

получают из нее низкочастотный гармонический сигнал, который умножают на упомянутые N гармонических сигналов, получая N амплитудно-модулированных сигналов, которые последовательно излучают в канал утечки информации и синхронно принимают в расположенной до канала утечки информации точке излучения и точке наблюдения, получая N пар синхронно измеренных амплитудно-модулированных сигналов, из каждой упомянутой пары с помощью преобразования Гильберта получают аналитические сигналы, выделяют их мгновенные амплитуды, являющиеся низкочастотными огибающими синхронно измеренных сигналов, из которых прямым преобразованием Фурье получают их спектры, выделяют из них спектральные составляющие на частоте, соответствующей найденной максимальной амплитудной составляющей исходного речевого сигнала, из упомянутых спектральных составляющих с помощью обратного преобразования Фурье получают низкочастотные гармонические сигналы, из которых вычисляют значения мощностей для упомянутых N пар амплитудно-модулированных сигналов, после чего для каждой пары из синхронно измеренных N амплитудно-модулированных сигналов делят значение мощности синхронно измеренного сигнала, полученного в точке наблюдения, на значение мощности соответствующего синхронно измеренного сигнала, полученного в точке излучения, и сравнивают полученные величины с нормативным значением отношения сигнал/шум, по которым судят о защищенности речевого сигнала.

Изобретение относится к области оценки защиты информации, в частности к способам оценки защищенности речевого сигнала в технических каналах утечки информации, и предназначено для определения защищенности объектов информатизации от утечки речевой информации по низкочастотным каналам утечки информации.

Известен способ оценки защищенности информации от утечки при ее передаче в цифровой форме [1]. Источник измерительного сигнала устанавливают в точке излучения сигнала системой передачи информации, а приемник - в точке наблюдения передаваемого сигнала. Затем моделируют передачу цифровой информации путем подачи измерительного сигнала в виде суммированной с шумом периодической последовательности однополярных прямоугольных импульсов с частотой дискретизации, соответствующей частоте дискретизации системы передачи информации, n -кратно на ее вход. В точке приема полей рассеивания передаваемого сигнала принимают, n -кратно запоминают, синхронно накапливают и нормируют делением амплитуды накапливаемых импульсов на n . Затем результат считывают путем перемножения принятого измерительного сигнала с пачкой счетных импульсов, формируемой путем перемножения периодической последовательности прямоугольных импульсов, частота которых выше частоты измерительного сигнала, с измерительным сигналом. Измеряют энергию бита измерительного сигнала и спектральную плотность мощности шума, вычисляют отношение сигнал/шум и пропускную способность канала утечки информации, образованного измерительным сигналом. Сравнивают полученные значения с нормативными и по допустимому порогу их отличия от нормативных значений судят о защищенности или незащищенности информации от утечки.

Основным недостатком известного способа является ограниченный диапазон его использования, т. к. оценка производится только для сигналов в цифровой форме, только на одной частоте, а также то, что в качестве измерительного сигнала используется периодическая последовательность однополярных импульсов прямоугольной формы, свойства которого зависят от параметров системы передачи информации.

Известен способ определения разборчивости речи [2], выбранный в качестве прототипа. В известном способе последовательно r -кратно генерируют измерительный широкополосный электрический линейно-частотно-модулированный ЛЧМ-сигнал в диапазонах частот N -полосного разделения речевого сигнала. Затем преобразовывают сгенерированный сигнал в акустический и воспроизводят из точки излучения речевого сигнала. Ослаб-

