

УДК 004.415.24;519.22

Л.Л. Никитенко

ВСТРАИВАНИЕ ДАННЫХ В ВИДЕО. Часть 1

Введение

Системы цифровых водяных знаков (ЦВЗ) стали одним из наиболее перспективных направлений развития методов защиты цифровой информации. Поскольку факт присутствия ЦВЗ скрывается не всегда, основной особенностью систем ЦВЗ является выполнение требования стойкости к типичным активным атакам, например к сжатию с потерями. Встраивание ЦВЗ в цифровые видеосигналы может осуществляться в исходный сигнал до применения сжатия/кодирования, в процессе сжатия/кодирования на основе используемых методов и параметров сжатия/кодирования или после него, встраиванием битов ЦВЗ в закодированный и сжатый битовый поток.

В самых ранних из предложенных методов встраивания ЦВЗ [1–3] использовалась стратегия квантования–замены: сначала выполняется квантование ведущего сигнала, а потом для внедрения информации изменяются квантованные величины. Простой пример такой системы — так называемая модуляция наименьшего значащего бита (НЗБ), где он при квантовании ведущего сигнала заменен двоичным представлением внедренного сигнала. Позже получили значительное распространение методы, основанные на аддитивном расширении спектра (РС), в которых при внедрении информации ведущий сигнал линейно комбинируется с малым псевдослучайным сигналом, смоделированным внедренным сигналом [4–7]. Еще позже был предложен метод модуляции индекса квантования (МИК) [8], в котором все значения ведущего сигнала разделяются на два (и более) множества для встраивания 0 и 1 соответственно, что расширяет возможности построения стойких систем ЦВЗ.

В последние годы стали появляться публикации по встраиванию ЦВЗ, созданные именно для видеопоследовательностей. В первой части обзора рассматриваются научные работы о встраивании ЦВЗ в цифровое видео с использованием параметров существующих стандартов сжатия/кодирования видеосигналов; с использованием уже закодированной информации, считающейся наиболее существенной для корректного восстановления видеосигнала; с использованием движения объектов в последовательности кадров. Во второй части будут рассмотрены работы по встраиванию ЦВЗ, использующие специфику видеосигналов как последовательности медленно меняющихся трехцветных кадров.

Встраивание данных в тип блока для записи вектора движения

В работе [9] предложена идея защиты видеоданных, сжатых и закодированных в стандарте H.264, с использованием размеров блоков для записи вектора движения.

Напомним, что такое векторы движения и как они используются для кодирования видео. Поскольку кадры в видеопоследовательности меняются незначи-

тельно, последовательность кадров имеет большую избыточность. Для эффективного сжатия видео некоторые кадры кодируются полностью, а для остальных кадров кодируется только отличие от уже закодированных кадров, т.е. выполняется кодирование с предсказанием по времени. В процессе кодирования в закодированном ранее кадре выбирается макроблок (опорный макроблок), наиболее похожий на текущий кодируемый макроблок. Опорный макроблок вычитается из текущего макроблока, остаток, если он есть, кодируется и записывается в видеопоследовательность. Кроме того, оценивается, кодируется и записывается в видеопоследовательность разница в местоположении опорного и текущего макроблоков в неподвижной системе координат, эта разница и называется вектором движения.

В стандарте H.264 для записи вектора движения используются семь типов блоков (16×16 , 16×8 , 8×16 , 8×8 , 8×4 , 4×8 , 4×4). После оценки вектора движения его запись производится в блок таких размеров, который улучшает кодирование/сжатие. Основная идея предложенной схемы встраивания сообщения (или ЦВЗ) состоит в том, чтобы вынудить кодер выбрать размеры блока не в целях эффективности кодирования, а согласно требованиям встраивания данных.

Для простоты использовано только четыре типа блока. Сначала каждому типу блока присваивается двоичный код, по два бита на блок:

тип блока: 16×16 , 16×8 , 8×16 , 8×8 ;
соответствующий двоичный код: 00 01 10 11.

