

Важно понимать, что LSB-стеганография не является единственным способом скрытия информации в аудио. Существуют и другие методы, такие как фазовое кодирование (изменение фазы аудиосигнала), расширение спектра (распределение скрываемой информации по широкому диапазону частот), эхо-скрытие (внесение в сигнал искусственного эха с малой задержкой) и частотная маскировка (использование эффекта маскировки более громкими звуками). Каждый из этих подходов имеет свои сильные и слабые стороны, и выбор конкретного метода зависит от требований к незаметности, устойчивости кискажениям и объему скрываемых данных.

Стеганография в аудио находит широкое применение в различных областях. Она может использоваться для защиты авторских прав на музыкальные произведения путем внедрения в них невидимых (ненслышимых) цифровых водяных знаков. Стеганография обеспечивает конфиденциальность при передаче секретной информации, такой как пароли, личные сообщения или любые другие данные, которые необходимо скрыть от посторонних глаз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грибунин, В.Г. Стеганография: учебное пособие / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2016. – 304 с.
2. Конахович, Г.Ф. Компьютерная стеганография. Теория и практика / Г.Ф. Конахович, А.Ю. Пузыренко. – Киев : МК-Пресс, 2006. – 288 с.
3. Кузнецов, А.А. Исследование устойчивости методов стеганографии в аудио к атакам / А.А. Кузнецов, Д.С. Лавров, Е.С. Григорьева // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2021. – № 7(205). – С. 3-10.
4. Пташкина, А.С. Обзор и анализ методов стеганографии / А.С. Пташкина // Наука и образование сегодня. – 2021. – №2 (61). – С. 14-16.

УДК 621.396.98

А.А. Дятко, доц. (БГТУ, г. Минск)

МОДЕЛИРОАНИЕ РАБОТЫ АВТОКОМПЕНСАТОРА ПОМЕХ

Одним из важнейших элементов современных радиоэлектронных систем является автокомпенсатор помех. Он представляет собой адаптивную antennную решетку [1] – antennную решетку, осуществляющую автоматическую подстройку своих характеристик в соответствии с из-

меняющимися условиями приема сигнала. Обычные системы чувствительны к уменьшению отношения сигнал/помеха, обусловленному неизбежным присутствием наряду с полезным сигналом нежелательных «помеховых» сигналов, поступающих на вход по боковым и (или) по главному лепесткам диаграммы направленности антенны. Эти сигналы могут создаваться передатчиками помех, отражениями от местных предметов и другими источниками помех. Системы с адаптивными антенными решетками способны без априорной информации о помеховой ситуации автоматически обнаружить присутствие источников помех и подавить их сигналы на выходе, улучшая тем самым условия приема полезного сигнала.

Разработка радиоэлектронной системы с автокомпенсатором помех, как и любой другой системы, предполагает проектирование функциональных узлов различного назначения и исследование их работы при различных входных воздействиях и различных значениях их конструктивных параметров. Такое исследование требует наличия специальных стендов и, следовательно, материальных и временных затрат. В то же время подобные испытательные стенды можно реализовать в виде компьютерных моделирующих систем, создав соответствующее программное обеспечение. Компьютерная моделирующая система позволяет в режиме диалога с пользователем оценить качество функционирования того или иного устройства при изменении его параметров, получить визуализацию процессов в том или ином блоке.

Рассмотрим функциональную схему автокомпенсатора помех, представленную на рис. 1.

Пусть $S' = (s'_0, s'_1, \dots, s'_{N-1})^T$ – вектор комплексных входных сигналов антенной системы, состоящей из N ($N=5$) приемных каналов (рис. 1), где

$$s'_i = s'_i(t) = \sum_{k=1}^M G_i(\theta_k - \theta_i) A'_{ki}(t) e^{j(\omega_k t + \Delta\phi_{ki})},$$

$G_i(\theta)$ – множитель, описывающий диаграмму направленности (ДН) i -того приемного канала; θ_k – угловое положение k -того входного сигнала; θ_i – направление максимума ДН i -того приемного канала; $A'_{ki}(t)$ – огибающая k -того входного сигнала на i -том приемном элементе, представляющая собой комплексный узкополосный случайный процесс (для узкополосной помехи) или прямоугольный импульс (для радиоимпульса, отраженного от цели), ω_k – высокая частота для k -того

входного сигнала, $\Delta\phi_{ki} = \frac{\omega_k}{c} d \sin \theta_k$ – межканальная разность фаз

между i -тым вспомогательным и опорным ($i = 0$) каналами; d – расстояние между основным и вспомогательным каналами; c – скорость света; M – число входных сигналов на приемных элементах.

