

ТЕХНОЛОГИЯ РАСЧЁТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ IP-ТЕЛЕВИЗИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ И НЕОБХОДИМОЙ ГЛУБИНЫ АРХИВА

TECHNOLOGY FOR CALCULATING THE BANDWIDTH OF AN IP TELEVISION SURVEILLANCE SYSTEM AND THE REQUIRED ARCHIVE DEPTH

A. Kurennoy

Summary. The article considers the issue of traffic calculation technology in IP television surveillance systems to determine the network bandwidth averaged over logical segments, taking into account its efficiency factor, as well as the technologies used in it, requirements for network interfaces of active network equipment, identifying the needs for channel aggregation, calculating the capacity (volume) of the archive depth to determine the number of video servers and automated operator workstations, which together will guarantee high-quality uninterrupted transmission of video information.

Keywords: IP video surveillance, traffic, bandwidth, Group of Pictures, archive depth, codec, source frame, compression, H.264, H.265.

Куренной Александр Александрович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», г. Новосибирск, akurennoy@list.ru

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос технологии расчёта трафика в системах IP-телевизионного наблюдения для определения пропускной способности сети усредненной по логическим сегментам с учётом коэффициента её полезного использования, а также используемые в ней технологии, требования к сетевым интерфейсам активного сетевого оборудования, выявления потребностей в агрегации каналов, вычисления ёмкости (объёма) глубины архива для определения количества видеосерверов и автоматизированных рабочих мест операторов, что в совокупности позволит гарантировать качественную бесперебойную передачу видеоинформации.

Ключевые слова: IP-видеонаблюдение, трафик, пропускная способность, Group of Pictures, глубина архива, кодек, исходный кадр, сжатие, H.264, H.265.

При проектировании и монтаже IP-видеонаблюдения невозможно гарантировать качественную бесперебойную передачу видеоинформации, не проводя необходимых расчётов.

Целью данной статьи является детализованное представление варианта методики расчёта трафика в системах IP-телевизионного наблюдения для определения пропускной способности сети, количество логических сегментов и их технологию, требования к сетевым интерфейсам активного сетевого оборудования, выявления потребностей в агрегации каналов, определения количества видеосерверов и автоматизированных рабочих мест операторов, что позволит гарантировать качественную бесперебойную передачу видеоинформации.

В настоящий момент нет принятой методики расчёта трафика в системах IP-телевизионного наблюдения, основным отличием в которой является тот факт, что в сеть передаётся видеоинформация, подвергнутая кодировке определённым кодеком сжатия.

Различные кодеки в системах IP-телевизионного наблюдения имеют различную степень сжатия исходного «чистого» кадра, при этом надо учитывать, что совершенно не имеет значения того, что изображено на ис-

ходном «чистом» кадре, размер файла до сжатия будет одинаков для любого типа сжатия.

Размер исходного «чистого» кадра определяется по выражению 1.

$$S_{\text{чистый}} = L_{\text{кадра}} * H_{\text{кадра}} * B_{\text{цвета}} / 8 / 1024, \quad (1)$$

где $S_{\text{чистый}}$ — «чистый» кадр (кбайт);

$L_{\text{кадра}}$ — ширина кадра (разрешения изображения), пикселей (px);

$H_{\text{кадра}}$ — высота кадра (разрешения изображения), пикселей (px);

$B_{\text{цвета}}$ — глубина цвета (бит), черно-бело изображение — 2 бита, 16 цветов — 4 бита, 256 цветов — 8 бит, 16 миллионов цветов — 24 бита.

Для простоты восприятия и дальнейших расчётов производим последовательное деление: 1 байт = 8 битам, 1 Кибитайт = 1024 байтам.