Затем встраиваемое сообщение преобразуется в двоичное число, которое разбивается на пары битов, которые встраиваются в макроблоки, кодируемые с компенсацией движением. На рис. 1 показано использование выбранных типов блоков.

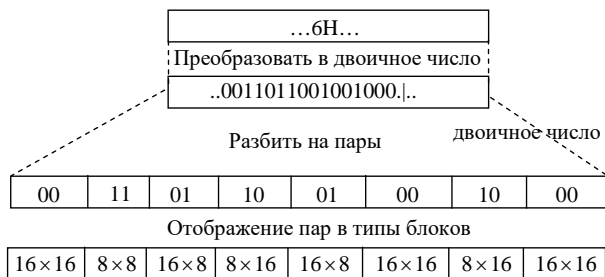


Рис. 1

Для корректного обнаружения встроенной информации в видеопотоке необходимо передавать такие параметры встраивания:

- 1) стартовый кадр — кадр, с которого алгоритм запускает встраивание;
- 2) стартовый макроблок — макроблок в пределах выбранного кадра, с которого алгоритм запускает встраивание;
- 3) число макроблоков — число макроблоков в пределах кадра для встраивания (макроблоки могут быть последовательными или рассредоточенными в пределах кадра по заданному шаблону, чем больше число макроблоков, тем большая достижимая емкость встраивания);
- 4) период кадра — число кадров до повторного встраивания (этот параметр увеличивает вероятность извлечения сообщения при отсутствии некоторых частей видеопоследовательности, но для маленьких периодов при слишком частом повторении сообщения может повлиять на эффективность кодирования);

Из видеопоследовательности синхронно считывается информация о параметрах встроенного сообщения и само сообщение.

Алгоритм встраивания является решающим алгоритмом (блок-схема показана на рис. 2). Когда появляется кадр, который кодируется с предсказанием по времени, алгоритм принимает решение о возможности его использования для

встраивания сообщения в соответствии с параметрами конспирации. При положительном решении среди макроблоков кадра выбираются кандидаты для встраивания, для них выполняется оценка движения с принудительным выбором типа блока согласно сообщению (см. рис. 1). Само кодирование продолжается в нормальном режиме. Другими словами, алгоритм просто заменяет процесс оценки движения, обычно выполняющийся кодером.

