

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

С. А. Алексеев, В. В. Волхонский, А. В. Суханов

**ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ
ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Учебное пособие

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Санкт-Петербург
2015**

Алексеев С.А., Волхонский В.В., Суханов А.В. Телевизионные системы наблюдения. Основы проектирования. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 126 с. Рис. 53. Библ. 40.

Приводятся общие сведения о телевизионных системах наблюдения. Анализируется терминология, дается классификация. Рассматриваются основные этапы проектирования, такие как формулировка задач наблюдения, общие вопросы выбора количества и мест установки телекамер, режимов отображения и хранения видеoinформации, каналов передачи информации и оценки эффективности системы. Анализируются типовые структуры и состав аналоговых, комбинированных и цифровых систем, а также основные возможности и алгоритмы автоматизированного анализа видеоизображений.

Учебное пособие предназначено для обучения магистров по направлению 16.04.01 «Техническая физика» в рамках магистерской программы «Оптоэлектронные системы безопасности». Может быть рекомендовано слушателям курсов повышения квалификации и техническим специалистам, занимающимся проектированием и эксплуатацией систем ТВ-наблюдения.

Рекомендовано к печати Ученым советом инженерно-физического факультета, протокол № 6 от 24.06.2014.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2015

© Алексеев С.А., Волхонский В.В., Суханов А.В., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

С незавидной регулярностью в средствах массовой информации идут многочисленные репортажи о криминальных преступлениях, стихийных бедствиях и террористических актах разного масштаба, в разных странах. В такой обстановке естественно стоит задача обеспечения безопасности различных объектов – жилых домов, офисов, предприятий, ну и, конечно, человека и его здоровья.

Наиболее эффективным является комплексное решение задачи обеспечения безопасности с использованием интегрированных систем безопасности, включающих обычно подсистемы охранной и пожарной сигнализации, контроля и управления доступом и телевизионного наблюдения. В настоящем пособии рассматривается оборудование для одного из упомянутых направлений – телевизионных систем наблюдения (ТВСН), как наиболее быстро и динамично развивающихся. Это вызвано как высокой эффективностью ТВСН при решении ряда разнообразных задач обеспечения безопасности, так и стремительным развитием функциональных возможностей современного оборудования таких систем.

Однако надо понимать, что для реализации возможностей ТВСН кроме комплекса соответствующих технических и программных средств системы необходим ещё и комплекс организационных методов и технических средств по использованию этой системы и её возможностей, т.е. по организации эффективного восприятия видеoinформации и своевременного реагирования на различные события. Без этого, как показывает практика, система ТВ-наблюдения может оказаться крайне малоэффективной.

В последние годы было опубликовано много работ [1–7] (монографий и статей) как общетеоретических для широкой аудитории, так и более узконаправленных, ориентированных на профессионалов в этой области.

В данной работе главное внимание уделено основам проектирования ТВСН и не рассматриваются общетеоретические вопросы, связанные с принципом действия и характеристиками

элементов и систем ТВ-наблюдения, т.е. предполагается достаточный уровень их знания читателями.

В пособии использованы материалы лекций, которые авторы читают в Санкт-Петербургском национальном исследовательском университете информационных технологий, механики и оптики, а также материалы опубликованных авторами книг и статей по безопасности.

В первом разделе пособия рассматриваются общие основные сведения о телевизионных системах наблюдения, анализируются особенности терминологии, функциональное назначение элементов, дается классификация устройств.

Второй раздел посвящен рассмотрению основных этапов проектирования ТВСН, таких как анализ охраняемого объекта, формулировка задач наблюдения, выбор количества и основных параметров телекамер, выбор режимов отображения и хранения видеоинформации, структурный синтез системы, оценка эффективности и выбор некоторых параметров и конкретного типа оборудования системы.

Структурному синтезу телевизионных систем различной сложности посвящен третий раздел. Даются типовые структурные схемы аналоговых, цифровых и комбинированных систем ТВ-наблюдения, анализируется их состав и особенности.

В четвертом разделе рассматриваются вопросы автоматизации обработки телевизионных изображений – его основные возможности и используемые алгоритмы автоматизированного анализа.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальностям, связанным с вопросами обеспечения безопасности, но может быть полезным и специалистам в области средств обеспечения физической безопасности.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Как известно, в общем случае любая система безопасности должна обеспечивать поддержание безопасного состояния объекта, предотвращение, обнаружение и ликвидацию угроз жизни, здоровью, имуществу, информации и ресурсам [8]. В этом перечне важнейший элемент – обнаружение угроз объекту, по возможности, на наиболее ранней стадии до нанесения существенного ущерба. Без обнаружения невозможно решение всех остальных перечисленных выше задач системы безопасности. Преступники могут готовиться к совершению преступления, не проникая на территорию или в помещения, а только наблюдая со стороны или изучая объект под видом посетителей без выполнения несанкционированных действий. Обнаружить вовремя такие действия – значит предотвратить преступление. Телевизионная система наблюдения может позволить на начальном этапе обнаружить такие действия, следовательно, предотвратить преступление. ТВСН позволяет обнаружить преступление, а значит дать возможность своевременно остановить его. Очень полезной может быть и возможность контролировать происходящее на объекте в процессе совершения преступления. Обычно важен и последующий этап, анализ произошедшего после совершения преступления и использование данных ТВСН для следствия и доказательной базы.

Таким образом, ТВСН может быть эффективной на всех этапах предотвращения, обнаружения и противодействия несанкционированным действиям на объекте или вблизи него и решать все упомянутые выше основные задачи системы безопасности. Это в полной мере относится не только к охранному телевидению, которое определяет стандарт [9], но и к другим ТВ-системам наблюдения, решающим разнообразные прикладные задачи.

Телевизионные системы наблюдения появились во второй половине XX века, и их эволюция происходила под влиянием двух основных факторов. С одной стороны, это непрерывное развитие техники и технологии, позволяющее реализовывать всё новые функции и улучшать характеристики существующих систем. С другой стороны, это требования рынка в условиях конку-

рентной среды, которые в значительной степени формируются установщиками и потребителями систем безопасности. Одним из результатов такой эволюции можно считать современные цифровые системы ТВ-наблюдения.

Можно отметить следующие основные требования, предъявляемые к современным системам телевизионного наблюдения:

- получение изображения высокого качества;
- возможность использовать высокоскоростные защищенные каналы передачи видеоизображения;
- увеличение продолжительности и качества записи видеоизображения и связанной с ним информации на существующие носители;
- обеспечение высокого уровня безопасности самой ТВ-системы для предотвращения несанкционированного доступа к информации при сохранении удобства работы с системой уполномоченными пользователями;
- возможность дистанционного доступа к видеоизображению и связанной с ним информации с использованием различных каналов связи;
- возможность автоматического интеллектуального анализа видеоизображения для выявления нестандартных ситуаций или решения других задач, связанных с наблюдением;
- возможность гибкого масштабирования системы, начиная от одной камеры и заканчивая сотнями и тысячами телекамер, расположенных на территориально-разнесенных объектах;
- возможности по интеграции ТВСН с другими подсистемами обеспечения безопасности;
- снижение затрат на установку и эксплуатацию системы и многие другие.

1.1. ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИНОЛОГИИ

Вопросы терминологии, несмотря на имеющиеся стандарты, остаются и сейчас достаточно острыми. Например, даже в ГОСТ Р [9] присутствуют некорректные термины, к примеру такие, как «видеокамера» вместо «телекамера». Еще в большей

степени это относится к публикациям в специализированных изданиях.

Поясним некоторые особенности применяемой терминологии. Государственный стандарт [9] определяет основные термины, касающиеся частного случая ТВСН – систем охранного телевидения. Так, в соответствии с ГОСТ [9] *система охранная телевизионная (СОТ)* – это телевизионная система замкнутого типа, предназначенная для получения телевизионных изображений с охраняемого объекта в целях обеспечения противокриминальной защиты.

Термин, который используется в ГОСТ Р, – *системы охранные телевизионные* – вызывает вопрос, а почему область применения ограничена только охранными системами? Ведь системы ТВ-наблюдения могут выполнять значительно больше функций, чем только охрана. Например, решают задачи информационной, технологической, антитеррористической и других видов обеспечения безопасности. И могут решать задачи не только обеспечения безопасности (прямо или косвенно). К примеру, подсчет посетителей магазина – это организационная или маркетинговая задача. Другой пример, дистанционный контроль радиационно-опасных помещений или наблюдение за ситуацией на дорогах – это не охрана. А охрана – это лишь один из элементов безопасности.

Поэтому, с точки зрения авторов, в дальнейшем целесообразно использовать термин *телевизионные системы наблюдения* как более общий, не ограничивающий область применения только охраной.

Прежде всего, поясним некорректность использования терминов *видеонаблюдение* и *видеокамера* в ТВСН, к сожалению, достаточно часто имеющего место.

Существует два вида действий, связанных с наблюдением, – теленаблюдение (или телевизионное наблюдение) и видеонаблюдение.

Видеонаблюдение – это наблюдение, осуществляемое непосредственно (глазами человека) или с помощью дополнительных оптических средств (между глазами человека и наблюдаемым объектом), например бинокля. При этом оптический сигнал без принципиальных преобразований физической формы от

объекта наблюдения попадает на сетчатку глаза. Например, в терминологическом словаре [10] дается следующее определение. *Видеокамера* – оптико-электронное устройство для съемки движущихся объектов и сопровождающих звуков на магнитную ленту. Здесь имеет место именно видеонаблюдение, т. е. непосредственно через оптическую систему без передачи видеосигнала на расстояние. Но упомянутая видеокамера отнюдь не то же самое, что и телевизионная камера.

В терминах *телевизионное наблюдение, телевидение* первая часть слов *теле-*, как известно, обозначает дистанционно. *Телевидение* – это формирование и передача видеосигналов на расстояние. То есть устройства формирования видеосигнала (телевизионная камера) и получатель видеоизображения (монитор, видеорегистратор и т.п.) пространственно разнесены. Таким образом, при теленаблюдении оптический сигнал преобразуется в электрический (другая физическая форма представления), передается по каким-либо каналам связи и затем преобразуется снова в оптический, воспринимаемый глазом человека.

Поэтому некорректно использовать термины *видеонаблюдение, видеокамера, система видеонаблюдения* в рассматриваемых задачах. Тем более что и в Госстандарте [11], на который есть ссылка в [9], используются термины *телевизионная система* и *телевизионная камера*. А *видеокамера* в [11] определяется как конструктивное объединение малогабаритных телевизионной камеры и кассетного видеомэгаффона, т.е. аналогично [10].

Определим еще одно понятие, непосредственно связанное со структурой системы, а именно *системы замкнутого телевидения* (СЗТВ, англ. CCTV), зачастую неправильно используемое.

