

# ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОДОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО МЕТОДА ОБРАБОТКИ ВИДЕОДАНЫХ

КОМОЛОВ Д.И.

Рассматривается селективный метод шифрования видеокадров, основанный на скрытии базового I-кадра. Работа данного метода базируется на основе обработки группы кадров, с учетом алгоритма MPEG, который реализован по принципу формирования последовательности видеокадров разных типов. Разрабатывается технология формирования кодовой конструкции для селективного метода обработки видеоданных. Развивается технология формирования битового кода в селективном методе шифрования видеoinформационного ресурса с учетом энергетически значимых структурных единиц базового видеокадра. Она позволяет рассчитать пропускную способность закрытого видеoinформационного канала связи с учетом интенсивности битового потока зашифрованных и открытых структурных единиц.

**Ключевые слова:** видеокадр, группа кадров, интенсивность, шифрование, селективный метод, кодовая конструкция.

## 1. Введение

В современных телекоммуникационных системах большое внимание уделяется внедрению технологий безопасности. То же касается и систем видеоконференцсвязи. Существующие технологии скрытия видеoinформационных ресурсов обеспечивают необходимую конфиденциальность. Однако они имеют существенный недостаток: их работа основана на закрытии всего потока передаваемой информации вне зависимости от типа и содержания видеосцены. Такой подход закрытия информации называется полным. Его использование для открытых видеoinформационных ресурсов в инфокоммуникационных системах реального времени является непрактичным.

Для решения этой проблемы применяется селективный подход шифрования. Его суть заключается в скрытии наиболее значимых компонент видеопотока. Эти компоненты формируются в процессе сжатия видеоданных. Поэтому такое шифрование относится к селективному.

Предлагается закрывать только базовый I-кадр. Это позволит уменьшить объем и время обработки зашифрованных сжатых видеоданных.

Дополнительно предлагается рассматривать подход, основанный на закрытии видеопотока на базе внутрикадровой селекции.

Подвнутрикадровой селекцией подразумевается закрытие не всего видеокадра, а только значимых его составляющих. Под значимой составляющей понимается такая составляющая базового видеокадра,

которая несет в себе наибольшую семантическую и структурную информативность. В процессе автоматической селекции значимых составляющих предлагается учитывать структурные особенности формирования видеопотока.

Для селекции значимых структурных единиц разработана технология, которая базируется на оценке информации, содержащейся в низкочастотных и высокочастотных компонентах трансформанты ДКП блока яркостной составляющей. Значит, необходимо разработать механизм для реализации внутрикадровой селекции видеоданных.

Таким образом, целью исследования является разработка технологии формирования кодовой конструкции для селективного метода обработки видеоданных.

## 2. Основная часть

На рисунке показана схема кодовой конструкции представления скрытой группы видеокадров. Видно, что кодограмма скрытого базового видеокадра формируется следующим образом:

1) Сначала располагается общая служебная информация о базовом видеокадре ( $V_{I_{\text{служ}}} = 113$  байт), которая включает в себя такие данные:

- маркер начала кадра [FF D8] (2 байта);
- маркер параметров квантования [FF DB] (2 байта) и сами параметры (67 байт);
- маркер таблицы служебных данных [FF C4] (2 байта), длину параметров (2 байта), идентификатор таблиц (1 байт), длину кодов таблиц;
- маркер метода кодирования [FF C0] (2 байта), длину информационного кода о методе кодирования (2 байта), информацию о методе кодирования (размер видеокадра, разрядность значений каналов, формат цветового представления, параметры вертикального и горизонтального прореживания компонент) (17 байт).

2) После этого идут поля кодовой конструкции, которые соответствуют информации о структурных единицах базового видеокадра. Интенсивность кодового потока зашифрованной структурной единицы определяется как  $V_{S_{\text{скр}}}^{(\xi, \gamma)}$  и включает в себя следующие составляющие:

- служебную часть информации о скрытой структурной единице, которая включает в себя маркер начала сканирования структурной единицы [FF DA] и признак закрытия ( $V_{I_{\text{служ}}}^{(\xi, \gamma)} = 3$  байта);
- кодограмму информационной части (значения компонент матрицы ДКП), интенсивность которой определяется как  $V_{S_{\text{скр}}}^{(\xi, \gamma)}$ .