ленные и отраженные преградой акустический и виброакустический сигналы принимают соответственно микрофонным и виброакустическим преобразователями. Сигналы преобразовывают в электрическую форму и подают на вход приемника. Для снижения порога надежного выделения ЛЧМ-сигнала из смеси с шумом осуществляют r -кратное синхронное накопление. После этого обработанные сигналы усиливают, фильтруют N -полосными фильтрами и подают на устройство запоминания и воспроизведения электрических сигналов. С выхода генератора исходный ЛЧМ-сигнал в диапазонах частот N -полосного разделения сигнала подают на вход преобразователя ЛЧМ-сигнала и усиливают его. Излучаемые преобразователем магнитные и электрические поля рассеяния преобразовывают в электрические сигналы, которые также подают на входы приемника. Их обрабатывают для снижения порога надежного выделения из смеси с шумом r -кратным синхронным накоплением, усиливают, фильтруют N -полосными фильтрами и запоминают. Обработанный сигнал воспроизводят, формируют функцию автокорреляции и спектральную плотность мощности, которую усредняют по скользящей средней. Затем измеряют мощность сигнала в диапазонах частот N -полосного разделения речевого сигнала. Исходный ЛЧМ-сигнал в диапазонах частот N -полосного разделения сигнала запоминают и воспроизводят, формируют его функцию автокорреляции, спектральную плотность мощности и измеряют мощность исходного ЛЧМ-сигнала в диапазонах частот N -полосного разделения речевого сигнала. Формируют функцию взаимной корреляции исходного ЛЧМ-сигнала и принятых электрических сигналов. После этого определяют отношение мощности электрических сигналов к мощности шума в N полосах разделения речевого сигнала, мощность сигналов в точке приема, ослабление сигнала преградой в каждой из N полос по всем сигналам. Разборчивость речи определяют, сравнивая полученные величины с нормативными значениями.

Недостатками известного способа являются:

недостаточное качество определения разборчивости речи в связи с тем, что не учитывается низкочастотный канал огибающей речевого сигнала;

не производят измерений сигнала в точке излучения синхронно с измерениями в точке наблюдения, что приводит к необходимости автокорреляционного преобразования принятых сигналов для устранения влияния их фаз.

Задачей изобретения является повышение достоверности оценки защищенности речевой информации при ее передаче за счет учета дополнительного низкочастотного канала.

Поставленная задача достигается тем, что в заявляемом способе из речевого сигнала прямым преобразованием Фурье получают его спектр. Из спектра выделяют N гармоник на средних частотах N полос разделения речевого сигнала и обратным преобразованием Фурье получают из них N гармонических сигналов. Также из речевого сигнала преобразованием Гильберта получают аналитический сигнал и выделяют его мгновенную амплитуду, которая является огибающей речевого сигнала. Из огибающей прямым преобразованием Фурье получают спектр и выделяют составляющую максимальной амплитуды. Обратным преобразованием Фурье получают из нее низкочастотный гармонический сигнал. Этот сигнал умножают на выделенные ранее N гармонических сигналов и получают N амплитудно-модулированных сигналов. Результирующие сигналы последовательно излучают в канал утечки информации и синхронно измеряют их в точке излучения, расположенной до канала утечки информации, и точке наблюдения. После этого из N пар синхронно измеренных амплитудно-модулированных сигналов преобразованием Гильберта получают аналитические сигналы и выделяют их мгновенные амплитуды, являющиеся огибающими измеренных сигналов. Из полученных огибающих прямым преобразованием Фурье получают их спектры и выделяют спектральные составляющие на частоте, соответствующей гармонике максимальной амплитуды огибающей исходного речевого сигнала. Затем из них обратным преобразованием Фурье получают низкочастотные гармонические сигналы, для которых вычисляют значения мощностей. Для каждой

пары из синхронно измеренных амплитудно-модулированных сигналов значение, полученное из измеренного сигнала в точке наблюдения, делят на значение, полученное из измеренного сигнала в точке излучения. Полученную величину сравнивают с нормативным значением отношения сигнал/шум, по которому производят оценку защищенности речевого сигнала.

Основными отличительными признаками заявляемого изобретения являются новые операции способа и их последовательность.

На фиг. 1 представлена общая структура построения системы оценки защищенности речевого сигнала, реализующая заявляемый способ. На фиг. 2 приведены графики отношений сигнал/шум для измерительных сигналов при различном расстоянии между точками излучения и наблюдения в диапазоне от 2 до 4 м.