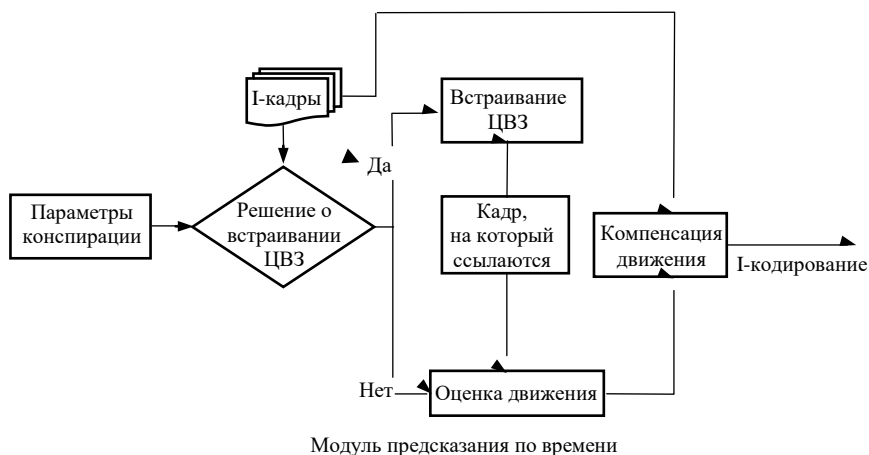


Рис. 2

Авторы работы [9] утверждают, что предложенная схема может обеспечить очень большую пропускную способность канала встраивания пропорционально размеру ведущей видеопоследовательности. Большая емкость встраивания и невозможность обнаружить встроенную информацию в закодированном видеопотоке позволяют встраивать не только маленькие по объему ЦВЗ в целях защиты цифрового видео, но и передавать тайные сообщения, т.е. создавать стеганоканал. Главное преимущество состоит в том, что визуальное качество видео и эффективность кодирования при правильном управлении параметрами конспирации не меняются. Утверждается, что обнаружить данные в декодере чрезвычайно трудно, что увеличивает невидимость скрытого сообщения. Наконец, система встраивания–извлечения является слепой и не требует исходного видео.

Предложенный метод авторы изучали с помощью моделирования для программного обеспечения JVT, версия 11.0. Исследовалось несколько видеопоследовательностей в формате QCIF. По результатам моделирования авторы сделали вывод, что предложенная схема фактически не меняет отношение сигнал/помеха по мощности (PSNR). Объясняется это отсутствием ограничения на скорость передачи информации в битах, и, как следствие, отсутствием потерь информации. Из-за отсутствия оптимизации в выборе типа блока для записи векторов движения наблюдалось увеличение объема всего битового потока. Битовая скорость передачи информации возрастала пропорционально росту объема битового потока, вызванного встраиванием ЦВЗ.

Встраивание формы/движения в текстуру методом МИК для МРЕС-4 видео

В работе [10] для встраивания ЦВЗ авторы предложили использовать метод модуляции индекса квантования.

Для выбора метода кодирования и встраивания данных в видео авторы опираются на требование автоматического повтора (ТАП) и кодирования с предварительным контролем ошибок (ПКО). Однако в реальном времени ТАП не всегда выполнимо из-за неприемлемой задержки ретрансляции (повторной передачи). Поэтому для улучшения работы беспроводных передач видеообъектов выбран подход ПКО со встраиванием данных.

Ссылаясь на возрастающий интерес к международному стандарту MPEG-4 [11], авторы ориентировали на него свои исследования. Согласно спецификации MPEG-4 видеоданные состоят из данных о форме, движении и текстурной информации, которые имеют совершенно различные стохастические характеристики и потребление битовой нормы. Во многих случаях форма оказывает более сильное влияние на качество восстановленного видео, чем текстура. Этим мотивируется неравная защита формы и компонентов текстуры объектов при кодировании и передаче видео. Неравная защита подразумевает более высокий приоритет в распределении битов во время исходного кодирования для важных данных, кодирование большей избыточностью и приоритеты во время передачи. Однако, по мнению авторов работы [10], такие решения основываются на видео с предварительным кодированием и не учитывается видео с произвольно оформленными объектами видео. Кроме того, совместное кодирование исходного канала с объектно-ориентированным кодированием видео все еще остается неизведанной областью, имеющей ограниченное число публикаций. Также авторы считают, что встраивание данных увеличит стойкость к помехам закодированных исходных данных. При этом имеется в виду, что дополнительная информация о важных особенностях, таких как форма объектов и векторы движения, встраивается в закодированный битовый поток в целях восстановления данных о важных особенностях в случае их повреждения. Решение проблемы авторы подразделяют на три основных направления:

- 1) предложена новая схема кодирования источника канала с оптимальной общей (битовой) нормой-искажением на основе объектно-ориентированного видео;
- 2) введен гибридный подход неравной защиты, в котором по-разному защищаются форма и текстура в источнике и в кодировании канала;
- 3) встроенные данные добавляются в совместно закодированный рабочий кадр источника-канала.