В селективном методе обработки видеоданных кодовые конструкции служебной информации о компо-



нентах и информационной части энергетически значимых структурных единицы  $S_{\text{ЗН}}^{(\xi, \gamma)}$  подлежат шифрованию.

3) Кодовая конструкция открытой структурной единицы, которая состоит из следующих составляющих:

- кодограмма информационной части об открытой структурной единицы  $V_{I_{\text{служ}}}^{(\xi, \gamma)}$ , которая включает в себя маркер начала сканирования структурной единицы [FF DA] (2 байта) и признак закрытия (1 байт), длину заголовка, количество компонент сканирования, номера компонент сканирования;

- двоичный код  $V_{I_{\text{сж}}}^{(\xi, \gamma)}$  компрессионного представления DC, AC-компонент.

Кодовая конструкция Р-кадра состоит из такой информации:

1. Служебная информация о Р-кадре ( $V_{P_{\text{служ}}} = 113$  байт), которая включает в себя:

- маркер начала кадра [FF D8] (2 байта);
- маркер параметров квантования [FF DB] (2 байта) и сами параметры (67 байт);

- маркер таблицы служебных данных [FF C4] (2 байта), длину параметров (2 байта), идентификатор таблиц (1 байт), длину кодов таблиц;

- маркер метода кодирования [FF C0] (2 байта), длину информационного кода о методе кодирования (2 байта), информацию о методе кодирования (размер видеокadra, разрядность значений каналов, формат цветового представления, параметры вертикального и горизонтального прореживания компонент) (17 байт);

2. Потом идут поля кода, которые включают в себя информацию о структурных единицах Р-кадра. Интенсивность битового кода структурной единицы Р-кадра определяется как  $\overline{V}_{S_{P_{\text{сж}}}}^{(\xi, \gamma)}$  и включает в себя такие составляющие:

- служебную информацию о компонентах (длина заголовка, количество компонент сканирования, номера компонент сканирования),  $V_{P_{\text{служ}}}^{(\xi, \gamma)}$  – длину кода служебной части ( $\xi, \gamma$ )-й сжатой структурной единицы Р-кадра;

- двоичный код компрессионного представления DC, AC-компонент структурных единиц Р-кадра,  $V_{S_{P_{\text{сж}}}}^{(\xi, \gamma)}$  – длину кода компрессионного представления DC, AC-компонент  $\xi, \gamma$ -й структурной единицы Р-кадра.

Двоичный код В-кадра состоит из следующей информации:

1. Служебная информация о В-кадре ( $V_{B_{\text{служ}}} = 113$  байт), которая включает в себя:

- маркер начала кадра [FF D8] (2 байта);

- маркер параметров квантования [FF DB] (2 байта) и сами параметры (67 байт);

- маркер таблицы служебных данных [FF C4] (2 байта), длину параметров (2 байта), идентификатор таблиц (1 байт), длину кодов таблиц;

- маркер метода кодирования [FF C0] (2 байта), длину информационного кода о методе кодирования (2 байта), информацию о методе кодирования (размер видеокadra, разрядность значений каналов, формат цветового представления, параметры вертикального и горизонтального прореживания компонент) (17 байт).

2. Потом идут поля кода, которые включают в себя информацию о структурных единицах В-кадра. Интенсивность кодового потока структурной единицы В-кадра определяется как  $\overline{V}_{S_{B_{\text{сж}}}}^{(\xi, \gamma)}$  и состоит из следующих составляющих:

- служебная информация о компонентах (длина заголовка, количество компонент сканирования, номера компонент сканирования),  $V_{B_{\text{служ}}}^{(\xi, \gamma)}$  – длина кода служебной части ( $\xi, \gamma$ )-й сжатой структурной единицы В-кадра;

- двоичный код компрессионного представления DC, AC-компонент структурных единиц В-кадра,  $V_{S_{B_{\text{сж}}}}^{(\xi, \gamma)}$  – длина кода компрессионного представления DC, AC-компонент  $\xi, \gamma$ -й структурной единицы В-кадра.

Длина кодовой конструкции закрытого базового видеокadra  $V_I^{\text{сж}}$  – это сумма интенсивностей битового потока скрытых и компрессионно представленных структурных единиц. Данное определение можно представить следующим образом:

$$V_I^{\text{сж}} = V_{I_{\text{служ}}} + V_{S_{I_{\text{сж}}}} + V_{S_{I_{\text{скр}}}},$$

где  $V_{S_{I_{\text{сж}}}}$  – длина кода всех компрессионно представленных структурных единиц I-кадра;  $V_{S_{I_{\text{скр}}}}$  – длина кода всех скрытых структурных единиц I-кадра;  $V_{I_{\text{служ}}}$  – длина кода служебной информации базового видеокadra.