Необходимо учитывать, что в соответствии с международным стандартом МЭК 60027-2 единицы «бит» и «байт» применяют с приставками к системе «СИ». Практически так сложилось, что 1 кибибайт (КиВ) равняется 1024 байтам, а 1 килобайт (КВ) равняется 1000 байтам,

при отсутствии префикса «i» намеренно опускается для обозначения множителя 10 в 3-й степени. Производители наносят маркировку на носители информации исходя их расчёта, что 1 KB = 1000 байтам, но вместе с тем ГОСТ 8.417—2002 заставляет работать по стандартам, именно поэтому все дальнейшие вычисления будут производиться в соответствии с международным стандартом МЭК 60027-2.

Для определения размера сжатого кадра необходимо учитывать, что это значение уникально для каждого кодека сжатия и от необходимых финальных характеристик кадра.

Кодеки сжатия можно разделить на два типа:

- покadresные — выполняющие сжатие каждого кадра (JPEG (MJPEG), JPEG2000 (MJPEG2000), Wavelet и другие);
- потоковые (межкадровые) — выполняющие сжатие последовательности изображения (MPEG4 (H.264), MPEG5 (H.265), Motion Wavelet, Delta Wavelet, DVPack, SreamLogic и другие).

Преимуществами и недостатками покadresных и потоковых кодеков приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

Преимуществами и недостатки покadresных и потоковых кодеков

| Потоковые | | Покadresные | |
|--|---|--|-----------------------|
| Преимущества | Недостатки | Преимущества | Недостатки |
| Меньший размер кадра и как следствие уменьшение необходимой пропускной способности | Высокие затраты на вычислительную мощность и оперативную память серверов при декодировании. | Гораздо более четкое изображение без различных дефектов «артефактов» и за счёт предсказательной логики | Низкая степень сжатия |
| Дробление изображения на квадраты 8x8 px | | Чёткие «стоп-кадры» в связи с отсутствием необходимости привязки к ключевым кадрам. | |

У каждого кодека имеются различные характеристики, делающие его оптимальным для решения различных задач в тех или иных условиях, которые определяются на этапе проектирования. Путем анализа полученных изображений после их обработки различными кодеками сжатия, установлены примерные коэффициенты сжатия и внесены в Таблицу 2.

Потоковые кодеки сжатия позволяют хранить и передавать изображение высокого разрешения с высоким качеством и битрейтом в несколько раз меньшим, чем другие форматы сжатия, за счёт передачи полных ка-

дров (JPEG)a (опорные В кадры), между которыми передаются только кодированные изменения изображения (L и P кадры) относительно опорного кадра. Данная технология значительно уменьшает необходимую пропускную способность канала. В связи с тем, что в месте обзора камеры находится статичная картинка (малая активность в зоне обзора), отсутствие изменений на L и P кадрах между опорным В кадром, значительно снижает нагрузку на пропускную способность канала и позволяет произвести наиболее точный расчёт.

Таблица 2.

Коэффициенты сжатия основных кодеков

| Тип кодека видеосжатия | Коэф. сжатия ($K_{сжатия}$), в зависимости от качества | | | |
|------------------------|--|--------------|--------------|-------------|
| | 10 (высокое) | 20 (хорошее) | 30 (среднее) | 50 (низкое) |
| H.264 | 65,854 | 84,375 | 103,846 | 112,500 |
| H.265 | 93,103 | 122,727 | 150,000 | 158,824 |
| MJPG | 19,424 | 23,893 | 27,835 | 35,526 |

Данный фактор имеет значительный недостаток, т.к. при частоте 25 кадров в секунду опорный кадр передаётся примерно раз в четыре секунды, как видно из выражения 2, то программные средства детекторов движения камер могут пропустить быстро движущийся объект (движущиеся транспортное средство, бегущий человек). В настоящий момент на некоторых протоколах обмена между устройствами IP-телевизионного наблюдения имеется конфигурация GOP значение в которой показывает количество L и P кадров между опорными В кадрами, что позволяет увеличить чистоту В кадра, но это значительно ухудшит качество сжатия в соответствии с данными указанными в таблице 3.

$$V_{кадра} = \frac{GOP}{f}, \quad (2)$$

где $V_{кадра}$ — частота передачи опорного кадра (сек);
 GOP — параметр указывающий на количество L и P кадров между опорными (шт.), значение по умолчанию (учитываемое при расчётах) 100;
 f — частота количества передачи кадров в секунду (шт./сек).