Полное кодирование источника-канала и встраивание данных оптимизированы совместно алгоритмом, который считается эффективным и оптимальным. Авторы называют рассматриваемый случай встраивания данных методом модуляции индекса квантования нечетно-четным методом МИК. Данные ведущего сигнала X — квантованные коэффициенты дискретного косинусного преобразования (ДКП) текстуры. В нечетно-четном МИК данные встраиваются в ненулевые квантованные АС коэффициенты*. Если встраиваемый бит является «0», квантованный коэффициент АС изменяется на четное число; иначе коэффициент АС изменяется на нечетное число, схемы встраивания и извлечения данных можно представить так:

$$y_i = \text{Embed}(x_i, m_i) = \begin{cases} x_i + 1, & \text{если } x_i > 0 \text{ и } (x_i - m_i) \bmod 2 \neq 0, \\ x_i - 1, & \text{если } x_i < 0 \text{ и } (x_i - m_i) \bmod 2 \neq 0, \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{и } \hat{m}_i = \text{Extractbed}(\hat{y}_i) = \hat{y}_i \bmod 2, \quad (2)$$

где x_i и \hat{y}_i — соответственно оригинальный и восстановленный i -й АС коэффициенты, m_i — встроенный бит, \hat{m}_i — бит сообщения на стороне получателя, i — индекс бита m_i сообщения m . Выход модулированных операций в (1) и (2) равен 0 или 1.

Метод простой для встраивания и декодирования, предполагает большую емкость встраивания данных с небольшой сложностью и большой гибкостью (по сравнению с методами расширения спектра), что дает возможность кодеру по ситуации решать, сколько информации встраивать в каждый блок.

* АС коэффициенты — это все коэффициенты блока 8×8 кроме самого верхнего правого (среднего значения).

Встраивание формы/движения в текстуру для MPEG-4 видео. В MPEG-4 данные формы/движения и текстуры упакованы в одном пакете, но разделены маркером движения: данные о форме/движении; маркер движения; текстурные данные. При правильном приеме данных о форме и движении и при возникновении ошибки в текстурных данных используется имеющийся в наличии вектор движения, позволяя маскировать поврежденную текстуру. Однако, поскольку при декодировании текстуры полагаются на информацию, хранящуюся в данных о форме/движении, т.е. на вектор движения текстуры, моду кодирования текстуры и тип кодирования бинарного упорядоченного блока формы (binary alpha block — ВАВ), при повреждении данных о форме/движении весь пакет будет забракован даже при неповрежденных данных текстуры.

В работе [10] информацию о форме и движении предлагается встраивать в данные текстуры с тем, чтобы иметь возможность самодекодирования (self-decodable). Утверждается, что в этом случае текстурные данные можно использовать даже при повреждении данных о форме/движении. Кроме того, встроенные данные частично могут помочь восстановить утраченные форму и векторы движения. Предлагается встраивать данные (см. таблицу), критические для декодирования текстуры: тип формы ВАВ, COD (1-битовый флажок, который сообщает, закодирован ли макроблок), моду кодирования текстуры, образец закодированного яркостного блока (СВРС). Также могут быть встроены целочисленные векторы движения в диапазоне $[-16, 16]$ и версия формы (с самым низким разрешением 4×4 для представления оригинальной матрицы ВАВ 16×16).

Таблица

Информация для встраивания в текстурные данные		Число встраиваемых битов	Необходимость для декодирования текстуры
Тип формы ВАВ	светлый	1	да
	темный	1	
	с границами	2+4	
COD		1	да
Мода текстуры		1	да
СВРС		2	да
Вектор движения текстуры		10	нет
Форма с потерями		4-16	нет

Емкость встраивания зависит от числа ненулевых квантованных коэффициентов ДКП. Чтобы эффективно распределить встраиваемые данные в пределах количества имеющихся ненулевых коэффициентов, предлагается пять уровней режима встраивания: (0) без встраивания; (1) встроена только важная информация; (2) встроена важная информация и векторы движения; (3) встроена важная информация и форма с потерями; (4) встроена важная информация, векторы движения и форма с потерями. Режим встраивания также встроен. Когда число ненулевых квантованных коэффициентов ДКП равно нулю, декодер автоматически решает, что встроеной информации нет. Подчеркивается, что выбор режимов встраивания оптимизируется на основе параметров кодирования источника, параметров кодирования канала, условиями канала и стратегией маскировки ошибок.