Кодовое представление  $V_{S_{I_{\text{сж}}}}^{(\xi, \gamma)}$  не скрытой структурной единицы базового видеокadra  $K_I$  определяется как:

$$V_{S_{I_{\text{сж}}}}^{(\xi, \gamma)} = V_{I_{\text{служ}}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{I_{\text{сж}}}}^{(\xi, \gamma)} \cdot k_I,$$

где  $V_{S_{I_{\text{служ}}}}^{(\xi, \gamma)}$  – длина кода служебной информации ( $\xi, \gamma$ )-й структурной единицы базового видеокadra;

$V_{S_{I_{\text{сж}}}}^{(\xi, \gamma)}$  – длина битового потока компрессионного

представления  $(\xi, \gamma)$ -й структурной единицы базового видеокadra.

Интенсивность кода всех открытых структурных единиц  $V_{S_{I_{сж}}}$  базового кадра  $K_I$  будет рассчитываться как:

$$V_{S_{I_{сж}}} = \sum_{\xi=1}^m \sum_{\gamma=1}^n (V_{I_{служ}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{I_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}).$$

Интенсивность  $V_{S_{I_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}$  зашифрованной структурной единицы определяется по формуле:

$$V_{S_{I_{сж}}}^{(\xi, \gamma)} = V_{I_{служ}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{I_{сж}}}^{(\xi, \gamma)},$$

где  $V_{I_{служ}}^{(\xi, \gamma)}$  – длина кода открытой части служебной информации  $(\xi, \gamma)$ -й зашифрованной структурной единицы базового видеокadra;  $V_{S_{I_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}$  – длина битового потока зашифрованной информационной части  $(\xi, \gamma)$ -й структурной единицы базового видеокadra.

Интенсивность кода всех зашифрованных структурных единиц  $V_{S_{I_{сж}}}$  базового кадра  $K_I$  будет рассчитываться так:

$$V_{S_{I_{сж}}} = \sum_{\xi=1}^m \sum_{\gamma=1}^n (V_{I_{служ}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{I_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}).$$

Таким образом, длина кодового потока  $V_{I_{сж}}$  закрытого базового видеокadra будет определяться по следующей формуле:

$$V_{I_{сж}} = V_{I_{служ}} + \sum_1^{N_{сж}} (V_{I_{служ}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{I_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}) + \sum_1^{N_{сж}} (V_{I_{служ}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{I_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}).$$

Длина кода компрессионного представления  $\bar{V}_{S_{P_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}$  структурной единицы P-кадра определяется так:

$$\bar{V}_{S_{P_{сж}}}^{(\xi, \gamma)} = V_{S_{P_{служ}}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{P_{сж}}}^{(\xi, \gamma)},$$

где  $V_{S_{P_{служ}}}^{(\xi, \gamma)}$  – длина кода служебной информации  $(\xi, \gamma)$ -й структурной единицы P-кадра;  $V_{S_{P_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}$  – длина битового потока компрессионного представления  $(\xi, \gamma)$ -й структурной единицы P-кадра.

Интенсивность кодового потока компрессионного представления P-кадра  $V_P$  определяется как сумма битового потока компрессионного представления всех

структурных единиц P-кадра. Это описывается следующим выражением:

$$V_P = V_{P_{служ}} + \sum_{\xi=1}^m \sum_{\gamma=1}^n (V_{S_{P_{служ}}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{P_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}).$$

Длина кода компрессионного представления структурной единицы  $\bar{V}_{S_{B_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}$  B-кадра определяется так:

$$\bar{V}_{S_{B_{сж}}}^{(\xi, \gamma)} = V_{S_{B_{служ}}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{B_{сж}}}^{(\xi, \gamma)},$$

где  $V_{S_{B_{служ}}}^{(\xi, \gamma)}$  – длина кода служебной информации  $(\xi, \gamma)$ -й структурной единицы B-кадра;  $V_{S_{B_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}$  – длина битового потока компрессионного представления  $(\xi, \gamma)$ -й структурной единицы B-кадра.