Система замкнутого телевидения – это телевизионная система, сигналы которой доступны только ограниченному кругу пользователей. Первоначально доступность определялась только физической замкнутостью системы. Однако развитие систем передачи информации, в частности использование компьютерных сетей, привело к расширению этого понятия. Сейчас можно говорить о двух составляющих ограничений СЗТВ.

Во-первых, видеосигналы и другая информация в такой системе сосредоточены в некоторой замкнутой цепи или сети.

Так, в отличие от систем замкнутого ТВ, в системах вещательного телевидения сигнал доступен всем практически без ограничения или с ограничениями, преодоление которых возможно для всех (например, необходимо иметь телевизионный приемник с антенной для пользования эфирным телевидением или при условии абонентской платы любым желающим – кабельным телевидением).

Во-вторых, системы замкнутого телевидения – это системы, имеющие круг пользователей, жестко ограниченный системой контроля доступа к просмотру видеоизображений, программированию устройств и другим операциям и определяемый корпоративными правилами. В отличие от такой системы, к примеру, система кабельного телевидения позволяет получить доступ к видеoinформации любому пользователю при выполнении определенных доступных всем правил.

Понятие замкнутой системы телевизионного наблюдения напрямую применимо к ТВСН, имеющим собственные каналы связи, используемые только для целей этой системы, например коаксиальный кабель или витые пары. В таком случае число возможных санкционированных пользователей жестко ограничено организационно и (или) программно, поскольку другие пользователи (несанкционированные) не имеют прямого доступа к самим каналам связи. В этом примере присутствуют оба упомянутых выше ограничения.

Однако в связи с развитием технологий передачи информации появилась возможность использовать общие с другими информационными системами каналы связи. В первую очередь это касается компьютерных сетей. Если в «традиционных ТВ-системах» доступ к каналам связи и, следовательно, к информации имели только санкционированные пользователи, то при наличии общих каналов их используют (хотя и для других целей) и пользователи, не имеющие отношения к системе ТВ-наблюдения. Ясно, что в таких случаях применяются специальные средства защиты информации и разграничения доступа в одних и тех же каналах связи, т.е. в одной и той же физической среде передачи видеосигналов. В данном примере присутствует только вторая составляющая ограничений из упомянутых выше. Однако, по крайней мере теоретически, появляется возможность

попытаться получить несанкционированный доступ к ТВ-информации, используя возможность свободного физического доступа к самому каналу связи. Поэтому с этой точки зрения имеет смысл ввести классификацию ТВ-систем следующим образом.

- *Замкнутые* системы, т.е. системы ограниченного доступа к информационным ресурсам, имеющие собственные каналы связи.

- *Квазизамкнутые* системы – системы ограниченного доступа к информационным ресурсам, но использующие общие (физически) с другими системами каналы связи и, к примеру, кодовое разделение сигналов разных систем в одном канале связи. Так, одна и та же локальная компьютерная сеть предприятия может применяться как для ТВСН, так и для других целей.

- *Открытые* – это системы с неограниченным доступом к информационным ресурсам.

Здесь мы не учитывали возможность несанкционированного доступа к каналам связи, например прямого подключения к кабелю или витой паре. Эта тема относится к вопросам защиты информации.

К сожалению, в технической литературе часто имеет место не только некорректное использование упомянутых выше различных терминов, но и неверное сравнение и классификация устройств и систем [12].

Например, сравнивается «ССТV и IP-телевидение». Это всё равно, что сравнивать красное и большое. «ССТV» – это система замкнутого телевидения, т.е. термин, определяющий структуру ТВ-системы. А «IP» – это протокол передачи сигналов в системе. Система замкнутого телевидения может либо использовать, либо не использовать каналы связи на основе ТСР/IP протоколов. С другой стороны, IP-протокол может использоваться как в замкнутой, так и в открытой или квазизамкнутой системе.

Другим примером может служить словосочетание «ССТV-камера». А это несвязанные понятия – ведь одна и та же телекамера может использоваться как в системе замкнутого телевидения, так и в открытой или квазизамкнутой системе.

Определим также понятие цифровой видеореги­стратор (ЦВР). *Цифровой видеореги­стратор* – это устройство, осуществляющее запись видеосигнала в цифровой форме на некоторый носитель (запоминающее устройство). Применительно к ЦВР используются различные термины, рассмотрим некоторые из них.

Достаточно часто используемый термин «автономный» (*Stand Alone*) означает, что устройства не связаны с другими системами, т. е. не объединены в некоторую сеть. Здесь имеется в виду не только компьютерная сеть, но и любая другая. Например, мониторинговая, по телефонному каналу. Таким образом, *автономный* – это ЦВР, не имеющий функций по объединению в сеть. Термин автономный может применяться и к ТВ-системе в целом, а не только к отдельному ЦВР. В этом случае в ее состав может входить и ЦВР с сетевыми возможностями, которые не используются в системе. Тогда система будет автономной.

Используемое зачастую деление ЦВР на устройства, построенные *на базе ПК (PC-based* в английской терминологии) – стандартного персонального компьютера – с добавлением некоторых аппаратных и программных средств и ЦВР на основе специализированных вычислителей, представляется неудачным. Если сравнивать такие видеореги­страторы, то здесь нет четкой грани. Например, сугубо специализированный ЦВР, имеющий жесткий диск с установленной операционной системой (ОС), может выполнять все функции обычного ПК. Кстати, некоторые специализированные ЦВР комплектуются стандартной клавиатурой и мышью, что даже внешне подчеркивает минимум различий с ПК. Зачастую основное отличие состоит в способе хранения ОС – на диске или в микросхеме памяти. То есть с точки зрения пользователя это связано с устойчивостью ЦВР к сбоям – как и за какое время в последнем случае можно восстановить работоспособность. Скорее надо говорить об устройствах со стандартной ОС или со специализированной. Хотя и здесь нет четкой грани или различия.

Поэтому целесообразно оставить деление ЦВР на устройства с ОС или устройства с аппаратно-программной реализацией обработки видеосигналов.

Деление ЦВР на устройства на базе ПК и автономные (т. е. PC-based и Stand Alone) некорректное. В этом случае сравнение ведется по разным признакам – конструктивному решению в первом случае и отсутствию или наличию сетевых возможностей во втором.

Другая сторона защищенности ЦВР – устойчивость к компьютерным вирусам. С этой точки зрения важно, происходит ли обмен исполняемыми объектами между ЦВР и другими устройствами (например, по сети). Этот вопрос не стоит для автономных ЦВР. А для сетевых ЦВР (с ОС) важна структура сети и взаимодействие внутри нее.

Фактически различий у ЦВР на универсальных и специализированных ПК нет. И там и там будут присутствовать одни и те же элементы. Что является носителем ОС – дисковое запоминающее устройство или ПЗУ – вряд ли принципиально.

Сейчас широко используется термин *сетевой видеорегистратор* (СВР, англ. *NVR*). По умолчанию подразумевается, что это сетевой цифровой видеорегистратор, предназначенный для приема и передачи видеоинформации по компьютерным сетям, чаще всего поддерживающим протоколы TCP/IP. Хотя формально любой ЦВР, имеющий функции объединения в некоторую систему или специализированную сеть, к примеру с использованием интерфейса RS-485, также является сетевым. Только способ организации сети другой. Но поскольку этот термин уже можно считать устоявшимся, имеет смысл его использовать именно применительно к ЦВР для компьютерных сетей и для работы с сетевыми камерами.

Хотя корректным будет деление ЦВР на *автономные* и *сетевые*. А уже последние подразделять по типу используемого интерфейса.

Заметим, что деление видеорегистраторов на *сетевые* и *цифровые* достаточно условное. Современные ЦВР высокого класса имеют возможности по работе как с аналоговыми камерами, так и с сетевыми. Более того, деление на цифровые и сетевые некорректное, поскольку и те и другие видеорегистраторы используют цифровую видеозапись. А термин сетевые говорит о канале связи с телекамерами, а не о способе обработки видеосигналов.

1.2. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ТВСН

С функциональной точки зрения ТВСН предназначена для дистанционного наблюдения за контролируемым объектом, а также сбора, обработки и хранения видеoinформации с возможностью ее последующего просмотра и анализа.

Сформулируем основные задачи, которые в общем случае может решать ТВСН.

Главная задача телевизионной системы – это *дистанционное формирование видеоизображения контролируемых зон, пригодное для дальнейшей передачи, обработки и анализа.*

Как результат, это дает возможность на основе анализа этого видеоизображения оператором в ручном, автоматизированном или автоматическом режимах решать следующие основные задачи.

- Контроль и оценка текущей ситуации в местах наблюдения (например, в торговом зале магазина).
- Контроль и оценка текущей ситуации в местах, недоступных или опасных для присутствия человека (скажем, в реакторном зале атомной электростанции).
- Анализ ситуации, которая имела место в прошлом (записанной на некотором носителе информации).
- Охрана объекта (обнаружение преступных криминальных действий).
- Выявление нештатных ситуаций, требующих принятия определенных действий для их разрешения (к примеру, пробок на дорогах или дорожно-транспортных происшествий).
- Обнаружение несанкционированных действий.
- Обнаружение потенциально опасных действий и ситуаций, которые могут в дальнейшем привести к потерям.
- Обнаружение опасных ситуаций (например, возгораний или отказа систем жизнеобеспечения зданий), требующих принятия безотлагательных мер.
- Идентификация объектов (к примеру, личности людей, входящих на предприятие, или въезжающего автотранспорта).
- Распознавание различных объектов и действий.

- Оценка степени угрозы при возникновении нештатных или опасных ситуаций для принятия адекватных мер.
- Осуществление визуальной проверки правильности срабатывания других подсистем интегрированной системы безопасности (в частности, систем охранной и пожарной сигнализации).
- Архивирование видеоинформации о состоянии контролируемых зон (запись видеосигнала на некоторый носитель), в том числе с обеспечением юридической законности использования этих архивных данных.
- Автоматизация процессов анализа видеоизображений и принятия решений в некоторых ситуациях, требующих безотлагательной реакции для предотвращения существенного или неприемлемого ущерба.

И многих других, т. е. практически любых задач обеспечения безопасности. Часть из них может решаться в ручном или автоматизированном режимах оператором, часть – в автоматическом программно-аппаратными средствами ТВСН.

С точки зрения условий применения современные средства ТВСН позволяют визуально контролировать объект в различных условиях: при разном уровне освещенности объекта, в том числе в полной темноте (для зрения человека); на различном расстоянии; скрытно; автоматически обнаруживать перемещение на защищаемом объекте и многое другое.