Путем анализа трафика, были установлены примерные коэффициенты влияния динамики (частоты движения $f_{движ.}$) в зоне обзора камеры на снижение пропускной способности канала в зависимости от используемого кодека сжатия, полученные значения внесены в таблицу 3.

Определения сжатого кадра производится по выражению 3.

$$S_{сж.} = S_{чистый} / K_{сжатия} * f_{движ.}, \quad (3)$$

где $S_{ск.}$ — сжатый кадр (кибибайт);
 $S_{чистый}$ — «чистый» кадр (кибибайт), определяется в соответствии с выражением 1;
 $K_{сжатия}$ — коэффициент сжатия, в соответствии с таблицей 2;
 $f_{движ}$ — частота движения, в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3.

Коэффициенты движения

| Тип кодека видео-сжатия | Частота движения в кадре %/сутки | | | | | | |
|---------------------------|----------------------------------|-------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|-----------------|
| | 20 (очень низкий) | 30 (низкий) | 40 (ниже среднего) | 50 (среднее) | 60 (выше среднего) | 80 (активно) | 100 (постоянно) |
| Значение конфигурации GOP | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 40 | 30 и менее |
| H.264 | 0,2 | 0,29 | 0,390 | 0,488 | 0,585 | 0,805 | 1 |
| H.265 | 0,196 | 0,296 | 0,379 | 0,483 | 0,586 | 0,793 | 1 |
| MJPEG | Покадровый кодек, значение 1 | | | | | | |

При известном значении показателя $S_{ск.}$ возможно произвести расчёт трафика системы IP-телевизионного наблюдения, выражение 4.

$$P_{iptv(общ.)} = S * \alpha * S_{ск.(тип ск.)} + \dots + S * \alpha * S_{ск.(тип ск.)} \quad (4)$$

где $P_{iptv(общ.)}$ — общий трафик системы IP-телевизионного наблюдения (кбит/с);

S — количество передаваемых кадров в сек;

α — количество камер, работающих в расчётных характеристиках (шт.);

$S_{ск.(тип ск.)}$ — сжатый кадр (кибибайт), определяется в соответствии с выражением 3, для каждой комбинации коэффициентов $K_{сжатия}$ и $f_{движ}$ (кбайт).

В связи с тем, что все IP камеры телевизионного наблюдения работают по протоколу Ethernet на стандарте 100BASE-TX/1000BASE-TX, то могут передавать одно и тоже изображение в онлайн режимах в разных характеристиках, например с кодеком сжатия H.265-10 с частотой 25 кадров в секунду, для записи в архив (основной поток) и параллельно с кодеком сжатия H.264-30 с частотой 8 кадров в секунду, для вывода в мультиплексированном режиме на экран оператора и (или) для видео аналитики (дополнительный поток $n+1$), таких потоков может быть не менее 2, а то и более и ограничиваются они только ресурсом технологии IP — камеры. В таком случае необходимо учитывать трафик передаваемого изображения от одной камеры, дважды с учетом различных характеристик.

По полученному значению $P_{iptv(общ.)}$ выбираются конкретные для каждого участка технологии построения

сети IP-телевизионного наблюдения таким образом, чтобы коэффициент использования сети, определяется по выражению 5, находился в пределах (0,45–0,55).

$$k_{исп.} = P_{iptv(общ.)} / P_{iptv(ном.)} \quad (5)$$

где $k_{исп.}$ — коэффициент полезного использования сети IP-телевизионного наблюдения, от 0 до 0,45 — неэффективное использование, от 0,45 до 0,55 эффективное использование, от 0,55 до 0,65 является резервным на случай увеличения количества оконечных устройств. Оставшийся диапазон является «служебным», это связано с тем, что при передаче информации в канале присутствует служебный трафик, таймауты, заголовки пакетов, биты и CRC-прибавки для контроля целостности пакетов и т.п.;

$P_{iptv(общ.)}$ — общий трафик сети IP-телевизионного наблюдения, определяется по выражению 4;

$P_{iptv(ном.)}$ — максимальная пропускная способность выбранной технологии построения сети (сегмента сети) IP-телевизионного наблюдения.

