

Предложенная система концептуальных моделей интеллектуальных сервис-ориентированных систем может рассматриваться как опорный базис для совершенствования прикладного программного обеспечения информационных инфраструктур.

#### Список используемых источников

1. Птицына Л.К., Смирнов Н.Г. Программное обеспечение компьютерных сетей. Управление крупно-гранулярными процессами на основе языка BPEL: учеб. пособие. СПб.: изд-во Политехн. ун-та, 2011. 105 с. ISBN 978-5-7422-2951-3.

2. Птицына Л. К., Добрецов С. В. Интеллектуальные технологии и представление знаний. Планирование действий интеллектуальных агентов в информационных сетях: учеб. пособие. СПб.: изд-во Политехн. ун-та, 2006. 172 с. ISBN 5-7422-1101-5.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АУДИОСТЕГОСИСТЕМЫ, ПОСТРОЕННОЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭХО-СИГНАЛОВ С ПЕРЕДАЧЕЙ ИХ ЧЕРЕЗ АКУСТИЧЕСКУЮ СРЕДУ С ВНЕШНИМИ ШУМАМИ

**В.И. Коржик, И.В. Кропивко**

*Теоретически и экспериментально исследуется стегосистема при передаче информации на различные расстояния в акустической среде при наличии посторонних шумов. Показывается, что при использовании метода, основанного на эхо-сигналах, и адекватном выборе параметров вложения, стегосистема обеспечивает достоверный прием информации при достаточном удалении передатчика и приемника друг от друга и при наличии значительных шумов в акустической среде.*

*Ключевые слова: стегосистема, эхо-сигналы, кепстральный анализ, акустические шумы.*

## ACOUSTIC STEGOSYSTEM BUILT ON BASE OF ECHO-SIGNALS WITH ITS TRANSMISSION THROUGH THE ACOUSTIC ENVIRONMENT WITH EXTERNAL NOISE INVESTIGATION

**Korzhik V., Kropivko I.**

*The stegosystem is theoretically and experimentally investigated at information transmission on the different distances in the acoustic environment with external noise. It is shown that with using the technique based on echo-signals and appropriate embedding parameters selection stegosystem provides reliable data reception with sufficient distance between transmitter and receiver and with external noise in the acoustic environment.*

*Keywords: stegosystem, echo signals, cepstral analysis, acoustic noises.*

Стеганография – это семейство методов, при помощи которых некоторая дополнительная информация погружается в основное сообщение (так называе-

мое покрывающее сообщение) при сохранении хорошего качества покрывающего сообщения.

В работе были исследованы методы построения такой стегосистемы, параметры которой позволяли бы передавать скрытую информацию с помощью аудиосигнала через акустическую среду. Данную стегосистему можно применять при передаче скрытой информации с помощью аудиосигналов, которые будут воспроизводиться с помощью мегафона. Также данный метод возможен для использования в качестве цифрового водяного знака с целью сохранения прав собственности на аудио продукцию, к примеру, на концертных выступлениях. Схема работы исследуемой стегосистемы изображена на рисунке 1.



Рис. 1. Схема работы аудио стегосистемы

В качестве используемого метода вложения в исследуемой стегосистеме предлагается использовать метод, основанный на эхо-сигналах. Он заключается в добавлении «эхо» (сдвинутого по времени сигнала) к основному аудио сигналу. При этом данная «добавка» воспринимается человеком не как добавление аддитивного шума, а как появление дополнительной звуковой «окраски» (рис. 2).

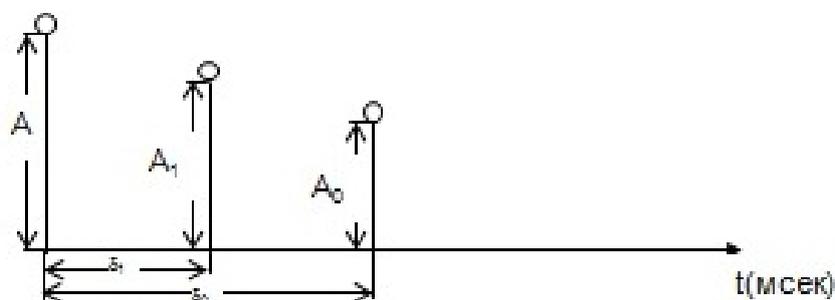


Рис. 2. Параметры вложения информации с использованием эхо-сигналов:

- $A$  – амплитуда исходного сигнала,
- $A_1$  – амплитуда эхо-сигнала, соответствующая вложению «1»,
- $A_0$  – амплитуда эхо-сигнала, соответствующая вложению «0»,
- $\delta_1$  – задержка эхо-сигнала, соответствующая вложению «1»,
- $\delta_0$  – задержка эхо-сигнала, соответствующая вложению «0»

В качестве метода обнаружения подобной стегосистемы предлагается использовать кепстральный метод приема. Основная идея кепстрального анализа заключается в том, что свёртка двух сигналов ( $x(n) = S(n) * h_b(n)$ ) соответствует сумме их кепстремов:

$$\tilde{x}(n) = \tilde{S}(n) + \tilde{h}_b(n), \quad n = 1, 2, \dots,$$

где  $S(n)$  – исследуемый аудиосигнал,  $h_b$  – отклик фильтра на вложенный бит  $b = (0, 1)$ , « $\sim$ » – означает представление в виде кеструме.

При этом корреляционный прием сигналов, основанный на кепстреме, определяется следующей известной формулой:

$$\sum_n \hat{x}(n) \cdot \hat{h}_0(n) \underset{b=1}{\overset{b=0}{>}} \sum_n \hat{x}(n) \cdot \hat{h}_1(n).$$

Одним из ключевых факторов при выборе данного метода извлечения является тот факт, что в кепстральной области не имеет значения абсолютное значение амплитуды сигнала, которое меняется на протяжении всего сигнала и мешает выбрать порог для правила решения с использованием автокорреляционной функции.

В ходе исследования был проведен следующий эксперимент. В три различных аудиосигнала было произведено вложение с использованием эхо-сигналов с одними и теми же параметрами вложения (глубина вложения 0,5; задержка сигнала – 32 и 37 отсчетов; количество бит, используемых для вложения одного информационного бита – 10 000). Затем аудиосигнал проходил через акустическую среду, причем сначала в среде не было явных источников акустического шума, а затем они были добавлены согласно схеме, представленной на рисунке 3.

После прохождения акустической среды аудиосигнал с вложенной информацией подвергался кепстральному анализу. Результаты эксперимента представлены в таблицах 1–3 (аббревиатуры в таблицах – музыкальные файлы: *Champions League* – CL, *Queen We Are The Champions* – QWATC, *inf – infinity*, «бесконечность»).

ТАБЛИЦА 1. Результаты исследования при удалении источника и приёмника при отсутствии шума (расстояние в 2 м)

Расстояние в 2 м от приёмника	CL	QWATC	Penelope
Вероятность ошибки (%)	0,8	1,6	2
Максимальный уровень сигнала (дБ) на приёме	–8,8	–10,6	–3,3
Средний уровень сигнала (дБ) на приёме	–inf	–inf	–90,3