Телевизионная система наблюдения может использоваться автономно или в качестве одной из подсистем комплексной системы безопасности объектов. В сочетании с системами охранно-пожарной сигнализации, контроля и управления доступом, ТВ-системы позволяют значительно повысить эффективность всей системы безопасности объекта в целом. Например, один оператор может наблюдать за состоянием нескольких зон одновременно и тем самым уменьшить возможный ущерб от последствий реализации угроз. Все это обеспечивает такие весьма важные преимущества ТВСН, как более точная оценка возникшей ситуации на объекте, более эффективное использование сил служб безопасности, уменьшение времени реакции на нештатную ситуацию и обеспечение скорейшего принятия адекватных мер защиты от возникших угроз. Благодаря использованию

ТВСН совместно с системой охранной сигнализации (к примеру, автоматическое отображение и запись сигналов камер по сигналам от системы охранной сигнализации), можно получать хорошо различимые изображения преступников, что значительно облегчает их обнаружение и идентификацию.

Как важную особенность отметим, что все упомянутые возможности в основном базируются на высокой информативности сигнала о состоянии контролируемых зон (т. е. видеосигнала и видеоизображения), что, как следствие, позволяет использовать разнообразные и эффективные алгоритмы обработки видеосигналов и анализа видеоизображений.

1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ УСТРОЙСТВ ТВСН

Устройства, входящие в состав ТВСН, можно классифицировать по различным признакам [6, 9]. Если говорить о номенклатуре, различных наименованиях и возможностях устройств, входящих в состав ТВСН, то их целесообразно классифицировать, в первую очередь, по функциональному назначению.

Функциональное назначение устройств

С точки зрения функционального назначения в составе ТВСН можно выделить следующие основные устройства:

- формирования видеосигнала;
- отображения видеоинформации;
- передачи видеосигналов;
- управления режимом отображения;
- регистрации (записи) видеоинформации;
- обработки видеосигналов.

Кроме упомянутых, в состав ТВСН могут входить также дополнительные устройства:

- подсветки в видимом и инфракрасном спектральном диапазоне;
- приёма/передачи сигналов телеметрии (для управления поворотными камерами);
- управления поворотными камерами;
- электропитания, в том числе резервного;

- установочные и защитные элементы;
- вспомогательное оборудование для настройки и тестирования ТВСН.

Более подробно состав ТВСН, основные элементы, их характеристики и параметры рассмотрены, к примеру, в [6, 13].

Способ обработки сигналов

Рассмотрим классификацию ТВСН с точки зрения представления видеосигнала в аналоговой или цифровой форме в различных ее элементах, т.е. по способу обработки сигналов.

Исторически системы ТВ-наблюдения строились на основе стандартов вещательного телевидения. Но развитие техники и технологии с одной стороны и рост сложности задач, решаемых ТВСН, с другой стороны привели к тому, что на определенном этапе эти стандарты стали ограничивать возможности развития ТВ-систем наблюдения. Это связано в значительной степени со спецификой задач ТВ-наблюдения, во многих случаях значительно отличающихся от задач вещательного телевидения.

Поэтому естественной была попытка применить в ТВ-системах наблюдения:

- хорошо известные преимущества цифровой обработки сигналов;
- возможности достижения и использования более высокого разрешения современных телевизионных камер;
- хорошо развитые и распространенные каналы связи компьютерных сетей;
- возможности современных устройств отображения информации.

Очевидно, что все это должно делаться с учетом специфики ТВСН как одной из элементов системы безопасности.

Перечисленные выше особенности являются взаимосвязанными. Так, компьютерные сети требуют использования сигналов в цифровой форме. Видеосигнал, формируемый матрицей телекамеры, изначально является дискретно-аналоговым – дискретный набор аналоговых отсчетов (сигналов от элементарных пикселей), которые нужно только подвергнуть квантованию для получения цифрового сигнала. И важно то, что уровень разви-

тия технологии позволяет в настоящее время реализовать значительную часть обработки сигнала непосредственно в телекамере и даже в матрице.

Развитие ТВСН происходило с постепенным переходом от полностью аналоговых систем к цифровым, в которых формирование, передача и запись изображения производятся полностью в цифровом виде. Между полностью аналоговыми и цифровыми системами существует несколько промежуточных вариантов, которые включают в себя как аналоговые, так и цифровые компоненты. С этим связаны некоторые расхождения в трактовке термина *цифровые системы телевизионного наблюдения*.

Известно, что во всех современных камерах источником видеосигнала являются матрицы с дискретными элементами, формирующими элементарные участки изображения. Они уже изначально предполагают представление видеосигнала в дискретном виде. То есть сигнала, представляющего собой двумерный массив аналоговых отсчетов в дискретные моменты времени. Количество отсчетов определяется параметрами матрицы (числом элементов по горизонтали и вертикали), а временной интервал между выборками – частотой считывания. Но в аналоговых телекамерах в процессе считывания и видеосигнала обработки осуществляется преобразование сигнала в аналоговую форму в соответствии со стандартами вещательного телевидения. И именно в аналоговой форме происходит передача видеоизображения (например, по коаксиальному кабелю или витой паре). Поэтому, несмотря на наличие этапа с дискретной обработкой сигнала, такие камеры являются по сути аналоговыми.

Следующим логичным шагом обработки в большинстве современных телекамер является квантование отсчетов по амплитуде для получения цифрового сигнала и возможности реализации цифровой обработки сигналов. Это стало возможным в последние годы благодаря развитию технологии.

Цифровые и аналоговые системы

В настоящее время используются два основных типа ТВСН по способу формирования, передачи и обработки видеосигналов – аналоговые и цифровые, а также их комбинации.

Понятия *аналоговый* и *цифровой* можно относить к таким действиям, как формирование видеосигнала, его передача, запись и отображение. Все это может выполняться как в аналоговой, так и цифровой форме. При этом надо понимать, что в настоящее время цифровая обработка может использоваться и в аналоговых системах. Это относится, например, к цифровым видеорегистраторам (исходим из предположения, что аналоговые видеоманитофоны уже не используются) и в ряде случаев к телекамерам с цифровой обработкой сигналов, но с аналоговым интерфейсом для передачи видеосигнала. То есть реально в настоящее время практически все аналоговые системы являются комбинированными.

Будем исходить из следующих положений.

Если во всех этих элементах обработка и передача видеосигнала аналоговая, то и система аналоговая. Если везде цифровая, то и система цифровая. И, очевидно, что может быть большое количество вариантов комбинированных систем, использующих на разных этапах как аналоговую, так и цифровую обработку.

Таким образом, будем далее использовать следующие понятия.

Аналоговой будем называть телекамеру, имеющую аналоговый интерфейс для подключения к каналу связи. Обработка сигнала внутри телекамеры при этом может быть цифровой.

Цифровой будем называть телекамеру, в которой в цифровой форме происходит как формирование видеоизображения и его предварительная обработка, так и дальнейшая передача по каналам связи (т.е. имеется цифровой интерфейс).

В этом случае после квантования отсчетов с выхода матрицы изображение обрабатывается, передается и записывается в цифровом виде без промежуточных преобразований в аналоговый видеосигнал.

Сетевая телевизионная камера – это телекамера, имеющая встроенный интерфейс для передачи видеоизображения по компьютерной сети. В настоящее время в связи с широким распространением компьютерных сетей на базе протоколов TCP/IP

их часто применяют в сетевых камерах. Поэтому для обозначения сетевых камер обычно используется термин IP-камера. Однако не стоит ограничивать определение сетевой камеры каким-либо конкретным сетевым протоколом или стандартом, поскольку они не являются единственными, а в будущем возможно появление и других протоколов.

В отличие от Web-камеры, которая подключается к компьютеру напрямую через стандартный интерфейс, сетевая телекамера не требует прямого подключения к ПК. Фактически Web-камера является видеокамерой и в общем случае не предназначена непосредственно для дистанционной передачи видеосигнала.

Поскольку телекамера – это ключевой элемент ТВСН, то для лучшего понимания их основных признаков приведем рис. 1.1, поясняющий функциональные особенности и возможную классификацию телевизионных камер в соответствии с данными выше определениями.

Соответственно для систем ТВ-наблюдения будем использовать следующую терминологию.

Аналоговой ТВ-системой будем называть систему с формированием видеосигнала аналоговыми телекамерами, обработкой и передачей видеосигналов по каналам связи в аналоговой форме.

Цифровой ТВ-системой будем называть систему с формированием видеосигнала цифровыми телекамерами, обработкой и передачей видеосигналов по каналам связи в цифровой форме.

Комбинированной ТВ-системой будем называть систему, использующую для формирования, обработки и передачи видеосигналов по каналам связи как аналоговую, так и цифровую форму.

- *Сетевые ТВ-системы*, использующие в качестве каналов связи компьютерные сети и сжатие передаваемого сигнала.

- *ТВ-системы высокой четкости (ТВЧ)* с последовательным цифровым интерфейсом высокой четкости (*HD SDI – High Definition Serial Digital Interface*) без сжатия видеосигнала при его передаче.

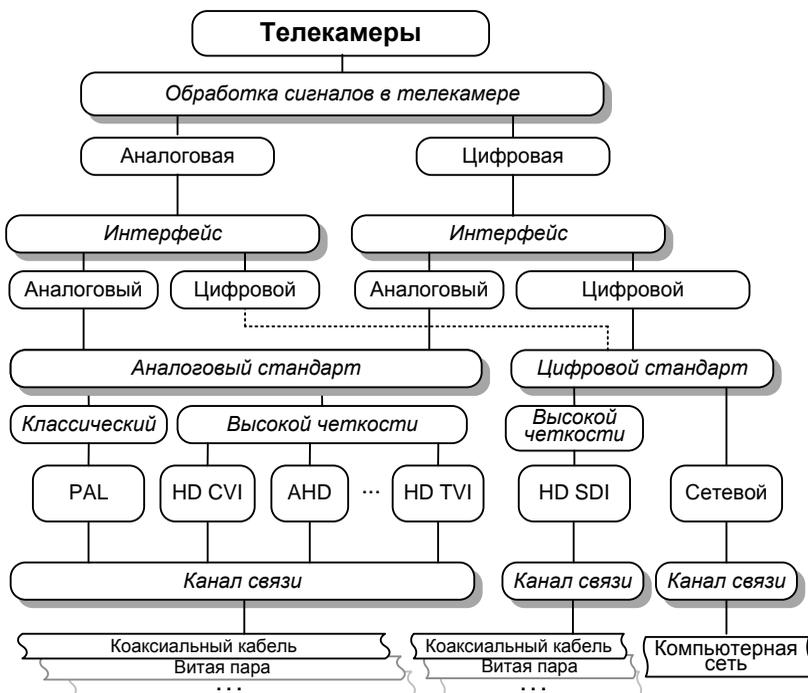


Рис. 1.1. Функциональные особенности телевизионных камер

В свою очередь *цифровые системы* бывают двух типов.

