

Исследование эффективности метода стохастической модуляции для стеганографического встраивания в тепловые видеоданные

А.Ю. Баврина

*Институт систем обработки
изображений - филиал ФНИЦ
«Кристаллография и фотоника»
РАН
Самарский национальный
исследовательский университет им.
академика С.П. Королева
Самара, Россия
bavrina@mail.ru*

Д.Д. Карнаухов

*Самарский национальный
исследовательский университет им.
академика С.П. Королева
Самара, Россия
darzy1997@gmail.com*

В.А. Федосеев

*Самарский национальный
исследовательский университет им.
академика С.П. Королева
Институт систем обработки
изображений - филиал ФНИЦ
«Кристаллография и фотоника»
РАН
Самара, Россия
vicanfed@gmail.com*

Аннотация—Исследуется метод стеганографического встраивания информации в данные съемки тепловой камеры. После оценки особенностей шумовой составляющей тепловизионных видеоданных предлагается использование метода стохастической модуляции, заключающегося в замене шума камеры на шум с аналогичными параметрами, содержащий встраиваемую информацию. Исследуются такие показатели, как объем встраиваемой информации, соответствие встраиваемого шума исходному и стойкость к стегоанализу.

Ключевые слова— *стеганография, метод стохастической модуляции, тепловые видеоданные.*

1. ВВЕДЕНИЕ

Стеганография играет важную роль для безопасной передачи информации в современном цифровом мире. Значительную часть визуальной информации, передаваемой по открытым каналам связи, составляют данные оптических камер, полученные в видимом диапазоне света. Однако в последнее время активнее стали использоваться данные тепловых камер, имеющие свои особенности, поэтому задача разработки методов скрытой передачи информации с использованием тепловых видеоданных является актуальной.

Тепловые видеоданные используются во многих областях: медицина [1], промышленность (например, неразрушающий контроль материалов), системы видеонаблюдения [2], аутентификации, системы анализа при чрезвычайных ситуациях [3]. Встраивание в тепловые данные производится для проверки их подлинности, а также для передачи дополнительной информации (например, в медицине, данных о диагнозе пациента, параметрах области интереса, изображения этой области в видимом диапазоне).

Для обеспечения скрытности факта передачи, методы встраивания информации должны учитывать особенности контейнера. Для тепловых видеоданных характерны низкие значения отношения сигнал/шум и контрастности. Источниками искажений являются шумы в датчиках, особенности считывания заряда, условия окружающей среды, колебания температуры объекта, использование методов сжатия.

Исследованию качества тепловых видеосистем посвящен ряд работ. Некоторые исследователи [4] ограничиваются оценкой величины NETD (Noise Equivalent Temperature Difference - разница температур, эквивалентная шуму), другие же исследуют искажения более детально [5, 6]. На практике характер искажений конкретной камеры должен быть оценен по имеющимся видеоданным и для упрощения многие исследователи принимают аддитивную гауссову модель шумов на тепловых изображениях.

В настоящей работе также используется гауссова модель шумов на тепловых видеоданных, параметры которой оцениваются по отдельным кадрам. При стеганографическом встраивании предлагается использовать метод стохастической модуляции [7] для замены шума камеры на шум с аналогичными параметрами, содержащий встраиваемую информацию.

2. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДУЛЯЦИИ ДЛЯ ВСТРАИВАНИЯ В ТЕПЛОВЫЕ ВИДЕОДАННЫХ

Стохастическая модуляция - это метод стеганографического встраивания, при котором в отдельные пиксели встраивается сообщение путем добавления к изображению шумового сигнала с вероятностным распределением, симметричным относительно нуля [7]. В работе исследовались два варианта метода: с использованием одной (SM - Stochastic Modulation) и двух (ISM - Improved Stochastic Modulation) шумовых последовательностей с нормальным законом распределения.

Для встраивания информации в тепловые видеоданные были выполнены следующие действия:

- Фильтрация кадров видеопоследовательности локальным фильтром (удаление шумовой составляющей).
- Вычисление шума как разницы между исходным кадром и результатом фильтрации.
- Оценка характеристик шума (мат. ожидания и дисперсии).

- Генерация шумовой последовательности с нормальным распределением и полученными на предыдущем этапе параметрами.
- Встраивание секретного сообщения методом стохастической модуляции в результат фильтрации с использованием сгенерированной шумовой последовательности.
- Оценка эффективности встраивания: ёмкости, соответствия стегошума исходному, способности быть обнаруженным с использованием широко применяющихся стегодетекторов.

Работоспособность и эффективность метода встраивания были исследованы с использованием натуральных тепловых видеопоследовательностей в формате без сжатия из тестового набора [8]. Для сравнения также были использованы простейшие методы встраивания, такие, как LSB (Least Significant Bit) и "±1 встраивание".

На рис. 1 представлены диаграммы ёмкости встраивания (количество бит встраиваемого сообщения на отсчет видеопоследовательности). Для исследуемых методов SM и ISM эти значения меньше единицы из-за ограничений метода и зависят от параметров шума.