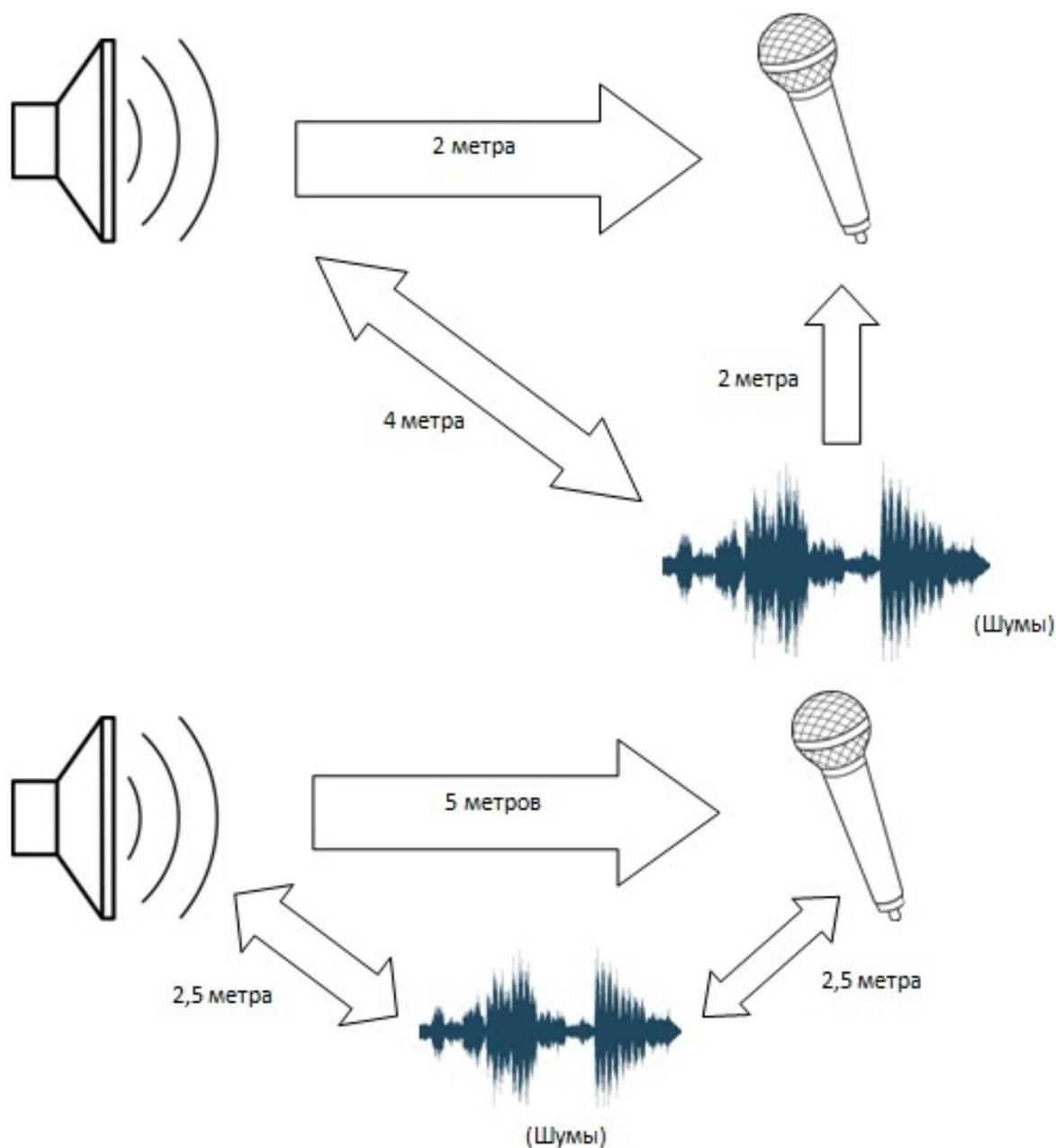


Рис. 3. Схема эксперимента с акустическими шумами

ТАБЛИЦА 2. Результаты эксперимента при максимальном уровне шума в  $-19,3$  дБ

Шум			
Средний уровень сигнала (дБ)	-90,3		
Максимальный уровень сигнала (дБ)	-19,3		
Шум расположен на расстоянии в 2 м от приёмника и 4 м от источника			
Расстояние в 2 м от приёмника	<b>CL</b>	<b>QWATC</b>	<b>Pen</b>
Вероятность ошибки (%)	1,2	8,4	9,2
Максимальный уровень сигнала (дБ) на приёме	-13,3	-12,1	-10,8
Средний уровень сигнала (дБ) на приёме	-90,3	-90,3	-90,3

Шум расположен на расстоянии в 2,5 м от приёмника и 2,5 м от источника			
Расстояние в 5 м от приёмника	<b>CL</b>	<b>QWATC</b>	<b>Pen</b>
Вероятность ошибки (%)	10	16	13,6
Максимальный уровень сигнала (дБ) на приёме	-17,2	-11,6	-14,0
Средний уровень сигнала (дБ) на приёме	-inf	-inf	-inf

Как видно из приведенных выше таблиц, при удалении источника и приемника сигналов друг от друга происходит незначительное ухудшение достоверности приема сигнала. Также стоит отметить, что даже при наличии сильного акустического шума (см. табл. 2) для аудиосигнала, при обработке которого легче других происходит синхронизация, вероятность ошибки возросла незначительно, в то же время для других аудиосигналов достоверность приема оставалась на удовлетворительном уровне. Наиболее показательными являются результаты, приведенные в таблице 3, так как шумовой фон в этом случае считается наиболее приближенным к реальной ситуации – передаче информации в местах с большим количеством побочных источников различного рода шумов. Как видно из таблицы 3, достоверность сигнала, несмотря на наличие шумов, остается на достаточно хорошем уровне.