Стандарт ТВЧ обеспечивает разрешение 1920×1080 пикселей при соотношении сторон экрана 16:9. А также два типа развертки (чересстрочная 1080i или прогрессивная 1080p). Кроме высокого качества изображения стандарт цифрового ТВЧ предусматривает передачу многоканального звука, чаще всего стандарта Dolby Digital [14].

Аналоговые форматы высокого разрешения

Если говорить об аналоговых системах, то в настоящее время, несмотря на быстрое развитие цифровых систем, продолжают исследования и разработки также и в направлении развития и совершенствования аналоговых систем. Ясно, что такие разработки основаны на использовании стандартов, отлич-

чающихся от используемых в вещательном телевидении. Существует несколько подходов.

Первый подход состоит в увеличении горизонтального разрешения аналоговых камер путём использования матриц более высокого разрешения по горизонтали, т.е. в увеличении длины строки. Существует несколько форматов матриц, позволяющих достичь этого. Наиболее известный – формат 960Н матрицы ПЗС с количеством эффективных пикселей в горизонтальном направлении 960 [15]. В табл. 1.1 показано соответствие форматов таких ПЗС-матриц количеству эффективных пикселей и разрешению по горизонтали (PAL). В вертикальном направлении количество пикселей остается неизменным.

Таблица 1.1

Параметр	Формат ПЗС-матрицы		
	960Н	760Н	510Н
Общее количество пикселей по горизонтали и по вертикали	1020×596	795×596	537×597
Количество эффективных пикселей	976×582	752×582	500×582
Разрешение по горизонтали	700 ТВЛ	560 ТВЛ	380 ТВЛ

Ясно, что такой подход лишь частично решает задачу увеличения разрешающей способности (достигается только по горизонтали).

Другое направление – разработка форматов аналогового телевидения, позволяющих использовать разрешение цифрового телевидения высокой четкости в аналоговых системах. В настоящее время существует несколько вариантов решения такой задачи. Основные отличия новых аналоговых форматов заключаются в изменённой технологии формирования и передачи видеосигнала по линии связи – обычному коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 75 Ом. К таким форматам можно отнести нижеследующие направления развития стандартов аналоговых систем.

HD CVI (*High Definition Compose Video Interface*), который можно считать новым форматом высокой четкости в области аналогового теленаблюдения; он, в отличие от стандарта PAL, позволяет формировать видеосигнал с количеством пикселей до 1920×1080 [16, 17]. То есть можно говорить об аналоговой версии цифрового стандарта высокой четкости HD SDI.

Количество кадров в секунду можно выбрать из ряда 25/30/50/60 для разрешения 1280×720 пикселей (720p) и 25/30 для разрешения 1920×1080 пикселей (1080p). Кроме того, по одному коаксиальному кабелю можно передавать звуковой сигнал с частотой до 32 кГц и сигналы телеметрии.

AHD (*Analog High Definition*) – аналоговые системы высокой чёткости – технология, позволяющая получать, передавать и обрабатывать видеосигналы с количеством пикселей до 1920×1080 в несжатом формате по обычным коаксиальным кабелям [18].

HD TVI (*High Definition Transport Video Interface*) – формат, предусматривающий возможность формировать и передавать видеосигнал с разрешением 720p/1080p, а также сигналы телеметрии для управления поворотными камерами [17, 19].

Телевизионные системы наблюдения, построенные с использованием рассмотренных выше аналоговых форматов, близки по параметрам [17]. Они подходят как для создания новых, так и для модернизации уже существующих систем телевизионного наблюдения, построенных на аналоговых камерах. В рассматриваемой ситуации можно использовать уже имеющуюся кабельную структуру (если не было сэкономлено на качестве кабелей). Дальность передачи видеосигналов по коаксиальному кабелю составляет до 500 м. Также эти форматы позволяют использовать для передачи видеосигналов и витую пару.

Кроме того, следует учитывать и то, что формирование структуры ТВ-системы и подключение элементов практически такое же, как и в классических аналоговых системах и не требует специфических профессиональных знаний и умений по сравнению с IP-системами. Также полезно и то, что производители выпускают видеорегастраторы, совместимые не только с камерами соответствующих аналоговых форматов высокого разре-

шения, но также и с IP и классическими аналоговыми телекамерами.

Но надо понимать, что в рассмотренных аналоговых форматах происходит, во-первых, цифроаналоговое преобразование сформированного телекамерой видеосигнала и, во-вторых, передача аналогового видеосигнала по кабелю. И то, и другое приводит к потерям и искажениям. Поэтому если говорить о качестве передачи видеоизображения, то в системах ТВЧ (HD SDI) таких искажений нет (передача «пиксель в пиксель»), а в аналоговых они присутствуют. И выбор в пользу той или иной системы надо делать с учетом и других критериев (к примеру, параметров используемого кабеля) и ограничений (например, на стоимость оборудования).

В настоящее время работы в этом направлении активно ведутся, и можно ожидать как совершенствования упомянутых стандартов, так и создания новых. Так, существенный недостаток систем формата HD SDI, заключающийся в малом расстоянии, на которое возможна передача видеосигнала, в значительной степени исключается в новом формате [20]. Он основан на преобразовании видеопотока 1,5 Гбит/с в поток 270 Мбит/с без искажений (как заявляют разработчики). Телекамера может иметь соответствующий выход либо используется пара преобразователей (в зависимости от производителя EX-SDI HD-VLC (*Visually Lossless Codec*)), которые подключаются к выходу телекамеры и ко входу видеорегистратора. Дальность передачи видеосигнала в зависимости от типа кабеля (затухания) составляет до 400–500 м. Такое решение может существенно расширить возможности применения систем формата HD SDI.

Тип канала передачи видеосигналов

По способу передачи сигналов, определяемому в значительной степени типом канала связи, в ТВСН можно использовать следующие основные каналы связи.

Проводные:

- коаксиальный кабель;
- витая пара;
- оптоволоконные линии связи;
- линии связи проводных компьютерных сетей.

Беспроводные:

- беспроводные специализированные радиоканалы;
- каналы беспроводной телефонной связи;
- беспроводные компьютерные сети

и др.

Заметим, что тип канала связи может существенно влиять как на структуру ТВСН в целом, так и на их функциональные характеристики.

1.4. ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРА ТВСН

Телевизионные системы наблюдения являются сложными системами, насчитывающими зачастую десятки тысяч различных устройств, выполняющих различные функции. Состав конкретных ТВ-систем в значительной степени зависит от многих факторов, таких как поставленная задача, конфигурация и режим функционирования контролируемого объекта, а также от условий наблюдения за объектом.

Поэтому имеет смысл выделить основные элементы ТВСН, главным образом определяющие её характеристики и возможности.

Для того чтобы лучше понять суть вопроса, рассмотрим обобщенную структурную схему системы телевизионного наблюдения. С общей функциональной точки зрения в системе ТВ-наблюдения должны решаться следующие основные задачи:

- 1) формирование видеосигнала на основе оптического изображения контролируемой зоны;
- 2) передача этого сигнала по каналам связи;
- 3) формирование видеоизображения, соответствующего этому сигналу, для восприятия человеком;
- 4) обработка видеосигнала в различных целях (обнаружение движения, идентификация объекта, ...);
- 5) регистрация видеосигнала и видеоизображения.

Таким образом, обобщенная структурная схема ТВСН (рис. 1.2) состоит из следующих основных элементов:

- 1) устройств формирования видеоизображения, таких как телевизионные и тепловизионные камеры и приборы ночного видения;

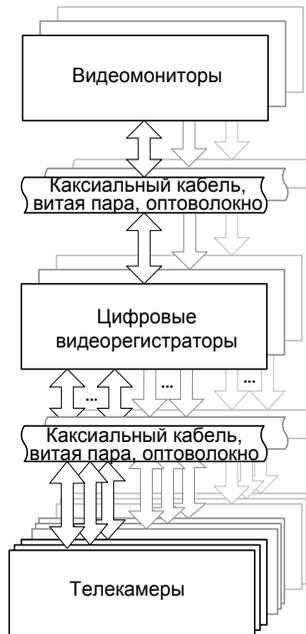


Рис. 1.2. Обобщенная структурная схема системы ТВ-наблюдения

- 2) каналов передачи видеосигнала от устройств формирования видеоизображения и сигналов телеметрии к ним;
- 3) устройств обработки и хранения видеосигналов;
- 4) каналов передачи информации от устройств обработки и хранения видеосигналов к устройствам отображения видеoinформации;
- 5) устройств отображения видеoinформации.

Любые варианты ТВ-системы будут, по сути, отличаться только количественным составом и типом упомянутых выше элементов и способами организации связи между ними.

Вообще говоря, такая структура справедлива для любой системы безопасности, в которой должны присутствовать устройства сбора информации об объекте, каналы передачи информации, устройства обработки, отображения и управления, соответствующие перечисленным выше элементам.

Например, для систем контроля и управления доступом это будут считыватели, каналы передачи информации от считывателей к контроллерам, контроллеры, каналы передачи информации от контроллеров к устройствам управления доступом и устройства управления доступом. В системе охранной сигнализации – охранные извещатели, каналы передачи информации, то есть шлейфы, контрольные панели, каналы передачи информации на пульт и устройства индикации состояния.

2. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Телевизионные системы наблюдения могут быть очень разнообразными как по составу и характеристикам, так и по функциональным возможностям. ТВСН могут включать десятки, сотни и тысячи телевизионных камер и много постов наблюдения. Если еще учесть огромное многообразие различных элементов (например, типов телекамер и их характеристик), особенностей функционирования системы (например, режимов отображения и регистрации видеоинформации) и условий эксплуатации (к примеру, освещенности), то становится ясной сложность задачи проектирования таких систем.

Нужно понимать, что с общей точки зрения ТВСН – это один из элементов системы физической защиты (СФЗ) [21] или, как более общий случай, системы безопасности. Поэтому проектирование ТВСН, как и любой системы безопасности, включает в себя определенные этапы. Схема на рис. 2.1 дает представление об общей процедуре разработки СФЗ [22], т.е. последовательности действий, выполняемых на различных этапах разработки системы. Поясним эту процедуру.

2.1. ОБЩАЯ ПРОЦЕДУРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СФЗ

Общая процедура проектирования СФЗ состоит в выполнении следующих основных этапов.