В работе одновременно рассматривались кодирование источника, кодирование канала, встраивание данных и маскировка ошибок восстановленного оптимизированного кадра. Выбирая источник, параметры кодирования канала и уровень встраивания данных, авторы стремились минимизировать общее ожидаемое искажение при заданном битовом бюджете на кадр:

$$\text{Minimize } E[D_{tot}], \text{ Subject to } R \leq R_{\text{budget}},$$

где $E[D_{tot}]$ — ожидаемое общее искажение на кадр, R — фактическая битовая норма на кадр (включая норму кодирования источника и канала) и R_{budget} — битовый бюджет на кадр.

Результаты экспериментов [10]. При проведении экспериментов предполагалось, что первый кадр в видеопоследовательности кодируется полностью (т.е. является I-кадром), шаг квантования равен 6, канал достаточно защищен для корректного получения информации декодером. Это предположение позволило сделать одинаковыми начальные условия для всех экспериментов. Рассматривались только те кадры, в которых данные о форме объектов кодируются полностью, без предсказания. Было проведено три серии экспериментов.

В первой серии сравнивалось кодирование источника с использованием адаптивной схемы со встроенными данными и без ее использования. Закодированная информация об источнике (без кодирования канала) передавалась по беспроводным каналам при $BER = 10^{-3}$ и $BER = 10^{-4}$. Сравнение результатов с использованием адаптивной схемы и без нее при оптимальном кодировании источника в обоих случаях показало, что при очень низкой битовой норме оба подхода выполняются одинаково. Такой результат объясняется тем, что текстурные данные в этом случае кодируются с очень грубым качеством и количество ненулевых коэффициентов ДСТ меньше, чем нужно даже для первого уровня встраивания. С ростом битовой нормы возрастает число ненулевых коэффициентов ДСТ, появляется возможность встраивания дополнительной информации. Более того, оказалось, что плата (в смысле пикового отношения сигнала к помехе — PSNR) за использование встроенных данных уменьшается при использовании лучшего канала (с меньшим BER). Авторы объясняют это тем, что плата за использование встроенных данных зависит от способности восстановить форму объекта. Однако с ростом BER возрастает и вероятность разрушения формы.

В целом авторы делают вывод, что эксперименты подтверждают предположение об улучшении качества видео за счет встроенных данных. Однако нельзя делать вывод, что качество тем лучше, чем больше встроено дополнительной информации. Поскольку связь между битовой нормой источника, искажением и встраиванием данных достаточно сложная, больший объем встраивания может внести более сильное искажение в текстуру.

Вторая серия опытов посвящалась совместному кодированию источника и канала, использовалось три подхода:

- 1) одинаковая защита от ошибок для текстуры и формы (при кодировании канала);
- 2) неравная защита текстуры и формы;
- 3) гибридный метод (форма и текстура защищены одинаково при кодировании канала, данные формы и движения встроены в текстуру на разных уровнях).

Согласно результатам экспериментов при больших битовых нормах (при достаточном количестве ненулевых коэффициентов ДКП для встраивания) гибридный метод работает существенно лучше первых двух при $SNR = 6$, но при $SNR = 10$ это преимущество практически исчезает. Полученный результат объясняют тем, что при более сильном сигнале (с ростом SNR) снижается вероятность повреждения передаваемой информации.

Третья серия экспериментов проводилась с целью показать преимущества предложенного подхода для последовательностей объектов с быстрым движением. В результате экспериментов авторы пришли к выводу, что для $SNR = 6$ лучше работает неравная защита текстуры и формы, но для $SNR = 10$ преимущество следует отдавать гибридному методу. Такие результаты объясняют тем, что эф-

фактивное кодирование видеопоследовательностей с быстрым движением значительно полагается на информацию о форме и движении, способность противостоять ошибкам для таких данных становится особенно важной.