Общая структура в виде схемы (фиг. 1) включает источник 1 речевого сигнала, прямое преобразование Фурье 2, набор цифровых фильтров средних частот полос равной разборчивости 3, обратное преобразование Фурье 4, преобразование Гильберта 5, вычислитель мгновенной амплитуды 6, функцию поиска максимального значения 7, цифровой фильтр 8, перемножитель 9, устройство воспроизведения звука 10, канал утечки информации 11, устройство измерения и записи сигналов 12, вычислитель мощности 13, вычислитель отношения сигнал/шум 14, сравнивающее устройство 15, блок нормативного значения 16, устройство принятия решения 17.

Предлагаемый способ осуществляют следующим образом. Получают из источника 1 измерительный речевой сигнал $s(t)$ в цифровой форме, который обрабатывают прямым преобразованием Фурье 2 и получают спектр в виде набора гармоник. Спектр разбивается на 20 полос равной разборчивости [3], в которых набором цифровых фильтров 3, список которых приведен в таблице, выделяют по одной гармонике, отражающей количество мощности, сосредоточенной в соответствующей полосе разделения сигнала.

Средние частоты полос равной разборчивости речевого сигнала

Номер полосы равной разборчивости	Средняя частота, Гц	Номер полосы равной разборчивости	Средняя частота, Гц
1	239	11	1963
2	480	12	2132
3	621	13	2323
4	766	14	2612
5	918	15	2970
6	1076	16	3354
7	1245	17	3688
8	1436	18	4359
9	1629	19	5894
10	1796	20	8240

Из выделенных гармоник обратным преобразованием Фурье 4 получают гармонические сигналы во временной области и сохраняют их в памяти вычислительного устройства.

Также измерительный речевой сигнал $s(t)$ преобразуют в аналитический сигнал $s_a(t)$, действительная часть которого $s_{re}(t)$ соответствует исходному сигналу $s(t)$, а мнимая часть $s_{im}(t)$ - результату его обработки преобразованием Гильберта 5:

$$s_{im}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s_{re}(\tau) / \pi(t - \tau) d\tau, \quad (1)$$

где τ - временной сдвиг сигнала.

На основе аналитического сигнала $s_a(t)$ с помощью вычислителя 6 получают мгновенную амплитуду $u(t)$, численно равную корню из суммы квадратов его частей и отражающую медленные изменения амплитуды измерительного речевого сигнала, что соответствует понятию его низкочастотной огибающей:

$$u(t) = \sqrt{s_{re}^2(t) + s_{im}^2(t)}. \quad (2)$$

Сигнал мгновенной амплитуды обрабатывают прямым преобразованием Фурье 2 и получают спектр, в котором функцией поиска максимального значения 7 находят составляющую максимальной амплитуды в области до 20 Гц и цифровым фильтром 8 выделяют ее. Затем из выделенной составляющей обратным преобразованием Фурье 4 получают низкочастотный гармонический сигнал. Этот сигнал отдельно умножают с помощью перемножителя 9 на каждый из выделенных ранее гармонических сигналов и получают набор амплитудно-модулированных сигналов, которые сохраняют в памяти вычислительного устройства.

Сохраненный набор сигналов излучают в канал утечки информации 11 с помощью цифроаналогового преобразователя и устройства воспроизведения 10. В канале утечки информации 11 ставят два устройства измерения и записи сигналов 12: в точке излучения - рядом с устройством воспроизведения 10 и в точке наблюдения, для которой хотят оценить защищенность речевого сигнала. С помощью обоих устройств 10 синхронно принимают, преобразуют аналого-цифровым преобразователем и записывают сигналы в канале утечки 11, полученные сигналы передают на единое вычислительное устройство и сохраняют в его памяти.