Анализ объекта обеспечения безопасности

На первом этапе на основе анализа объекта обеспечения безопасности составляется общий список жизненных приоритетов, подлежащих защите, т.е. определяется, что необходимо защищать, безопасность чего надо обеспечить. Как известно [8], система безопасности – это совокупность методов и средств, обеспечивающих предотвращение, обнаружение и ликвидацию угроз жизни, здоровью, среде обитания, имуществу, ресурсам и информации.

Из общего списка жизненных приоритетов (жизнь, здоровье, среда обитания, имущество, ресурсы и информация) отбираются наиболее существенные для решаемой задачи, естест-

венно, с детализацией и конкретизацией применительно к рассматриваемому объекту.

При этом нужно учитывать осознанный риск [22] – ту составляющую жизненных приоритетов, которая не включена в список приоритетов и, как следствие, после создания системы не будет защищаться.

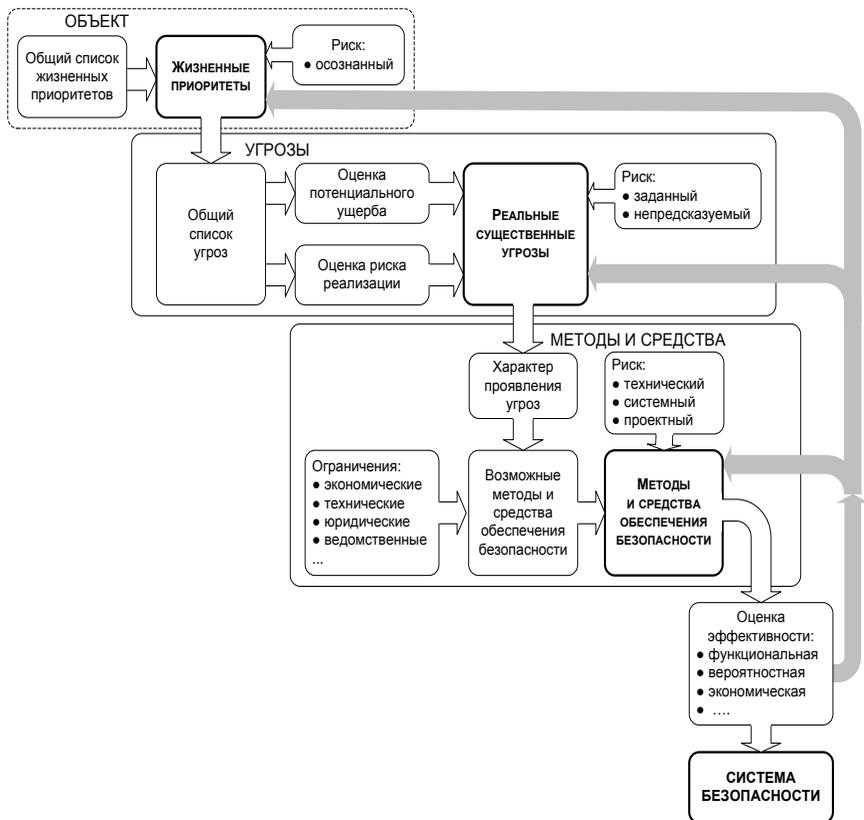


Рис. 2.1. Процедура разработки системы безопасности

Угрозы объекту обеспечения безопасности

На основании сформированного итогового списка приоритетов формируется общий перечень угроз объекту обеспече-

ния безопасности, реализация которых может привести к потерям, включающий все существующие и потенциально возможные угрозы.

Затем из этого перечня осуществляется отбор:

- существенных угроз, т.е. угроз, приводящих к существенным или неприемлемым потерям;
- наиболее вероятных (наиболее реальных) угроз, вероятность реализации которых велика.

На основании результатов этого отбора составляется список реальных существенных угроз, для которых высока вероятность реализации, во-первых, и реализация которых приводит к существенным или неприемлемым потерям, во-вторых. Эти угрозы будут служить исходными данными для выбора методов и средств их обнаружения.

Таким образом, на этом этапе должен быть сформирован список угроз, т.е. будет определено, от чего защищать объект обеспечения безопасности.

Методы и средства обеспечения безопасности

На этом этапе оценивается физический характер проявления реальных существенных угроз, который может позволить обнаружить их.

Характер проявления угроз, определяемый способом их реализации, позволяет выбрать возможные средства предупреждения и обнаружения этих угроз и методы использования этих средств. Применительно к задаче проектирования ТВСН это определит зоны объекта, требующие визуального контроля телевизионными средствами и требуемые особенности организации наблюдения.

Из всех возможных средств обнаружения угроз отбираются наиболее полно удовлетворяющие условиям поставленной задачи и ограничениям:

- экономическим (на стоимости создания и эксплуатации системы);
- техническим (функциональные возможности, надежность оборудования);

- ведомственным (например, ведомственные ограничения на использование того или иного вида оборудования) и другим с учетом рисков:

- технического (техническая реализуемость и надежность);
- проектного (возможность данной аппаратной и программной конфигурации системы выполнить требуемые функции на заданном уровне);
- системного (анализ возможных угроз, создаваемых разрабатываемой системой безопасности).

На основании выбранных средств обеспечения безопасности и методов их использования формируются предварительные аппаратная, программная и организационная конфигурации системы. То есть решается задача, чем и как защищать объект обеспечения безопасности. Фактически при этом формируется вариант реализации системы физической защиты.

Оценка эффективности системы

На последнем этапе оценивается эффективность спроектированной системы. Критерии оценки могут быть различными, в частности это могут быть:

- экономические (соотношение стоимости системы и уровня предотвращенных потерь);
- функциональные (соответствие функциональных возможностей системы условиям технического задания);
- вероятностные (возможность достижения требуемых вероятностей обнаружения угроз, пресечения несанкционированных действий и т.п.) и др.

Если соответствующий критерий не удовлетворяется, то производится возврат к одному из предыдущих этапов и соответствующая корректировка.

Таким образом, процедура разработки в общем случае является повторяющейся, многоступенчатой до достижения выполнения всех критериев и ограничений.

Необходимо подчеркнуть, что деление процедуры проектирования на этапы достаточно условно, поскольку они взаимосвязаны и влияют друг на друга. И обычно этот процесс итера-

ционный, повторяющийся до достижения требуемых результатов.

Но, естественно, есть определенная специфика этого процесса применительно к построению системы ТВ-наблюдения, учитывающая особенности получения и обработки видеoinформации. К таким особенностям можно отнести следующие.

Во-первых, способ получения информации об ООБ.

Во-вторых, способ использования этой информации для задач обеспечения безопасности и других задач.

В-третьих, высокая информативности получаемой информации – видеоизображений контролируемой зоны и необходимость, с одной стороны, обеспечить достижение этой максимальной информативности видеоизображения и, с другой стороны, максимально полно использовать эту информативность для решения задачи обеспечения безопасности.

В схеме рис. 2.1, иллюстрирующей процедуру проектирования, применительно к ТВСН рассмотренные этапы будут определять:

- что защищать – список жизненных приоритетов;
- от чего (угрозы и способы их реализации) – зоны, требующие видеоконтроля; задачи наблюдения; места установки, ориентация, количество телекамер;
- чем и как – состав, структуру и параметры элементов системы ТВ-наблюдения.

2.2. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТВСН

Структура и состав ТВСН будут определяться, главным образом, следующими параметрами:

- количеством телевизионных камер;
 - количеством постов наблюдения;
 - особенностями режимов отображения видеoinформации;
 - особенностями режимов видеорегистрации;
 - каналами связи между элементами системы,
- а также некоторыми другими.

В этом списке главенствующее место занимают вопросы, связанные с выбором количества телекамер, их параметров и

мест установки, поскольку они определяют параметры видеосигналов и, следовательно, потенциальные возможности системы. В свою очередь количество телекамер в значительной степени будет определять и выбор оборудования, связанный с организацией постов наблюдения (их количества и способов отображения видеoinформации), а также способы обработки и регистрации видеосигналов. А от взаимного расположения телекамер и постов наблюдения будет зависеть и выбор каналов связи для передачи видеосигналов.

В ряде случаев порядок выполнения этапов проектирования может быть различным. Например, при модернизации существующей аналоговой системы можно использовать уже имеющиеся коаксиальные кабели (при условии достаточно высокого их качества). Тогда это может определить выбор, к примеру, аналоговой или цифровой системы высокого разрешения (HD SDI или AHD).

К основным этапам разработки системы телевизионного наблюдения с учетом детализации рассмотренных выше этапов можно отнести:

- 1) анализ охраняемого объекта с определением:
 - контролируемых зон;
 - объектов наблюдения (люди, транспорт, предметы, беспилотные летательные аппараты и т.п.);
 - основных требований к ТВСН и условий ее работы (климатических, освещенности и т.п.);
- 2) выбор количества, мест установки и ориентации телекамер, углов обзора и разрешающей способности;
- 3) выбор режимов отображения видеoinформации;
- 4) выбор режимов хранения видеoinформации;
- 5) структурный синтез системы;
- 6) выбор каналов передачи информации;
- 7) выбор параметров и конкретного типа оборудования системы;
- 8) оценку эффективности системы.

Рассмотрим их подробнее.

Анализ охраняемого объекта

Этот этап процедуры разработки ТВСН включает в себя:

- определение количества и конфигурации зон, контролируемых средствами ТВСН;
- формулировку задач, решаемых ТВ-системой по каждой зоне;
- оценку условий работы элементов ТВ-системы, в первую очередь телекамер (освещенности, помех, климатических условий и т.п.).

На основе анализа особенностей объекта, режима и условий его функционирования, способов реализации угроз на начальном этапе разработки телевизионной системы необходимо определить три основные группы зон:

- 1) приоритетного наблюдения;
- 2) желательного контроля средствами ТВ-наблюдения;
- 3) запрещенных для наблюдения.

Первая группа – зоны, которые должны обязательно контролироваться средствами телевизионной системы для обеспечения требуемого уровня безопасности. Например, проходная для входа и въезда на предприятие.

Вторая – это зоны, для которых нет жесткой необходимости наблюдения, и решение об их контроле может приниматься на основании других соображений. Например, если в системе будет использоваться 16-канальный видеорегистратор, а телекамер, контролирующих первую группу зон, только 14. В таком случае незначительное увеличение стоимости системы за счет двух дополнительных телекамер позволит контролировать две дополнительные зоны или наиболее важные зоны несколькими дополнительными телекамерами.

К третьей группе относятся зоны, по той или иной причине запрещенные для наблюдения, такие как клавиатуры для набора пароля, окна выдачи денежных купюр банкоматов, участки частных территорий или окна жилых домов (по крайней мере, без согласия их владельцев) или другие, затрагивающие частную жизнь людей или другие вопросы обеспечения безопасности (к примеру, информационной), и т. п.