В работе [10] задача встраивания ЦВЗ не рассматривалась, однако с этой точки зрения работа тоже интересна. Если биты ЦВЗ встроены в параметры формы или движения, то встроенная информация автоматически дублируется в текстурных данных.

Возможен и другой, более простой вариант встраивания ЦВЗ. В таблице под вектор движения текстуры отводится 10 бит, часть которых можно просто использовать для встраивания ЦВЗ, особенно если вектор движения равен нулю. Тогда в текстурном макроблоке будет храниться информация о ЦВЗ и о форме объектов (для сохранения лучшего качества видео).

Встраивание водяных знаков в движущиеся объекты переднего плана видеопоследовательности методом расширения спектра

В работе [12] авторы исследуют влияние скорости движения объектов переднего плана на незаметность встроенного водяного знака. Основанием для исследований послужили особенности восприятия движущихся объектов психовизуальной системой зрения человека. Глаз человека может замечать подробности в пространственной области только тогда, когда количественно движение находится в определенном диапазоне. Фактически существуют нижняя и верхняя границы восприятия движения, за их пределами восприятие высокочастотных подробностей невозможно (глаз и мозг человека не воспринимают их).

Значения двух порогов движения считались фундаментальными. Для разных методов встраивания и разных видеопоследовательностей количество и острота искажений при встраивании ЦВЗ изменяется не одинаково. Рассматривая артефакты, вызванные маркировкой (как шум), авторы хотели определить зависимость между воспринятым раздражением и зашумлением. Предполагалось, что артефакт будет менее раздражающим, если объект на переднем плане относительно фона будет двигаться быстрее. Был спроектирован неформальный субъективный эксперимент. Для количественного определения порогов авторы на группе людей провели ряд психофизических экспериментов. Использовались два синтетических видео сдвигающимися объектами, скоростью которых можно было управлять на протяжении пяти секунд. В синтетическом видео «автомобиль» красного цвета двигался на сером фоне, в видеопоследовательности «луна» изображение реальной луны искусственно перемещалось по контрастному фону (рис. 3).



Рис. 3

Для оценки количества движения в заданной области использовался оптический поточный алгоритм. Например, в кадре в позиции (x_0, y_0) в пределах окна поиска W , центрированного в точке (x, y) , определялся i -й пиксел. По мнению авторов [12], для минимизации энергии различия двух кадров можно использо-

вать любой критерий оптимальности. Чтобы оценить количество движения области (блока), в своих экспериментах авторы использовали оптический поточный алгоритм, который обеспечивал оценку движения между двумя кадрами с точностью до полпиксела. Оцененное смещение, нормализованное относительно продолжительности кадра Δt_p , сравнивалось с порогами движения, T_{\max} и T_{\min} . Пиксели (x, y) , принадлежащие областям с векторами движения выше T_{\max} , считались имеющими высокую норму движения. Для пикселей (x, y) , принадлежащих областям с векторами движения ниже T_{\min} , норма движения считалась низкой. Области кадра, состоящие из высоких и низких пикселей движения, определялись согласно следующим соотношениям:

$$H_i = \{(x, y) \mid d(x, y) \geq T_{\max}, (x, y) \in W\},$$

$$L_i = \{(x, y) \mid d(x, y) \leq T_{\min}, (x, y) \in W\}.$$

Маска важности $M_i(x, y)$ движения (x, y) определялась как бинарная маска: пикселям с нормой движения выше T_{\max} и ниже T_{\min} присваивались значения 1, а остальным — 0:

$$M_i(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } (x, y) \in (H_i \cup L_i), \\ 0 & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Так как пороги оценивались согласно перцепционной визуальной системе человека и на основе решения людей, был выполнен субъективный эксперимент.