Измеренные сигналы разбивают на пары синхронно измеренных последовательностей, которые преобразуют в аналитические сигналы аналогично описанному ранее способу с помощью преобразования 5 Гильберта. На основе аналитических сигналов с помощью вычислителя 6 получают огибающие измеренных пар сигналов, которые обрабатывают быстрым преобразованием 2 Фурье и получают спектры. В каждом из них цифровым фильтром 8 выделяют только ту составляющую, которая по частоте соответствует полученной ранее составляющей максимальной амплитуды огибающей измерительного речевого сигнала. Из полученных гармоник обратным преобразованием Фурье 4 получают низкочастотные гармонические сигналы. Для каждой пары сигналов с помощью вычислителя мощности 13 получают их значения мощности путем деления квадратного корня из суммы возведенных в квадрат составляющих на количество составляющих. Значения мощности, полученные на основе сигналов, измеренных в точке наблюдения, делят на значения мощности, полученные на основе сигналов, измеренных в точке измерения, получают с помощью вычислителя отношения сигнал/шум 14 набор отношений сигнал/шум для каждой полосы равной разборчивости и сохраняют их в памяти вычислительного устройства.

Затем все сохраненные значения сравнивают при помощи сравнивающего устройства 15 и блока нормативного значения 16 отношения сигнал/шум, по которому устройством принятия решения 17 производят оценку защищенности речевого сигнала.

Приведенные на фиг. 2 графики отношений сигнал/шум для измерительных сигналов, излученных в канал утечки информации устройствами воспроизведения и измеренных направленными микрофонами, показывают относительные уровни мощности огибающих измерительных сигналов при различном расстоянии от точки излучения относительно уровней мощности огибающих на расстоянии 1 м от устройств воспроизведения. Оценка защищенности речевого сигнала может быть произведена путем построения на фиг. 2 горизонтальной линии, соответствующей нормативному параметру и проверке ее пересечения графиками, которые соответствуют относительным уровням сигнала.

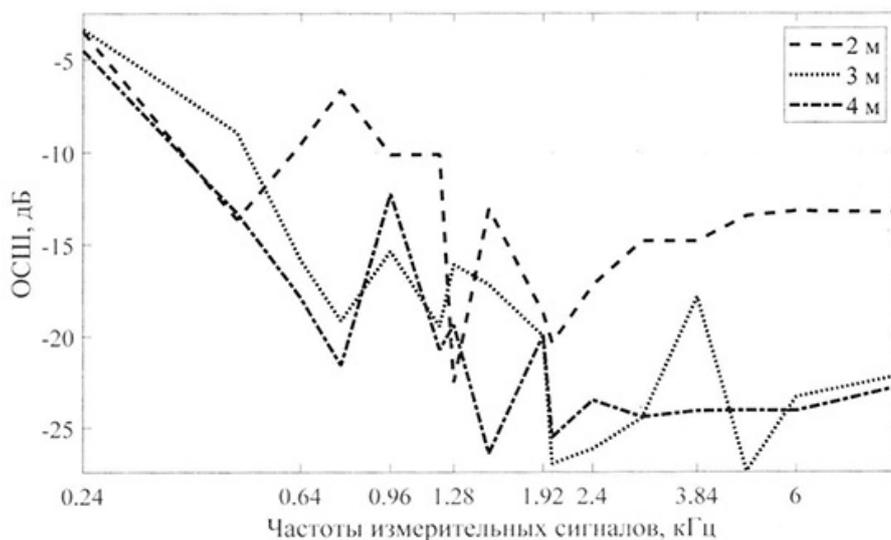
Использование заявляемого изобретения позволит повысить достоверность (точность) оценки защищенности речевой информации при ее передаче за счет учета дополнительно низкочастотного канала, представленного огибающей речевого сигнала, из которой вы-

BY 24495 C1 2025.01.20

деляют и, таким образом, избирательно накапливают гармонику, что приводит к уменьшению отношения сигнал/шум, а также за счет применения преобразования Гильберта, с помощью которого, в отличие от амплитудного детектирования, можно выделить мгновенную амплитуду без искажений.

Источники информации:

1. BY 16924, 2013.
2. BY 22250, 2018.
3. ЖЕЛЕЗНЯК В.К. Защита информации от утечки по техническим каналам: учеб. пособие. Санкт-Петербург: ГУАП, 2006, 188 с.



Фиг. 2