Таким образом, надо определить положение и размеры зон наблюдения и их приоритетность или порядок по важности

с точки зрения необходимости и условий организации телевизионного наблюдения.

В дальнейшем количество этих зон, их размеры и особенности телевизионного контроля могут корректироваться и окончательно будут определяться в совокупности со стоимостными и другими ограничениями, например на количество телекамер в системе.

Также на основе анализа объекта необходимо оценить условия освещенности контролируемой зоны. А именно наличие, количество, параметры источников освещения и их расположение относительно зоны наблюдения. При этом обязательно следует учесть возможные изменения в процессе эксплуатации в течение суток и в разное время года. Солнце постоянно изменяет свое положение в течение суток и времени года и может скрываться за облаками, следовательно, будут существенно изменяться условия освещенности. Другой пример: мощный прожектор для освещения территории включается в темное время суток и выключается в светлое и находится в фиксированном положении. Поэтому освещенность, создаваемую им, легко учесть. Однако фары проезжающих автомашин в темное время суток резко изменяют освещенность и, более того, могут создавать встречную засветку, при этом ещё и меняют свое положение.

Всё это существенным образом будет влиять как на выбор мест установки телекамер, так и на выбор оборудования (его функциональных характеристик).

Формулировка задачи наблюдения

На основе данных анализа объекта по каждой зоне, требующей организации наблюдения для выявления угроз, необходима четкая формулировка задач, решаемых телевизионной системой.

Одна из распространенных ошибок, которую допускают начинающие пользователи и разработчики ТВ-систем, связана с желанием обеспечить наблюдение за объектом минимальным количеством телекамер с максимальным размером контролируемых зон. Это, впрочем, легко объясняется финансовыми ограничениями. А это, как следствие, влечёт увеличение углов об-

зора. В свою очередь увеличение угла обзора телекамеры приводит к соответствующему увеличению размеров контролируемой зоны, т. е. упомянутая задача, на первый взгляд, решается. Но при этом зачастую забывают, что разрешающая способность камеры ограничена, и увеличение угла обзора, к примеру, в 3 раза, с 30 до 90 градусов, приведет к увеличению линейных размеров контролируемой зоны тоже почти в 3 раза. А это означает, что для отображения объекта одного и того же линейного размера на одном и том же расстоянии будет использоваться в 3 раза меньшее количество элементов разрешения матрицы. То есть качество изображения существенно ухудшается, возможность различать мелкие детали будет потеряна.

Определенную путаницу в процесс проектирования может вносить и подсознательное ожидание того, что видеоизображение от системы телевизионного наблюдения будет таким же высококачественным, как и при просмотре изображений вещательного телевидения. Поскольку это не так, сравним некоторые особенности систем ТВ-наблюдения и вещательного телевидения применительно к потенциальным нарушителям (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Особенность	Системы телевидения	
	Вещательные	Наблюдения
Положение объекта наблюдения в зоне обзора	Объект наблюдения старается попасть в зону обзора телекамеры	Объект наблюдения старается не попасть в зону обзора
Положение объекта по отношению к телекамере	Объект старается расположиться лицом к телекамере	Объект старается расположиться так, чтобы лицо не попадало в поле зрения камеры (не направлено на камеру) и подбирает головной убор, закрывающий лицо

Положение телекамеры по отношению к объекту	Оператор всегда знает, где находится объект наблюдения и соответственно выбирает наиболее удобное место положения телекамеры	Положение телекамеры зафиксировано по отношению к зоне обзора
Освещенность зоны обзора	Максимально оптимизирована к условиям съемок	Нарушитель старается выбрать время и обстановку (погодные условия, время суток, маршрут движения по зоне ...) с наименее благоприятными условиями освещенности
Возможность воздействия объекта на телекамеру	Объект наблюдения никак не воздействует на элементы ТВ-системы	Объект наблюдения может воздействовать на элементы системы для полного или частичного вывода её из строя

Информация в таблице относится к ситуации студийной съемки. При репортажах вещательного телевидения на местах ситуация может частично отличаться от рассмотренной.

Анализируя информацию, приведенную в таблице, можно сделать вывод, что в вещательном телевидении всё направлено на создание максимально удобных условий для формирования высококачественных видеоизображений, а в системах наблюдения объект наблюдения выбирает и создаёт условия, максимально затрудняющие задачу формирования видеоизображения.

Чтобы избежать упомянутых выше ошибок, прежде всего, необходимо четко определить, какие задачи должна решать ТВСН. Условно можно выделить несколько типовых задач наблюдения. Формулировки этих задач зачастую имеют неприн-

ципиальные отличия, достаточно типичными являются следующие [6, 23-25].

Общий план контролируемого объекта

Подразумевает решение задачи обнаружения и наблюдения или мониторинга (отслеживание объекта наблюдения после его обнаружения) и оценки общей ситуации в контролируемой зоне. При этом ставится задача общего обзора и оценки ситуации в целом, без мелких деталей. Например, наблюдение за территорией, прилегающей ко входу в банк (рис. 2.2, а), или за ситуацией в вестибюле метро (возникновение скопления людей, что может привести к давке). В таком случае необходимо обнаружить появление новых объектов наблюдения и (или) отслеживать ситуацию в зоне наблюдения – перемещение некоторых объектов (машин, людей и т. д.). Возможность оценить детали не только мелкие (номер автомашины, лицо человека и т.п.), но зачастую и более крупные (марку автомашины, наличие предметов в руках людей) обычно отсутствует.

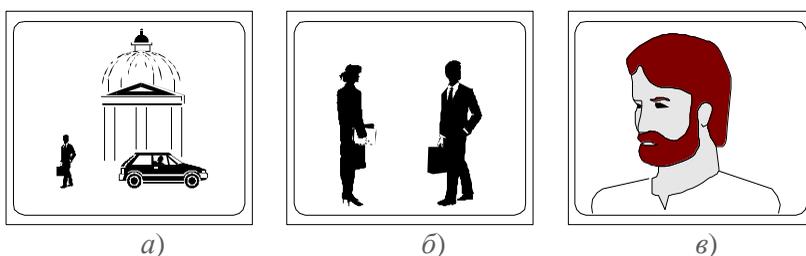


Рис. 2.2. Изображение на экране монитора для разных задач наблюдения

Таким образом, эта задача подразумевает обнаружение субъектов или объектов наблюдения в контролируемой зоне и дальнейшее наблюдение за их перемещением с точки зрения выявления несанкционированных или потенциально опасных действий.

Распознавание объектов и их действий

В данном случае целью наблюдения также является выявление несанкционированных или потенциально опасных дейст-

вий. Но здесь (рис. 2.2, б) должна решаться задача распознавания объекта наблюдения, его достаточно крупных деталей или действий (например, поведения и действий покупателей в торговом зале или упомянутая выше – марки автомашины, действий человека, предметов, которые он держит в руках, и т.п.). Однако задача идентификации личности или объекта либо не решается, либо решается на сравнительно низком уровне. Например, определяется только тип автомашины (грузовая или легковая) или то, что в руках человека находится некий предмет и т.п. То есть определяется принадлежность субъекта или объекта наблюдения или его элементов к определенной группе объектов наблюдения.

Идентификация субъекта или конкретного объекта

Очевидно, что решение такой задачи подразумевает необходимость различать достаточно мелкие, характерные детали, например лица человека, входящего на объект, или номерной знак конкретной автомашины (рис. 2.2, в).

Поскольку зачастую в понятие идентификации в разных источниках может вкладываться различный смысл, уточним это понятие.

В соответствии с [27, 28] *идентификация* – это процесс опознавания субъекта или объекта по присущему ему или присвоенному ему идентификационному признаку.

При этом в общем случае можно говорить о двух видах идентификации:

- индивидуальной (идентификация конкретной личности или объекта, к примеру, автомашины с определением её номерного знака);
- групповой (например, оценка того, что наблюдаемый объект – человек или животное, либо тип автомашины – легковая, грузовая и т.д.), т.е. выполняется оценка принадлежности объекта наблюдения к определенной группе объектов).

Соответственно можно говорить и о двух видах идентификаторов, т.е. характерных признаках, по которым можно осуществить идентификацию объекта наблюдения, – индивидуальных и групповых. С этой точки зрения в рассмотренной выше второй задаче наблюдения – распознавания – может решаться

задача групповой идентификации, а в последней – индивидуальной.

Оценка возможности решения той или иной из рассмотренных выше задач может осуществляться различными способами. Один из наиболее распространенных состоит в задании относительного размера изображения человека на экране для того или иного стандарта, например PAL. Тогда для задачи обнаружения и наблюдения требуется изображение человека 5–10% от размера экрана, распознавания – 20–50%, а для идентификации лицо должно занимать от 15–20% и более. Конечно, любые цифры будут существенно зависеть от условий освещенности.

Разнообразие решаемых ТВ-системой задач весьма велико. Например, могут решаться задачи распознавания некоего предмета в руках человека. Тогда, к примеру, чтобы распознать такой предмет как мобильный телефон, который покупатель положил в карман, потребуются совсем другие параметры по сравнению, например, с таким предметом как портфель.

Хотя и задача индивидуальной идентификации может решаться по-разному. Например, идентификация известного человека может быть выполнена при более низких требованиях к параметрам изображения, начиная с относительного размера изображения человека на экране около 100% и более для стандарта PAL, т.е. около 15% для лица. Полноценная идентификация может быть реализована для размера лица на экране минимум 25–30%.

Чтобы проиллюстрировать различия в терминологических формулировках задач ТВ-наблюдения приведем относительные размеры человека на экране монитора (табл. 2.2) для стандарта PAL с вертикальным разрешением около 400 ТВЛ и данные некоторых цифровых стандартов (табл. 2.3) [25] для решения ряда задач из упомянутого документа.

Для иллюстрации сказанного на рис. 2.3, *а–в* представлены изображения человека (на рис. 2.3, *г*) с различным разрешением [29].