В случае превышения трафика в сети IP-телевизионного наблюдения необходимо произвести её разбиение на логические сегменты с помощью сетевых коммутаторов. Общий трафик системы IP-телевизионного наблюдения пересчитывается для каждого логического сегмента в соответствии с выражением 4, и уточнением коэффициента использования сети IP-телевизионного наблюдения, в соответствии с выражением 5.

В случае использования более 150–300 оконечных устройств, а также автоматизированных рабочих мест операторов, видеосерверов необходимо осуществить разбиение локальной сети на подсети с помощью маршрутизаторов.

Данный расчёт позволяет составить проект сети IP-телевизионного наблюдения с учётом выбранных технологий, пропускной способности сети и усредненный по логическим сегментам с учётом коэффициента использования сети, а также представляет возможность произвести расчёт ёмкости (объёма) глубины архива для определения типов и количества видеосерверов и (или) сетевых хранилищ.

Расчёт ёмкости (объёма) глубины архива системы видеонаблюдения сводится к определению размера кадра изображения, темпа записи на каждую камеру (количество кадров в секунду), необходимое количество часов записи в сутки, количество видеокамер, устанавливаемых на объекте и необходимое количество суток записи, выражение 6.

$$V_{\text{архива}} = \left(\frac{S_{\text{сж.}} * 3600 * S_{\text{сек}} * n_{\text{час.}} / \text{сут} * n_{\text{сут.}} * n_{\text{кам.}}}{1024 / 1024} \right) / 1024 + 0,5, \quad (6)$$

где $V_{\text{архива}}$ — глубина архива (Тб);
 $S_{\text{сж.}}$ — сжатый кадр (кибибайт), определяется по выражению 3;

3600 — количество секунд в одном часе (сек);

$S_{\text{сек}}$ — количество кадров в секунду (шт.);

$n_{\text{час./сут.}}$ — количество записи часов в сутки (час/сут).

Применяется, например при необходимости постоянной записи в дневное время и, например только по детекторам движения в ночное, а также иных случаях;

$n_{\text{сут.}}$ — количество суток записи до перезаписи (сут);

$n_{\text{кам.}}$ — количество камер (шт.).

Для удобства восприятия переводим последовательный перевод в системах измерения КиВ в МиВ, в ГиВ и ТиВ, а также добавим дополнительное дисковое пространство в размере 500 гигабайт, для работы с декодированием видеофайлов при их изъятии из архивов, а также записи кадров с детекторов движений, при необходимости.

Данная методика в полной мере позволит проектировщикам производить необходимые расчёты для построения системы IP-телевизионного наблюдения, определять технологии и сегментирование сети, произвести подбор необходимого типа и количества оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капустин Д.А., Дементьев В. Е. Информационно-вычислительные сети: учебное пособие. — Ульяновск: УлГТУ, 2011. — 141 с
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Глава 13. Коммутируемые сети Ethernet // Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. — 4-е изд. — СПб.: Питер, 2010. — С. 438.
3. Филипп Казаков. h264. Год спустя: Технология кодирования видео в MPEG-4 AVC. Часть первая // Компьютерра-онлайн. — 2006. — 16 октября.
4. Documents of the first meeting of the Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) — Dresden, Germany, 15–23 April 2010
5. ISO/IEC FDIS 23008-2, International Organization for Standardization (14 мая 2013).
6. IEC 60027 (formerly IEC 27) is a technical international standard for letter symbols published by the International Electrotechnical Commission (26 января 2012).

© Куренной Александр Александрович (akurennoy@list.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»