Для встраивания ЦВЗ использовался метод блочного расширения спектра, а именно, двумерная бинарная метка (ЦВЗ) с нулевым средним умножалась на некоррелированную псевдослучайную шумовую матрицу, масштабировалась и затем добавлялась к средним (или высоким) коэффициентам ДКП выбранных блоков яркостной компоненты сигнала. Для изменения мощности водяного знака использовался коэффициент масштабирования α . Увеличение α ухудшает качество видео.

Постановка эксперимента. Для тестирования были выбраны тридцать субъектов, недостаточно опытных относительно артефактов видео и соответствующей терминологии. Для показа тестовых последовательностей видео использовался общий монитор компьютера. Субъект находился перед монитором на расстоянии 80 см от видеомонитора, эксперимент выполнялся с каждым субъектом отдельно.

Экспериментальный сеанс содержал четыре этапа: устные инструкции, показ тестовых последовательностей (для установления диапазона раздражения), практические испытания, идентичные экспериментальным (10 % общего количества испытаний), фактический эксперимент с полным набором испытательных последовательностей.

После показа каждого видео испытуемого просили оценить раздражающее искажение по шкале от 0 до 100, сравнивая с худшим дефектным представлением в учебных последовательностях. Для определения величины раздражения мощность метки α менялась от значений с почти незаметным водяным знаком до очень раздражающего водяного знака. Точнее, мощность α варьировалась изменением значений PSNR маркированного объекта: 23 дБ, 28 дБ, 31 дБ.

Предложенный подход проверялся и на реальном видео. Камера следовала за движением основного объекта. Никакого относительного движения между передним планом и фоном не было. Области для встраивания ЦВЗ выбирались с помощью описанного метода, водяной знак встраивался в средние частоты ДКП. Рассматривались различные значения мощности водяного знака.

Общее количество испытательных последовательностей, используемых в эксперименте, 135, включая (3 оригинальных испытательных последовательности) \times (3 множителя PSNR) \times (15 различных скоростей объектов). Движение получалось в результате изменения позиции движущегося объекта в пределах от 1 пиксел./кадр до 15 пиксел./кадр. Во время основного эксперимента последовательности показывали в случайном порядке.

Из экспериментальных результатов следует, что при любой мощности ЦВЗ уровень раздражения для скорости объекта 10 пиксел./кадр ниже, чем для скорости 2 пиксел./кадр. Кроме того, восприятие шума изменяется согласно мощности ЦВЗ α : большая мощность вызывает большее раздражение. В пределах рассматриваемого интервала скоростей движения объекта зависимость раздражения от мощности можно считать линейной.

Субъективное тестирование на реальном видео показало, что раздражение является почти постоянным, независимо от скорости объекта на переднем плане. Раздражение уменьшалось, когда в сцене появлялся новый объект.

На основании исследований был сделан вывод, что хорошими порогами являются $T_{\min} = 1$ пиксел./кадр и $T_{\max} = 10$ пиксел./кадр, а также, что влияние встроенных данных на восприятие видео средним наблюдателем уменьшается с ростом скорости движения, т.е. при движении 2 пиксел./кадр наличие встроенных данных заметнее, чем при движении 10 пиксел./кадр.

Заключение

В первой части обзора проанализированы три научные работы о встраивании дополнительной информации в цифровые видеопоследовательности. Встраивание в параметры кодирования, определяемые согласно выбранному стандарту кодирования, делает встроенную в видеосигнал информацию совершенно необнаруживаемой. Однако такое встраивание уничтожается перекодированием, поэтому может использоваться в каналах, защищенных от подобных атак. Использование уже закодированной информации, считающейся наиболее существенной для корректного восстановления видеосигнала, в определенных условиях помогает восстанавливать сигнал с лучшим качеством. Практически в любой системе поиска встроенной информации первоначально используется обычный наблюдатель. Быстрое движение объектов переднего плана в последовательности кадров помогает «спрятать» встроенную информацию от психовизуальной системы зрения человека.

