

ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 621.396

ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В СКРЫТОМ КАНАЛЕ, ОРГАНИЗОВАННОМ В СТРУКТУРЕ ВИДЕОДАННЫХ

© 2023 г. Д. В. Леванов^{1,*}

¹Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: vka@mil.ru

Поступила в редакцию 09.10.2023 г.

После доработки 09.10.2023 г.

Принята к публикации 20.11.2023 г.

Представлены результаты оценки параметров качества связи Qos (вероятность ошибки на бит, вероятность потери пакета, время доставки пакета) в скрытом канале, организованном в канале-доноре (канал телевизионного вещания), и сформированы условия, при которых скрытый информационный канал нарушается.

DOI: 10.56304/S2782375X23040095

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие технологий цифровой обработки сигналов, постоянное совершенствование вычислительной техники и конвергенция телекоммуникационных сетей ставят решение задачи конфиденциальности данных, а также надежной защиты передаваемой информации и прав на нее на одно из приоритетных мест. Среди прочих перспективных направлений обеспечения информационной безопасности все большей популярностью пользуется цифровая стеганография, приобретающая особенную актуальность в ситуациях, когда использование криптографических методов и средств невозможно или нецелесообразно.

Анализ отечественной и иностранной литературы [1–7], относящейся к области цифровой стеганографии, показал, что в большинстве известных методов построения скрытых каналов рассмотрено противоречие между скрытой пропускной способностью $C_{стег}$, скрытностью встраивания U и достоверностью приема $P_{ош}$ (рис. 1).

Главным ограничением пропускной способности $C_{стег}$ являются размер используемого контейнера и вносимые в него допустимые искажения, при которых выполняется требование к скрытности встраивания $U_{треб}$. Поскольку во время встраивания и извлечения данных над ними проводятся различные операции, в том числе с потерями, требуемый уровень достоверности $P_{треб}$ достигается внесением избыточности, которая приводит к снижению скрытой пропускной способности $C_{стег}$.

Данный подход к оценке параметров стегосистемы в основном применим для скрытых каналов передачи трафика нереального времени и не учитывает дополнительные ошибки в канале-доноре, служащем для передачи контейнера. В случае, когда требуется повышение пропускной способности скрытого канала, в качестве контейнера используются видеоданные, так как они обладают большой избыточностью.

Из известных методов цифровой стеганографии [1–7] в качестве прототипа был выбран метод скрытой передачи информации в видеоданных с кодовым разделением, представленный в [8]. Использование указанного метода позволяет решить вопрос с организацией множественного доступа к скрытому каналу. Развитие данного метода [9, 10] изначально велось в направлении увеличения скрытой пропускной способности и учета изменения емкости видеоконтейнера в зависимости от динамики видеопотока. Однако при использовании в качестве канала-донора для

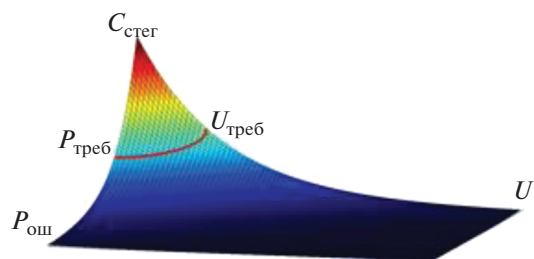


Рис. 1. Основное противоречие в стеганографии.

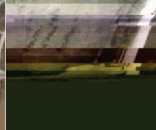
Оценка достоверности скрываемых данных в канале связи с ошибками					
Ber в канале связи	$\sim 10^{-6}$	$\sim 10^{-5}$	$\sim 2 \times 10^{-5}$	10^{-4}	$\sim 2 \times 10^{-4}$
Изображение-контейнер					Файл не открывается
$Ber_{стег}$	$\sim 2 \times 10^{-5}$	$\sim 4 \times 10^{-4}$	$\sim 2 \times 10^{-3}$	0.4	-
$Ber_{стег}$ с ПУ	$\sim 4 \times 10^{-10}$	10^{-9}	$\sim 4 \times 10^{-6}$	~ 0.24	-
Видео-контейнер				Файл не открывается	Файл не открывается
$Ber_{стег}$	$\sim 2 \times 10^{-4}$	$\sim 3 \times 10^{-3}$	~ 0.4	-	-
$Ber_{стег}$ с ПУ	10^{-9}	10^{-7}	~ 0.22	-	-

Рис. 2. Оценка вероятности ошибки на бит скрываемых данных от вероятности ошибки на бит в канале-доноре.

скрытой передачи канала телевизионного вещания стала очевидной необходимость учета дополнительных параметров качества связи, относящихся к трафику реального времени.

При организации скрытой передачи данных основные ограничения определяются требованиями к качеству связи в канале-доноре. Результаты оценки скрытности встраивания и скрытой пропускной способности были получены в [8–10]. Однако для потокового трафика не менее важным является учет временных задержек.

