮЩИХ РЕЧЬ СИГНАЛОВ

Г.В. ДАВЫДОВ<sup>1</sup>, А.В. ПОТАПОВИЧ<sup>1</sup>, Е.Н. СЕЙТКУЛОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь  
nil53@bsuir.edu.by

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева  
ул. Мирзояна, 2, г. Астана, Республика Казахстан  
seitkulov\_y@enu.kz

Обосновывается метод формирования комбинированных маскирующих сигналов для систем защиты речевой информации от утечки по акустическим каналам. Комбинированные маскирующие сигналы включают «белый» шум в диапазоне 125 – 6500 Гц и сигналы всплескового характера (речеподобные сигналы). Соотношения между указанными видами сигналов выбирается исходя из языка речевого сигнала, требующего защиты.

*Ключевые слова:* комбинированные маскирующие сигналы, «белый» шум, речеподобные сигналы, разборчивость речи, восприятие речи.

Формирование маскирующих речь сигналов необходимо выполнять с учетом следующих основных акустических характеристик речевых сигналов: среднего уровня звукового давления речи, темпа речи, уровней звукового давления в октавных и 1/3 октавных полосах частот. Технические аспекты решения указанной задачи и анализ существующих методов активной и пассивной защиты речевой информации рассмотрены в работах [1, 2]. Однако, остается открытым вопрос выбора маскирующих сигналов для активной защиты речевой информации от утечки по акустическим каналам. Наиболее часто для защиты речевой информации используются маскирующие сигналы в виде «белого» или «розового» шумов, речеподобные сигналы, музыка или так называемые сигналы «речевой» коктейль.

Для математического описания речевого сигнала наиболее часто используемых следующие математические модели: модель с волновыми уравнениями, описывающими распространение акустических колебаний в речевом тракте; гармоническая модель речевого сигнала, состоящей из сигналов синусоидальной формы плюс шум; модель речевого сигнала в виде набора отрезков функций на основе вейвлет - коэффициентов; модель, основанная на теории модуляции и модель, основанная на аппроксимации спектра набором постоянных составляющих в полосах частот [3]. Наиболее перспективной для решения задачи выбора маскирующих речь сигналов представляется гармоническая модель речевого сигнала. Речевой сигнал моделируется набором гармонических составляющих и шумом, что можно записать в виде уравнения

$$S(t) = R(t) + \sum_{k=1}^N A_k \cos(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi_k),$$

где  $R(t)$  – шумовая компонента;  $A_k$  – амплитуда  $k$ -ой гармонической составляющей;  $f$  – частота  $k$ -ой гармонической составляющей;  $\varphi_k$  – фаза  $k$ -ой гармонической составляющей;  $t$  – время.

В зависимости от вида фонемы в речевом сигнале может преобладать гармоническая составляющая сигнала или шумовая. Для вокализованных фонем преобладает гармоническая составляющая сигнала. При этом амплитуда гармонической составляющей превышает амплитуды шумовой составляющей.

Экспериментальные исследования показали, что при маскировании речевого сигнала «белым» шумом при соотношении сигнал/шум минус 20 дБ на реализации суммарного сигнала во временной области можно выделить временные участки, когда в суммарном сигнале присутствует речевой сигнал (компоненты, содержащие гармонические составляющие). Это может выступать в качестве признака демаскирующего конфиденциальную речь при защите ее маскирующими сигналами типа «белый» шум. Выделение речевой составляющей из шума в этом случае может выполняться с использованием набора узкополосных фильтров, настроенных на формантные составляющие вокализованных звуков, с перестройкой соотношений между формантными составляющими, или уже известными соотношениями присущие определенному диктору.

Для исключения такой возможности в маскирующие речь сигналы необходимо ввести сигналы со свойствами характерными для речевых сигналов. Таким требованиям удовлетворяют речеподобные сигналы, сформированные по базе аллофонов определенного диктора или ряда дикторов, для получения речеподобных сигналов в виде диалога. При формировании диалоговой формы речеподобных сигналов могут быть использованы и различные языки (например, русский, белорусский, украинский и др.). Маскирующие речеподобные сигналы следует формировать с учетом вероятностных характеристик появления определенных фонем в данном языке, а также длины слов, предложений, синтагм и фоноабзацев, характерных для данного языка и с учетом индивидуальных особенностей произношения для определенного диктора.

Таким образом, комбинированные маскирующие сигналы должны включать шумовую компоненту (например, «белый» шум) и составляющую, содержащую ярко выраженные вокализованные участки – речеподобные сигналы. При этом сигнал, который может быть принят средствами разведки нарушителя, будет иметь следующий вид

$$S_c(t) = R(t) + \sum_{k=1}^N A_k \cos(2\pi \cdot f_k \cdot t + \varphi_k) + R_s(t) + R_n(t) + \sum_{l=1}^M A_l \cos(2\pi \cdot f_l \cdot t + \varphi_l),$$

где  $R_n(t)$  – шумовая компонента маскирующего шума;  $R_s(t)$  – шумовая компонента речеподобного сигнала;  $A_l$  – амплитуда  $l$ -ой гармонической составляющей речеподобного сигнала;  $\varphi_l$  – фаза  $l$ -ой гармонической составляющей речеподобного сигнала.

Эффективность защиты речевой информации комбинированными маскирующими сигналами следует определять по параметрам разборчивости и слышимости речи, как предлагается в работе [4]. В отличие от известных формантных методов оценки разборчивости речи и методов, основанных на индексе артикуляции, дополнительно следует использовать вероятностные характеристики

Так как речеподобные сигналы, уровень шума и защищаемая речь варьируются от момента к моменту, фактически конфиденциальность речь будет изменяться с течением времени.

#### Список литературы

1. Давыдов Г., Попов В., Потапович А. // Наука и инновации. 2013. №6(124). С. 15–19.
2. Давыдов Г.В., Каван Д.М., Попов В.А. и др. // Доклады БГУИР. 2009 № 4. С. 49–54.
3. Голубинский А.Н. //Безопасность информационных технологий. 2009. № 2. С. 12–18.
4. Bradley, J.S. ; Gover, B.N. Designing and Assessing the Architectural Speech Security of Meeting Rooms and Offices. Canada. 2006.