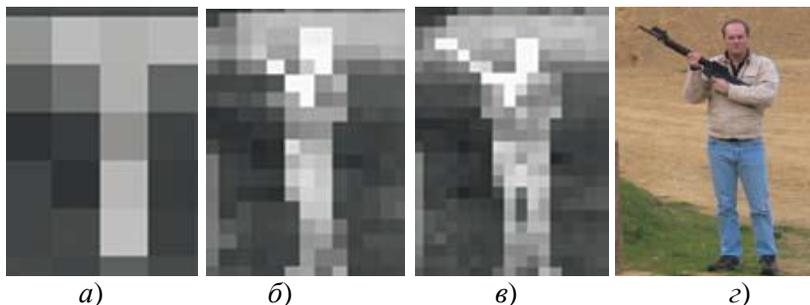


Рис. 2.3. Изображения объекта с различным разрешением

Таблица 2.3

Параметр	PAL	Количество пикселей цифровых стандартов					
		1080p	720p	VGA	2CIF	CIF	QCIF
Высота	400	1080	720	480	288	288	144
Ширина	720	1920	1280	640	704	352	176

Таблица 2.2

Задача	PAL	Процентное соотношение с размером экрана для цифровых стандартов					
		1080	720	VGA	2CIF	CIF	QCIF
Идентификация	100	38	56	84	139	139	278
Распознавание	50	19	28	42	70	70	139
Наблюдение	25	10	14	21	35	35	70
Обнаружение	10	4	6	9	14	14	28
Мониторинг	5	2	3	5	7	7	14

На рис. 2.3, *а* решается задача обнаружения (некоторого объекта), на рис. 2.3, *б* – распознавания (можно принять решение, что обнаруженный объект – это человек), а на рис. 2.3, *в* – идентификации (вооруженный человек, т.е. его принадлежность к определенной группе).

Также могут ставиться различные задачи для ТВ-системы в разных частях одной и той же контролируемой зоны, т.е. могут быть и различные комбинации задач. К примеру, общий обзор стоянки автомашин с одновременной возможностью более детального просмотра отдельных частей этой зоны. Так, в последнем примере могут потребоваться две телекамеры: одна общего обзора и вторая, управляемая по положению с объективом с трансфокатором.

Выбор количества, мест установки и углов обзора телекамер

Итак, для решения упомянутых задач телевизионного наблюдения необходим правильный выбор следующих параметров и характеристик для телевизионных камер:

- количества;
- мест расположения;
- высоты установки и ориентации в вертикальной и горизонтальной плоскостях;
- углов обзора;
- разрешающей способности.

А также некоторых других параметров и характеристик, связанных, прежде всего:

- с условиями освещенности (источники естественной и искусственной освещенности, их расположение и направленность, изменение их положения во времени и т.п.);
- возможными помехами наблюдению, препятствующими получению видеоизображений или снижающими на некоторое время качество изображения (засветка светом фар, блокировка части зоны проезжающим транспортом и т.д.);
- возможностью возникновения экстремальных условий эксплуатации (конденсат или иней на объективах) и др.

Это должно выполняться с учетом достижения наилучшего обзора контролируемой зоны, как с точки зрения поставленных задач, так и специфических особенностей каждой зоны (размеров и типов объектов наблюдения, освещенности, ...).

Рассмотрим подробнее выбор параметров и характеристик, упомянутых выше.

Количество телекамер – важный параметр ТВСН. С одной стороны, при большем количестве телекамер лучше решается задача телевизионного контроля объекта. С другой стороны, с увеличением количества телекамер усложняется возможность реального наблюдения операторами за ситуацией на объекте. Для оператора эффективно контролировать десятки изображений в течение длительного времени практически очень сложно, а зачастую и невозможно по физиологическим причинам. Поэтому стоит максимально использовать возможности автоматизации процесса наблюдения для выявления нестандартных ситуаций и устанавливать приоритетность контролируемых зон. Ну и, конечно, с ростом числа камер в системе возрастает ее стоимость.

Места установки телевизионных камер также в значительной степени влияют на возможности ТВ-систем по решению тех или иных задач наблюдения. Например, телекамера, установленная непосредственно над входом в здание с большим углом наклона практически не даст возможности получить изображение лица человека, входящего в здание. Место установки будет существенным образом определять и защищенность телекамеры от возможных несанкционированных действий. Подробнее эти вопросы рассмотрены, например, в [5, 7, 13, 26].

Ориентация телекамер зависит не только от формы и размеров зоны видеоконтроля, но и в ряде случаев от решаемой задачи.

Например, для контроля потока людей, входящих в здание, телевизионная камера должна быть направлена навстречу им, а не в спину. В этом примере сама поставленная задача определяет и направление обзора, а, следовательно, и ориентацию камеры. Хотя в этом случае требуемое направление обзора может вступать в противоречие с условиями освещенности, поскольку через дверь может иметь место встречная засветка телекамеры. Такой случай можно условно назвать ориентированным обзором. Другой пример – контроль пользователей банкомата. В этом случае необходимо наблюдать так, чтобы видеть лицо пользователя. То есть направление обзора или ориентация телекамеры также определены задачей.

Примером неориентированного обзора может служить наблюдение за торговым залом. Покупатели могут перемещаться в любом направлении, поэтому с точки зрения общего направления обзора можно руководствоваться другими соображениями, в частности отсутствием непросматриваемых участков зоны.

Выбор угла обзора – также противоречивая задача. С одной стороны, его увеличение позволяет увеличить зону обзора телекамеры или контролировать объект меньшим количеством телекамер. Но, с другой стороны, при этом снижаются качество изображения и возможности решения ТВ-системой рассмотренных выше задач.

Выбор разрешающей способности телекамеры – последний по списку, но не по важности из основных параметров – даже при прочих равных условиях определит возможность и качество выполнения системой ТВ-наблюдения сформулированных задач.

В дальнейшем основные из упомянутые выше вопросов будут рассмотрены подробнее.

Выбор режимов отображения видеоинформации

На этом этапе на основе выбранного количества телекамер, а также особенностей организации режимов наблюдения необходимо определить:

- количество постов наблюдения;
- количество мониторов или количество элементов видеостены на каждом из постов;
- необходимость мультиэкранного отображения нескольких видеоизображений на одном мониторе;
- параметры мультиэкранного режима (количество видеоизображений на каждом из мониторов);
- количество дежурных мониторов, позволяющих отображать видеосигналы с определенных телекамер с максимальным качеством.

При этом необходимо учитывать следующие особенности отображения видеоинформации.

- Возможности и ограничения восприятия оператором определенной объема видеоинформации в течение опреде-

ленного промежутка времени (например, в течение рабочей смены) с точки зрения физиологии человека и квалификации операторов.

- Соответствие изображения на экране реальному, например, соответствие последовательности расположения телекамер на периметре объекта и мониторов, на которые выводятся изображения от этих камер.
- Возможность и необходимость воспроизведения изображения с требуемым качеством, т.е. соответствие разрешения монитора и видеосигнала. Прежде всего, это относится к отображению сигналов от мегапиксельных телекамер (с форматом 2 мегапикселя и более) и к мультиэкранным режимам отображения, а также к возможностям просмотра сигналов, записанных на видеорегистраторах.

Выбор режимов хранения видеоинформации

Прежде всего, говоря о записи сигналов в телевизионных системах наблюдения, можно отметить следующие типичные условия постановки задачи видеорегистрации:

- обычно большое количество телекамер как источников видеосигналов;
- необходимость записи в течение достаточно длительных промежутков времени (недели и месяцы);
- большие объемы записываемых файлов.

При этом задача организации записи должна решаться при ряде ограничений, к основным из которых можно отнести лимитированные ресурсы памяти видеорегистраторов и необходимость обеспечения достаточно высокого качества записанного видеоизображения (разрешающей способности, в первую очередь).

Хранение видеоинформации в ТВСН в общем случае может осуществляться:

- в телевизионных камерах;
- в специализированных видеорегистраторах, находящихся:
 - на постах наблюдения;
 - в промежуточных пунктах хранения видеоинформации;

- в специализированных пунктах хранения корпоративной информации;
- в сторонних (не принадлежащих объекту обеспечения безопасности) средствах хранения информации (в «облаках»).

Заметим, что эта задача, как, впрочем, и другие, тесно связана с выбором каналов связи, поскольку речь идет о необходимости передачи больших объемов информации от телевизионных камер к устройствам и пунктам хранения видеoinформации.

На настоящий момент основной способ хранения данных – это жесткие диски. Магнитная лента, которая использовалась ранее в специализированных аналоговых видеомагнитофонах, практически сошла на нет и постепенно прекращает использоваться в аналоговых накопителях больших объемов данных. Параметры устройств хранения информации на дисках быстро улучшаются с развитием технологии. Техническая реализация устройств, использующих диски, может быть различна (специализированные видеорегистраторы, компьютеры, дисковые массивы и т.д.). Но основные параметры или требования применительно к ТВСН одинаковы:

- ёмкость, т.е. объем хранимых данных;
- скорость записи/считывания;
- форматы записываемых данных, определяющих параметры и качество записанных видеоизображений;
- возможности восстановления данных при сбоях или неисправностях;
- возможности работы одновременно в разных режимах (запись, считывание, ...).

Основной недостаток дисковых устройств хранения – наличие механических движущихся устройств со всеми вытекающими отсюда последствиями. Поэтому как альтернативу всё чаще начинают использовать устройства хранения, не использующие движущиеся элементы (твердотельные накопители), такие как, к примеру, карты памяти.

Объем хранимой информации

Решение задачи хранения видеoinформации сопряжено с необходимостью записи на носители очень больших объемов

данных [6]. Поэтому для её реализации необходимо, по возможности, обеспечить уменьшение требуемого объема памяти путем устранения избыточности информации в видеосигнале. Уменьшение избыточности достигается двумя основными способами:

- сжатием по определенному алгоритму файлов, содержащих видеосигнал;
- управлением режимами записи, позволяющим уменьшить количество записываемой видеоинформации.

Очевидно, что оба эти подхода ведут к тем или иным потерям в записанном видеоизображении. Поэтому очень важно разумно подходить к выбору алгоритмов сжатия и других параметров, позволяющих, с одной стороны, уменьшить объемы записываемой информации, а, с другой стороны, сохранить минимально требуемое качество записанных видеоизображений.

Алгоритмы сжатия видеосигналов

Как известно, существуют два основных класса алгоритмов сжатия, ориентированных на выполнение следующих основных критериев.

- Сохранение высокого качества видеоизображения. При этом размер файла, соответствующего одному кадру видеоизображения, может существенно меняться в зависимости от его содержания. К таким алгоритмам можно в первую очередь отнести MJPEG – метод, при котором каждый кадр обрабатывается независимо. Качество изображения достигается достаточно хорошее, но при сравнительно большом размере файлов и возможности существенно изменять его объем при изменении характера видеоизображения. Поэтому такой метод чаще используется для обеспечения видеозаписи высокого качества.

- Поддержание равномерного объема передаваемой видеоинформации. В этом случае качество видеоизображения зависит от содержания видеоизображения и может ухудшаться при увеличении количества и размера областей видеоизображения, в которых происходят изменения. Основные алгоритмы сжатия такого типа на данный момент – это MPEG-4 и H.264.

В системе ТВ-наблюдения может использоваться как один, так и несколько алгоритмов видеозаписи. Например, H.264 – для

передачи видеосигналов на пункт наблюдения для просмотра видеоизображений в реальном времени операторами и MJPEG – для записи видеосигналов с возможностью последующего анализа высококачественных изображений.