Во второй части обзора будут проанализированы научные работы зарубежных авторов о встраивании ЦВЗ до кодирования видеопоследовательности, использующие для встраивания коэффициенты вейвлет-преобразования и специфику видеосигналов, как последовательности медленно меняющихся трехцветных кадров. Также будет выполнен сравнительный анализ рассмотренных методов встраивания.

Л.Л. Нікітенко

ВКРАПЛЕННЯ ДАНИХ У ВІДЕО. Частина 1

Розглядаються перспективні наукові публікації щодо вкраплення цифрових водяних знаків у цифрове відео. Досліджено методи з використанням параметрів існуючих стандартів стиску/кодування, закодованої інформації, найбільш істотної для коректного відновлення видеосигналу; руху об'єктів у послідовності кадрів.

VIDEO DATA EMBEDDING. Part I

The promising scientific papers that deal with video digital watermarks embedding are considered. The methods using the existing standards of compression/coding parameters; using already coded information that is most essential to correct restoration of video signal; using motion rate of the frame sequence objects are presented.

1. *Swanson M.D., Zhu B., Tewfik A.H.* Data hiding for video-in-video // Proceedings of the 1997 IEEE Intern. Conf. on Image Proces. (Piscataway, NJ). — 1997. — **2**. — P. 676–679.
2. *Barton J.M.* Pat. #5,646,997. Method and apparatus for embedding authentication information within digital data. United States. 1997.
3. *Tanaka K., Nakamura Y., Matsui K.* Embedding secret information into a dithered multi-level image // Proceedings of the 1990 IEEE Military Com. Conf. — 1990. — P. 216–220.
4. *Bender W., Gruhl D., Morimoto N., Lu A.* Techniques for data hiding // IBM Systems Journ. — 1996. — **35**, N 3–4. — P. 313–336.
5. *Cox I.J., Killian J., Leighton T., Shamoon T.* A secure, robust watermark for multimedia // Inform. Hiding. First Intern. Workshop Proceed. — 1996. — P. 185–206.
6. *Smith J.R., Comiskey B.O.* Modulation and information hiding in images // Ibid. — 1996. — P. 207–226.
7. *Hernandez J.R., Perez-Gonzalez F., Rodriguez J.M., Nieto G.* Performance analysis of a 2-D-multipulse amplitude modulation scheme for data hiding and watermarking of still images // IEEE Journ. on Selected Areas in Com. — 1998. — **16**. — P. 510–524.
8. *Chen B., Wornell G.W.* Quantization index modulation: a class of provably good methods for digital watermarking and information embedding // IEEE Transact. on Inform. Theory. — 2001. — **47**, N 4. — P. 1423–1443.
9. *Kapotas S.K., Varsaki E.E., Skodras A.N.* Data hiding in H.264 encoded video sequences // IEEE 9th Workshop on Multimedia Signal Proces. October 1–3, 2007, Crete. — P. 373–376.
10. *Wang H., Tsafaris S.A., Katsaggelos A.K.* Joint source-channel coding for wireless object-based video communications utilizing data hiding // IEEE Transact. on Image Proces. — 2006. — **15**, N 8. — P. 2158–2169.
11. *Brady N.* MPEG-4 Standardized method for the compression of arbitrary shaped video objects // IEEE Transact. on Circuits and Systems for Video Technology. — 1999. — **9**, N 8. — P. 1170–1189.
12. *Neri A., Campisi P., Carli M., Drelie Gelasca E.* Watermarking hiding in video sequences // First Internat. Workshop on Video Proces. and Quality Metrics for Consumer Electronics, Scottsdale, Arizona, USA, SPIE, 2005.

Получено 02.12.2011

Статья представлена к публикации чл.-корр. НАН Украины В.К. Задиракой.