ТАБЛИЦА 3. Результаты эксперимента при максимальном уровне шума в -21,9 дБ

Шум			
Средний уровень сигнала (дБ)	-inf		
Максимальный уровень сигнала (дБ)	-21,9		
Шум расположен на расстоянии в 2 метра от приемника и 4 метра от источника			
Расстояние в 2 м от приемника	<b>CL</b>	<b>QWATC</b>	<b>Pen</b>
Вероятность ошибки (%)	0,4	3,2	2,8
Максимальный уровень сигнала (дБ) на приеме	-13,2	-10,8	-11,3
Средний уровень сигнала (дБ) на приеме	-90,3	-90,3	-90,3
Расстояние в 5 м от приемника	<b>CL</b>	<b>QWATC</b>	<b>Pen</b>
Вероятность ошибки (%)	1,2	6,8	6,4
Максимальный уровень сигнала (дБ) на приеме	-18,7	-17,3	-18
Средний уровень сигнала (дБ) на приеме	-inf	-inf	-90,3

Подводя итоги, следует отметить, что выбранная стегосистема, использующая вложение информации при помощи эхо-сигналов, подтвердила свою состоятельность при удалении источника информации от приемника при отсутствии и наличии шумов на расстоянии в два и пять метров. Достоверность информации во всех исследуемых схемах эксперимента оставалась на хорошем

уровне. В дальнейшем планируется увеличить расстояние между источником и приемником сигналов до 50 метров и использовать при передаче речи мегафон в качестве устройства воспроизведения.

#### Список используемых источников

1. Коржик В.И., Алексеев В.Г., Федянин И.А. Выделение цифровых “водяных” знаков из аудиосигналов с использованием методов кепстрального анализа // 63 научно-техническая конференция профессорского-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов: материалы / СПбГУТ. СПб., 2011. С. 225.
2. Bender W., Gruhl D., and Lu A. “Echo Hiding” Lecture Notes in Computer Science, 1996.
3. Donald G. Childers, fellow, IEEE, David P. Skinner, member, IEEE, and Robert C. Kemerait, member, IEEE „The Cepstrum: A Guide to Processing”, Proceedings of IEEE, VOL. 65, NO 10. OCTOBER 1977.

## ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ РАДИОКАНАЛА С БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

Д.А. Кузнецов, П.О. Митрошина, А.К. Сагдеев, А.А. Сёмин

*В данной статье описаны особенности построения радиолинии с беспилотным летательным аппаратом. Проведен анализ, выявлены требования и рассмотрены потери при распространении сигнала. Проведен анализ бюджета канала связи, рассмотрены различные виды модуляции сигнала. И предложена борьба с частотно-спектральными искажениями.*

*Ключевые слова: радиоканал, беспилотные летательные аппараты, канал связи.*

## CONSTRUCTIONS FEATURE OF RADIO CHANNEL WITH UNMANNED AERIAL VEHICLE

Kuznetsov D., Mitroshina P., Sagdeev A., Semin A.

*This article describes the features of the construction of the radio link with the unmanned aerial vehicle. The analysis revealed the requirements and consider the propagation loss of the signal. Spend channel budget analysis of the relationship, consider different types of signal modulation. And it offered the fight with a frequency-spectral distortions.*

*Keywords: radio, unmanned aerial vehicles, the communication channel.*

В последнее время уделяется особое внимание использованию беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) как в гражданской, так и в военной среде. Эффективность использования во многом определяет «чистота» канала связи между наземным пунктом управления (НПУ) и БПЛА. Значит, всплывает вопрос об оптимизации радиоканала передачи данных.