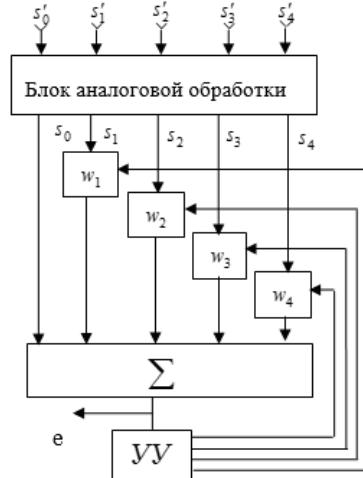


Рисунок 1 – Функциональная схема автокомпенсатора помех

При этом, междуканальный коэффициент корреляции между сигналами основного и вспомогательных каналов может быть отличным от единицы и иметь различные значения для разных входных сигналов, т. е.

$$|r_{i0}^k| = \left| \frac{\overline{s_i^k s_0^{k*}}}{\sqrt{|s_0^k|^2} \sqrt{|s_i^k|^2}} \right| = \left| \frac{\overline{A'_{ko}(t) A'^{*}_{ki}(t)}}{\sqrt{|A'_{ko}|^2} \sqrt{|A'_{ki}|^2}} \right| \neq 1.$$

На выходе блока аналоговой обработки вектор сигналов примет вид $Z = S + \xi$, где $S = (s_0, s_1, \dots, s_{N-1})^T$ – вектор сигналов, прошедших тракт аналоговой обработки (рис. 1); $\xi = (\xi_0, \xi_1, \dots, \xi_{N-1})^T$ – вектор внутренних шумов на выходе каналов аналоговой обработки, $s_i = s_i(t) = \sum_{k=1}^M G_i(\theta_k - \theta_i) A_{ki}(t) e^{j\Delta\varphi_{ki}}$, $\omega_k = 0$, $A_{ki}(t)$ – огибающая k -того входного сигнала на выходе i -того канала аналоговой обработки без учета ДН; $\xi_i = \xi_i(t)$ – комплексный стационарный случайный процесс, ширина спектра которого определяется полосой пропускания выходных устройств каналов аналоговой обработки. Таким образом

$$z_i(t) = \sum_{k=1}^M G_i(\theta_k - \theta_i) A_{ki}(t) e^{j\Delta\varphi_{ki}} + \xi_i(t).$$

Для придания модели сигнала на выходе блока аналоговой обработки большей общности представим ее в виде

$$y_i(t) = \sum_{k=1}^M G_i(\theta_k - \theta_i) A_{ki}(t) e^{(\Omega_k t + j\Delta\phi_{ki})} + \xi_i(t),$$

где введенная частота Ω_k позволяет при необходимости смоделировать сигналы с центральной частотой спектра отличной от нуля.

Примем следующие аппроксимации диаграмм направленности по основному и вспомогательным каналам.

Для основного канала $G_0(\theta) = \frac{1}{\beta} \left| \frac{\sin \beta \theta}{\theta} \right|$, где параметр β определям как ширину главного луча ДН по уровню 0, $\beta = \frac{2\pi}{\Delta\theta}$.

Учитывая, что приемная антенна основного канала (рис. 1) может вращаться с угловой скоростью Ω_a , положим

$$G_0(\theta, t) = \frac{\Delta\theta}{2\pi} \left| \frac{\sin \frac{2\pi}{\Delta\theta} (\theta - \Omega_a t)}{\theta - \Omega_a t} \right|.$$

Для диаграмм вспомогательных каналов примем, что

$$G_i(\theta) = \left| \cos \frac{4}{\pi} \arccos h(\theta - \theta_i) \right|,$$

где $\theta_1 = 0$, $\theta_2 = \frac{\pi}{2}$, $\theta_3 = \pi$, $\theta_4 = -\frac{\pi}{2}$; h – уровень перекрытия

ДН вспомогательных каналов.