При этом исходя из выбранного способа встраивания данных необходимо ввести ограничение по времени кодирования скрываемых данных $t_{стег}$ в канале-доноре, которое должно учитывать не только время доставки пакетов в канале-доноре $t_{дост}$:

$$t_{встр} < t_{дост} - t_{код} - t_{пер} - t_{дек},$$

но и частоту следования I -кадров $F_{I-кадр}$, в которые осуществляется встраивание

$$t_{встр} < \frac{1}{F_{I-кадр}}.$$

Дополнительное ограничение накладывает время доставки скрываемых сообщений $t_{дост стег}$:

$$t_{дост} + t_{извл} < t_{дост стег}.$$

Расчет вычислительной сложности алгоритмов встраивания и извлечения данных [11] позволил получить оценку числа простейших операций в зависимости от качества картинки видеопотока. Так, число выполняемых операций при встраивании данных в видеопоток HD-качества примерно в 5 раз больше, чем для видеопотока SD-качества. Увеличение числа выполняемых операций приводит к пропорциональному возрастанию времени их выполнения или требует использования более

мощных ПЛИС для построения стегакодера. Полученные результаты позволили сформировать минимальные требования к производительности ПЛИС для реализации алгоритма встраивания извлечения $\mu = 1200$ MIPS (Million of Instructions Per Second – миллион команд в секунду) для видеопотока HD-качества в канале-доноре.

При реализации выбранного способа скрытой передачи в работе дополнительно были учтены ошибки в канале-доноре, влияющие как на целостность передаваемого контейнера, так и на появление ошибок в скрываемых данных.

Представленные на рис. 2 результаты оценки Ber скрываемых данных свидетельствуют о нарушении качества видеоконтейнера в канале связи с вероятностью ошибки на бит менее 10^{-6} . При этом увеличение ошибок на один порядок приводит к нарушению скрываемых данных, а при ухудшении на два порядка и более – к невозможности открытия контейнера и потере скрываемых данных.

На рис. 3 представлена оценка вероятности потери пакета скрываемых данных $Per_{стег}$ от вероятности потери пакета в канале-доноре Per .

Единичная потеря пакетов данных не приводит к потере пакета скрываемых данных, так как они разнесены в спектральной области блока I -кадра видеоконтейнера, однако в случае потери служебного пакета при $Per 10^{-2}$ наблюдается потеря части кадров со встроенными с ними данными. Полученные результаты позволяют сформировать требования к каналу-донору по вероятности потери пакета Per не хуже 10^{-3} и вероятности ошибки на бит Ber не хуже 10^{-6} .

Таким образом, представленные результаты свидетельствуют о необходимости учета дополнительных параметров Qos (время доставки пакета, вероятность битовой ошибки, вероятность по-

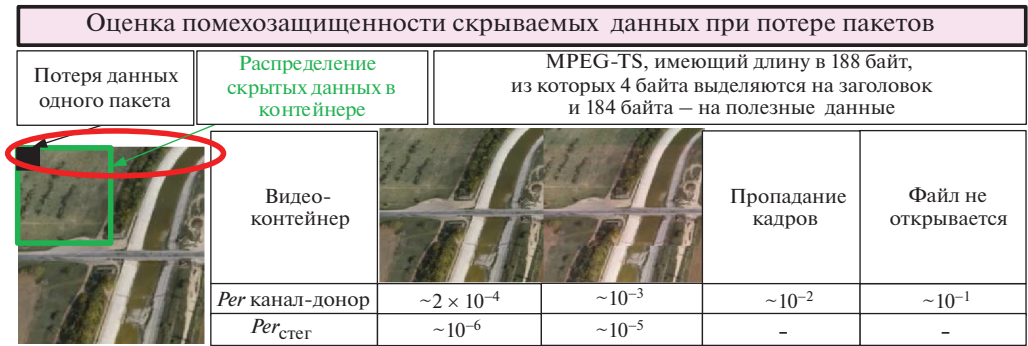


Рис 3. Оценка вероятности ошибки на бит скрываемых данных от вероятности ошибки на бит в канале-доноре.

тери пакета) как в канале-доноре, так и в скрытом канале, и позволяют сформировать практические рекомендации по организации скрытой передачи в структуре видеоданных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грибунин В.Г., Оков И.Н., Туринцев И.В. Цифровая стеганография. М.: Солон-Пресс, 2002. 272 с.

2. Конахович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. Киев: МК-Пресс, 2006. 283 с.

3. Smith J., Comiskey B. // International Workshop on Information Hiding. Berlin; Heidelberg: Springer, 1996. P. 207.

4. Marvel L., Boncelet C., Retter J. // Proceedings of 2nd Workshop on Information Hiding. Lecture Notes in Computer Science. 1998.

5. Koch E., Zhao J. // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. 1995. P. 123.

6. Fridrich J. // Proceedings of the SPIE Conference on Mathematics of Data/Image Coding. Compression and Encryption. 1998. V. 3456. P. 2.

7. Абазина Е.С., Ерунов А.А. // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2016. Вып. 655. С. 5.

8. Абазина Е.С. // Вопросы радиоэлектроники. Серия Техники телевидения. 2015. № 2. С. 108.

9. Ерунов А.А. // Информация и космос. 2017. № 2. С. 81.

10. Цветков К.Ю., Ерунов А.А., Леванов Д.В. // Известия института инженерной физики. 2021. Т. 62. № 4. С. 20.

11. Абазина Е.С., Ерунов А.А., Коровин В.М. // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2018. Вып. 665. С. 35.