

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ РЕЧИ В ЦИФРОВОЙ ФОРМЕ

Д.С. РЯБЕНКО, В.К. ЖЕЛЕЗНЯК

*Полоцкий государственный университет
ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, 220440, Республика Беларусь
denekor@gmail.com*

Обусловленное высокой достоверностью предельное качество передачи речевых сигналов в цифровой форме обладает несомненными преимуществами перед аналоговыми сигналами. Взаимное преобразование цифровых и аналоговых сигналов генерирует новые каналы утечки информации, что усложнило способы их защиты и разработки новых методов и средств оценки защищенности.

Ключевые слова: разборчивость речи, канал утечки информации, пропускная способность.

Критерием оценки защищенности речевого сигнала в цифровой форме от утечки предложено и научно обосновано числовое значение вероятности ошибочного приема бита, соответствующее критерию оценки защищенности речевого сигнала в аналоговой форме – нормированному значению величины разборчивости речи, для которой разработаны современные методы и средства оценки. Многообразие представления цифровых битовых речевых сигналов с основанием кода m и цифровых модулированных (тональных) речевых сигналов (АМн, ЧМн, ФМн, ОФМ, КАМ), потребовало выбрать и обосновать измерительный сигнал, основным требованием к которому является высокая помехоустойчивость и достоверность.

Из анализа литературных источников следует вывод, что современные методы оценки передачи информации исследованы для цифровых каналов с малой вероятностью ошибки, а для «хороших» и «плохих» каналов – по моделям оценки ошибок. Такие методы не могут быть применены для каналов утечки цифровых речевых сигналов, основной особенностью которых является вероятность ошибочного приема бита, близкая к пределу Шеннона. Это обуславливает разработку на новых принципах единых высокопроизводительных методов оценки защищенности цифровых каналов утечки речевой информации по единому критерию для аналоговых и цифровых речевых сигналов.

Критерий оценки защищенности аналогового речевого сигнала от утечки должен адекватно соответствовать критерию оценки защищенности цифрового речевого сигнала от утечки. Предложено критерий оценки защищенности цифровых речевых сигналов установить по вероятности ошибочного приема бита $P_{\text{ош}}$.

Используя формулу Шеннона для нормированного значения отношения сигнал/шум, определяют пропускную способность аналогового речевого сигнала. Пропускная способность гауссовского канала C_a определяется шириной полосы сигнала F (Гц) отношением мощности сигнала P_c (Вт) к мощности шума $P_{\text{ш}}$ (Вт) [1]. Данное отношение определено в зависимости от нормированной величине разборчивости речи.

Известно, что при малом отношении сигнал/шум $P_c < P_{\text{ш}}$ для аналогового сигнала из формулы Шеннона значение пропускной способности [2]:

$$C_a = F \log_2 e \cdot \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} = 1,443 \cdot F \cdot \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} = 1,443 \frac{P_c}{N_0} = 1,443 \Delta, \text{ бит/с}, \quad (1)$$

где C_a – пропускная способность канала, бит/с, F – ширина полосы частот, Гц, $P_c/P_{ш}$ – отношение мощности сигнала P_c к мощности шума $P_{ш}$ для аналогового сигнала. $P_c/N_0=\Delta$ – нормативное значение отношения мощности сигнала P_c к спектральной плотности мощности шума N_0 .

Для двоичного симметричного дискретного канала пропускная способность канала $C_{ц}$ вычисляется [1]:

$$C_{ц} = 1 + P_{ош} \log_2 P_{ош} + (1 - P_{ош}) \log_2 (1 - P_{ош}), \text{ бит/с}, \quad (2)$$

По значению пропускной способности $C_{ц}$ и равенству $C_{ц} = C_a$ из формулы (2) вычисляют вероятность ошибочного приема бита $P_{ош}$. Нормативным значением оценки защищенности цифровых речевых сигналов следует принять величину вероятности ошибочного приема бита $P_{ош}$, соответствующему нормированному значению величины разборчивости речи [3].

Особенностями каналов утечки цифровых сигналов являются их широкополосность, высокий уровень шумов и несимметричность. Это ограничивает возможности измерительных сигналов при оценке их защищенности в шумах высокого уровня.

Измерительным сигналом для оценки защищенности от утечки речевых сигналов в цифровой форме в виде битовых символов предложен и обоснован сигнал в виде последовательности прямоугольных импульсов типа меандр [4]. Измерительным сигналом для оценки защищенности от утечки модулированных речевых сигналов в цифровой форме предложен и обоснован ортогональный по частоте и квадратурный по фазе модулированный сигнал без разрыва фазы [5].

Применение таких сигналов в качестве измерительных позволило обнаруживать и восстанавливать сигнал в канале утечки информации при воздействии шумов высокого уровня. С учетом свойства несимметричности канала утечки показаны преимущества применения предложенных сигналов в качестве измерительных.

Применение предложенных методов оценки защищенности от утечки речевого сигнала в цифровой форме рекомендуется использовать для оценки защищенности технических каналов утечки речевой информации при ее преобразовании из аналоговой формы в цифровую современными системами передачи данных, а также оценки принятых мер маскирования речевых сигналов.

Список литературы

1. Многомерные сигнальные конструкции: их частотная эффективность и потенциальная помехоустойчивость приема / Под ред. Д.Л. Бураченко. СПб.: изд-во Политехн. ун-та, 2005.
2. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / Под общ. ред. А.Г. Зюко. М.: Радио и связь, 1985.
3. Железняк В.К., Рябенко Д.С. Способ оценки защищенности от утечки речевого сигнала / Патент РФ № 15588.
4. Фельдбаум А.А. и др. Теоретические основы связи и управления. М.: 1963.
5. Железняк В.К., Дворников С.В. Основы теории модулированных колебаний: учебное пособие. СПб.: ГУАП, 2006.