На рис. 2 представлены диаграммы направленности по основному и вспомогательным каналам для $h = 0,5$ и $\Delta\theta = \frac{\pi}{6}$ или $\Delta\theta^0 = 30^\circ$

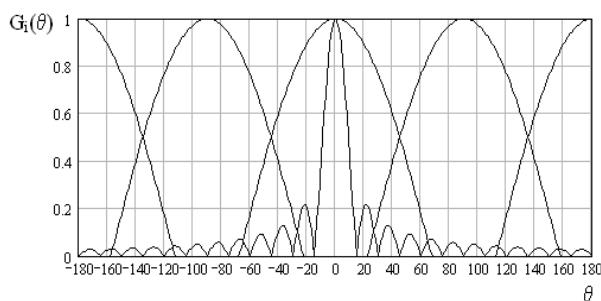


Рисунок 2 – Диаграммы направленности по основному и вспомогательным каналам

Выходной сигнал автокомпенсатора формируется как взвешенная сумма сигналов после бока аналоговой обработки (рис. 1) и определяется выражением

$$e = s_0 + \sum_{i=1}^{N-1} s_i w_i = s_0 + S_1^T W,$$

где $S_1 = (s_1, s_2, s_3, s_4)^T$ и $W = (w_1, w_2, w_3, w_4)^T$.

Вектор весовых коэффициентов адаптивно формируется устройством управления «УУ» (рис. 1), алгоритм работы которого синтезируется по критерию минимума средней мощности на выходе автокомпенсатора [1] и имеет вид $W_n = W_{n-1} - 2\mu e_{n-1}^* S_1$, $W_0 = W^0$, где $n = 1, 2, \dots$ – номер временного отсчета; μ – некоторый коэффициент.

На рис. 3 и рис. 4 представлены результаты моделирования работы автокомпенсатора помех. Рассматривается случай, когда на приемных элементах антенной системы присутствует сигнал (прямоугольный импульс), отраженный от некоторого объекта с угловым положением $\theta_0 = 0^0$ и три источника помех с угловыми положениями соответственно $\theta_1 = -80^0$, $\theta_2 = 10^0$ и $\theta_3 = 80^0$.

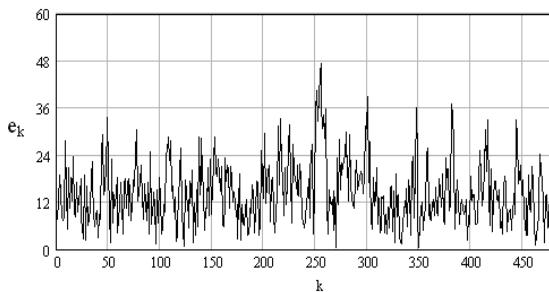


Рисунок 3

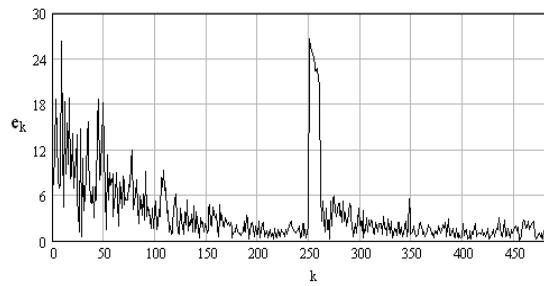


Рисунок 4

На рис. 3 показан выходной сигнал антенной системы, когда компенсационные каналы не используются ($W = 0$, $\mu = 0$) и входные сигналы принимаются по главному и боковым лепесткам диаграммы направленности основного канала.

На рис. 4 представлен выходной сигнал в режиме использования компенсационных каналов.

Из сравнения рисунков видно, что без использования компенсации помех (рис. 3) полезный сигнал в данной ситуации практически не различим на фоне помех. В то же время применение автокомпенсации помех (рис. 4) позволяет уверенно выделить полезный сигнал.

ЛИТЕРАТУРА

- Монзинго Р.А., Миллер Т.У. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию. – М.: Радио и связь, 1986.