Интенсивность компрессионного представления B-кадра  $V_{B_{сж}}$  определяется как сумма всех кодовых последовательностей компрессионного представления структурных единиц B-кадра. Это описывается таким выражением:

$$V_{B_{сж}} = V_{B_{служ}} + \sum_{\xi=1}^m \sum_{\gamma=1}^n (V_{S_{B_{служ}}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{B_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}).$$

Интенсивность  $V_{GOP}$  скрытой группы видеокadров определяется как сумма битовых последовательностей всех видеокadров в группе и описывается выражением:

$$V_{GOP} = V_{служ}^{GOP} + V_{I_{сж}} + \sum_{z=1}^{N_B} V_{B_{сжz}} + \sum_{z=1}^{N_P} V_{P_{сжz}},$$

где  $V_{служ}^{GOP}$  – длина кода служебной информации группы видеокadров;  $N_P$  – количество P-кадров в группе видеокadров;  $N_B$  – количество B-кадров в группе видеокadров.

Тогда формула для вычисления интенсивности  $V_{GOP}$  скрытой группы видеокadров с учетом интенсивности структурных единиц будет иметь вид:

$$\begin{aligned} V_{GOP} = & V_{служ}^{GOP} + V_{I_{сж}} + \sum_1^{N_{сж}} (V_{I_{служ}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{I_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}) + \\ & + \sum_1^{N_{сж}} (V_{I_{служ}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{I_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}) + V_{P_{служ}} + \\ & + \sum_{\xi=1}^m \sum_{\gamma=1}^n (V_{S_{P_{служ}}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{P_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}) + V_{B_{служ}} + \\ & + \sum_{\xi=1}^m \sum_{\gamma=1}^n (V_{S_{B_{служ}}}^{(\xi, \gamma)} + V_{S_{B_{сж}}}^{(\xi, \gamma)}) \end{aligned}$$

## Выводы

Разработана технология формирования кодовой конструкции для селективного метода обработки видеоданных, которая базируется на оценке кодового представления структурных единиц видеокадров с учетом их энергетической значимости.

Разработана методологическая база для оценки битовой скорости видеопотока с учетом наличия выделенных структурных единиц для закрытия видеоинформационного ресурса. При расчетах интенсивности группы видеокадров учитывается длина двоичного кода энергетически значимых структурных единиц базового видеокадра.

Дальнейшее развитие получила технология формирования битового кода в селективном методе шифрования видеоинформационного ресурса с учетом энергетически значимых структурных единиц базового видеокадра. Она позволяет рассчитать пропускную способность закрытого видеоинформационного канала связи с учетом интенсивности битового потока зашифрованных и открытых структурных единиц.

**Литература:** 1. *Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В.* Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео М.: Диалог-Мифи, 2003. 381с. 2. *Ян Ричардсон.* Видеокодирование. H.264 и MPEG-

4 – стандарты нового поколения. М.: Техносфера, 2005. 368 с. 3. *Баранник В.В.* Кодирование трансформированных изображений в инфокommunikационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков. Х.: ХУПС, 2010. 212 с. 4. *Баранник В.В.* Методологическая база для управления битовой скоростью видеопотока в процессе компрессии / Баранник В.В. // Праці УНДІРТ. 2013. 22с.

**Транслитерированный список литературы:** 1. *Vatolin D., Ratushnyak A., Smirnov M., Yukin V.* Metody szhatija dannyh. Ustrojstvo arhivatorov, szhatie izobrazhenij i video M.: Dialog-Mifi, 2003. 381s. 2. *Jan Richardson.* Videokodirovanie. N.264 i MPEG-4 – standarty novogo pokolenija. Moskva: Tehnosfera, 2005. 368 s. 3. *Barannik V.V.* Kodirovanie transformirovannyh izobrazhenij v infokommunikacionnyh sistemah / V.V. Barannik, V.P. Poljakov. H.: HUPS, 2010. 212 s. 4. *Barannik V.V.* Metodologicheskaja baza dlja upravlenija bitovoj skorost'ju videopotoka v processe kompressii / Barannik V.V. // Praci UNDIRT. 2013. 22с.

Поступила в редколлегию 13.11.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Безрук В.М.

**Комолов Дмитрий Иванович,** главный специалист, отдел связи Главного управления Национальной полиции в Харьковской области, соискатель ХНУРЭ. Научные интересы: технологии защиты информации в инфокommunikационных системах. Адрес: Украина, 61000, Харьков, ул. Совнаркомовская, 5.