Рис. 1. Ёмкость встраивания (бит на отсчет)

Рис. 2 показывает степень соответствия стегошума исходному (мера схожести гистограмм). В этой части экспериментов шумовые составляющие исходного видео и стеговидео были оценены межкадровым способом по статичному фрагменту.

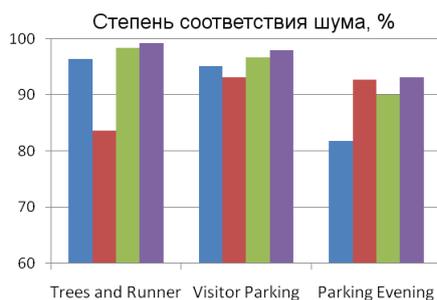


Рис. 2. Степень соответствия исходного шума и стегошума

Для исследования устойчивости метода встраивания были использованы стегодетекторы SPAM [9] (Subtractive Pixel Adjacency Matrix) и SP (Sample Pairs). SP ожидаемо показал детектируемость факта встраивания только для LSB. Признаки, вычисленные с помощью SPAM, использовались для обучения линейного классификатора SVM. Обучение производилось на базе оптических изображений BOSS [10] (так как авторы не располагали

полноценной базой тепловых видеоданных), тестирование – на базе BOSS и базе TERMO (составлена авторами из базы [8] и собственных тепловых видео). Результаты, представленные в Таблице 1, показывают, что встраивание в тепловые видеоданные не обнаруживается стегодетектором, настроенным на оптические данные.

Таблица 1. Точность обнаружения факта встраивания

обучение	тестирование		
	BOSS + SM	BOSS + LSB + "±1"	TERMO + SM
BOSS + SM	0,95	0,49	0,44
BOSS + LSB + "±1"	0,58	0,93	0,28

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассматривается перспектива применения метода стохастической модуляции для стеганографического встраивания в данные видеосъемки тепловых камер. К недостаткам метода можно отнести необходимость знания на принимающей стороне статистики распределения шумовой составляющей (вида распределения, его параметров, начального значения генератора). Дальнейшие исследования необходимо направить на составление полноценной базы тепловых видео и исследовании на ней эффективности и стегоустойчивости рассматриваемого метода встраивания.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 19-29-09045 мк).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Velumani, R. A Semiblind Reversible Watermarking Scheme for Authentication and Fusion of Facial Thermograms / R. Velumani, V. Seenivasagam // Asian Journal of Scientific Research – 2013. – Vol. 6(1). – P. 78-87. DOI: 10.3923/ajsr.2013.78.87.
- [2] Lahmyed, R. A new thermal infrared and visible spectrum images-based pedestrian detection system / R. Lahmyed, M. El Ansari, A. Ellahyani // Multimedia Tools and Applications. – 2019. – Vol. 78. – P. 15861-15885. DOI: 10.1007/s11042-018-6974-5.
- [3] de Vries, J. Image processing and noise reduction techniques for thermographic images from large-scale industrial fires / J. de Vries // QIRT. – 2014. DOI: 10.21611/qirt.2014.042.
- [4] Redjimi, A. Noise Equivalent Temperature Difference Model for Thermal Imagers, Calculation and Analysis / A. Redjimi, D. Knezevic, K. Savic, N. Jovanovic, M. Simovic, D. Vasiljevic // Scientific Technical Review. – 2014. – Vol. 64(2). – P. 42-49.
- [5] Alparone, L. Noise modeling and estimation in image sequences from thermal infrared cameras / L. Alparone, G. Corsini, M. Diani // Proc. SPIE, Image and Signal Processing for Remote Sensing X. – 2004. – Vol. 5573. – P. 381-389. DOI: 10.1117/12.567998.
- [6] Евтихийев, Н.Н. Метод измерения шумов цифровых камер автоматической сегментацией голосовой сцены / Н.Н. Евтихийев, А.В. Козлов, В.В. Краснов, В.Г. Родин, Р.С. Стариков, П.А. Черёмхин // Компьютерная оптика. – 2021. – Т. 45, № 2. – С. 267-276. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-815.
- [7] Fridrich, J. Digital image steganography using stochastic modulation / J. Fridrich, M. Goljan // Proceedings of the SPIE. – 2003. – Vol. 5020. – P. 191-202. DOI: 10.1117/12.479739.
- [8] INO's Video Analytics Dataset [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.ino.ca/en/technologies/video-analytics-dataset>.
- [9] Feature Extractors for Steganalysis [Electronic resource]. – Access mode: http://dde.binghamton.edu/download/feature_extractors.
- [10] Bas, P. Break Our Steganographic System: the ins and outs of organizing BOSS / P. Bas, T. Filler, T. Pevný, S. Craver, A. Ker // Computer Science: Springer, Berlin, Heidelberg. – 2011. – Vol. 6958.