Управление режимами записи

Основная идея управления режимами записи заключается в том, что в дежурном режиме при отсутствии активности в контролируемой зоне запись ведется с низкой скоростью (с достаточно большими интервалами – паузами между кадрами видеоизображения) и более низким качеством. При возникновении определенного события или в определенное время осуществляется изменение режима записи. Это изменение может заключаться в переходе либо на более высококачественную запись, либо на запись большей скоростью (с меньшими паузами между кадрами), либо и то и другое одновременно.

События, которые активизируют другой режим записи, могут быть различными, к примеру, открывание двери; срабатывание охранного извещателя; обнаружение движения; нажатие кнопки нападения и другие, в зависимости от решаемой задачи.

Также для режимов записи может быть установлено разное временное расписание в течение суток (например, различное в рабочие и нерабочие часы), недели (рабочие и нерабочие дни) и года (праздничные дни).

Скорость записи (количество кадров видеосигнала, записываемых в единицу времени) является весьма важным фактором, при выборе которого надо учитывать следующее:

- минимальное время пересечения зоны наблюдения;
- минимальное время на выполнение несанкционированного действия;
- минимальное количество кадров, требуемое для принятия решения алгоритмами видеоаналитики, и др.

Обязательно при выборе параметров видеозаписи следует учитывать требуемое качество записи ЦВР и разрешающую способность при записи. Поскольку иногда имеет место типичная ошибка, вызванная стремлением сэкономить на ресурсах видеорегистратора, когда запись ведется с низким качеством и в

формате с низким разрешением, например CIF. Как следствие, при необходимости просмотра видеоизображений выясняется, что даже при высоком качестве изображений, сформированных телекамерами, видеозапись не дает возможности решить поставленную задачу наблюдения.

Структурный синтез системы

Анализ охраняемого объекта, формулировка задач наблюдения и выбор на предыдущих этапах количества и мест установки телекамер и углов обзора, параметров устройств отображения и хранения видеoinформации в совокупности с некоторыми другими требованиями позволяют перейти к формированию структуры системы ТВ-наблюдения.

Кроме того, места расположения телекамер и постов наблюдения определяют расстояния между элементами системы. А это в свою очередь позволяет выбрать тип каналов передачи видеосигналов и сигналов телеметрии (при наличии управляемых устройств).

На этом этапе также необходимо учитывать и организационно-технические требования к системе ТВ-наблюдения. К ним, например, относятся такие, как:

- количество постов наблюдения;
- способы отображения видеосигналов от различных камер (количество постов наблюдения, количество мониторов, режимы мультиэкранного отображения и т.п.);
- автоматизация обнаружения различных ситуаций;
- требуемая продолжительность видеозаписи;
- способы реагирования на нештатные ситуации и другие требования.

Таким образом, на этом этапе синтезируется структурная схема системы, определяющая ее функциональный и количественный состав и взаимосвязь между различными элементами.

Вопросы структурного синтеза аналоговых и цифровых ТВ-систем детальнее рассматриваются в разд. 3.

Выбор каналов передачи информации

Как отмечалось выше, существуют различные варианты решения задачи передачи видеосигналов между элементами

ТВСН. Это могут быть проводные (коаксиальный кабель, витая пара, оптоволоконные линии связи, линии связи проводных компьютерных сетей) и беспроводные (специализированные радиоканалы, каналы беспроводной телефонной связи, беспроводные компьютерные сети) и др.

Основными критериями выбора типа и параметров каналов связи между элементами системы, учитываемыми при решении этой задачи, могут служить следующие:

- нагрузка канала связи, определяющая его требуемую пропускную способность (полосу пропускания);
- расстояние, на которое должна передаваться видеoinформация;
- наличие тех или иных интерфейсов в оборудовании ТВСН (камеры, видеорегистраторах и других устройствах);
- требуемая скорость передачи видеoinформации, связанная с количеством телекамер, количеством передаваемых кадров в единицу времени, форматом матриц телекамер (определяющим количество пикселей) и т.п.;
- защищенность канала связи (физическая и информационная);
- необходимость взаимодействия с другими подсистемами, не только безопасности, но и корпоративными;
- наличие на объекте уже существующих и подходящих по параметрам каналов передачи информации (например, коаксиальных кабелей модернизируемой ТВ-системы, компьютерной сети с достаточными ресурсами и т.п.).

Выбор параметров и типа оборудования системы

На основе структурного состава ТВ-системы и сформулированных требований к телекамерам, определяющих качество изображения, а также условий эксплуатации можно выполнить оценку требуемых параметров устройств передачи, обработки и отображения видеoinформации. К ним можно отнести:

- разрешающую способность мониторов;
- параметры видеорегистрации (количество каналов, скорость записи, алгоритмы и качество сжатия и т.п.);
- требуемую чувствительность телекамер;

- необходимость специальных функций у ТВ-камер (таких как подавление фона и ярких источников света, «день/ночь» и др.);

- необходимость устройств подсветки и их параметры;

- условия эксплуатации;

- необходимость автоматизированного видеонализа и требования к нему и т.д.

Все эти данные дают возможность выбрать конкретное оборудование ТВСН. Очевидно, что это должно делаться с учетом экономических и других ограничений на систему.

В настоящее время большое количество торгующих организаций предлагает разнообразную аппаратуру производства различных фирм. Поэтому при выборе фирмы, у которой планируется закупить технические средства систем теленаблюдения, имеет смысл учесть:

- стоимость оборудования (в том числе с точки зрения соотношения качество/цена;

- технические характеристики оборудования;

- соответствие заявленных характеристик реальным;

- наличие у торгующей организации достаточно широкого (по возможности полного) набора всех элементов технических средств ТВСН;

- поддержку торгующей организацией заводских гарантий и условия их сохранения;

- сроки поставки;

- условия монтажа оборудования (представителями фирмы или другими организациями);

- возможность обучения персонала работе на закупленном оборудовании;

- возможность расширения системы и модернизации оборудования.

Учет этих особенностей и характеристик элементов ТВСН необходим при выборе конкретных технических средств систем.

В свою очередь детализация оборудования позволяет разработать функциональную и принципиальную схемы системы.

Оценка эффективности системы

Оценка эффективности ТВСН достаточно многоплановая, многокритериальная и сложная задача. Для её решения могут использоваться различные критерии и методы, как общие, применимые к любым системам безопасности, к примеру, экономические, так и конкретные, специфические именно для ТВСН, например, рассмотренные в [13, 23, 24, , 30].

Прежде всего, отметим, что оценка эффективности системы с точки зрения конечного пользователя должна выполняться на выходе ТВ-системы, по изображению, которое используется для наблюдения (на мониторах), для принятия решения, а не на оценке параметров отдельных устройств, в первую очередь, телевизионных камер, как это часто бывает.

Для оценки эффективности могут использоваться как общие параметры телевизионных устройств (разрешающая способность, контрастность и т.д.), так и специальные параметры, к числу которых можно отнести информативность формируемого изображения.

3. СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ

Важнейший этап построения телевизионной системы наблюдения состоит в разработке структуры системы, определяющей состав и взаимосвязь её элементов, в первую очередь, телевизионных камер, видеорегистраторов, мониторов и других устройств. Будем понимать под структурным синтезом разработку структурной схемы системы ТВ-наблюдения. Эта разработка может вестись на основе сформулированных в техническом задании требований к системе и её параметрам и таких основных результатов предыдущих этапов проектирования, как выбор:

- количества телекамер;
- режимов отображения видеоинформации:
 - количество постов наблюдения;
 - способы отображения видеосигналов от различных камер (количество мониторов, режимы мультиэкранного отображения и т.п.);

- режимов хранения видеоинформации;
- способов реагирования на нештатные ситуации;

Могут и должны учитываться и другие требования и ограничения.

Таким образом, на этом этапе синтезируется структурная схема системы, определяющая ее количественный и функциональный состав и взаимосвязь между различными элементами.

Кроме того, места расположения телекамер и постов наблюдения определяют расстояния между элементами системы. С учетом требуемой взаимосвязи между различными элементами ТВСН это в свою очередь позволяет выбрать тип каналов передачи видеосигналов и сигналов телеметрии (при наличии управляемых устройств).

Рассмотрим наиболее типичные по своему составу системы ТВ-наблюдения, которые могут использоваться для контроля состояния объекта и его охраны.

3.1. АНАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ

Простейшая система

Простейшая система из одной телекамеры и одного монитора (рис. 3.1) может использоваться для контроля состояния одной зоны, например для наблюдения за посетителями или гостями, приходящими в офис или дом. В сочетании с хорошо всем известным переговорным устройством (домофоном) можно не только разговаривать из квартиры или дома с посетителем, стоящим у входа, но и видеть его.

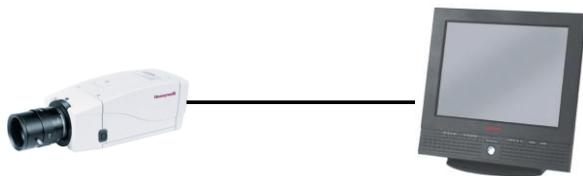


Рис. 3.1. Простейшая система теленаблюдения

Добавляя к линиям передачи видеосигнала и звука канал управления электромеханическим замком или другим устройством

вом управления доступом, можно дополнительно расширить возможности такой системы. Как один из вариантов такой системы можно привести пример видеодомофона, сочетающего в себе функции простой ТВ-системы с контролем и управлением доступом.

Системы с управляемой телекамерой

Возможности ТВ-систем, как простых, так и более сложных, могут быть существенно повышены при использовании устройств, позволяющих дистанционно изменять положение камеры в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также регулировать фокусное расстояние объектива (т. е. увеличивать или уменьшать изображение) и фокусировать изображение.

Структурная схема такой системы в общем случае состоит из следующих элементов:

- телевизионной камеры, оснащенной объективом с переменным фокусным расстоянием;
- поворотного устройства для изменения положения телекамеры (поворот в горизонтальной плоскости и изменение наклона в вертикальной);
- пульта управления положением камеры и объективом (с помощью клавиш или джойстика);
- устройства приема и передачи телеметрической информации (могут быть встроены в поворотное устройство и клавиатуру);
- телевизионного монитора.

Последнее время широкое распространение получили скоростные купольные телекамеры, которые включают в себя все элементы управления положением телекамеры и параметрами объектива и приема/передачи телеметрической информации, конструктивно совмещенные в одном корпусе. В этом случае структурная схема выглядит следующим образом (рис. 3.2).

Управление такой телевизионной камерой может осуществляться не только с клавиатуры, но и с экрана монитора с помощью экранного (виртуального) пульта управления (рис. 3.3).

Подобные функции управления имеют некоторые видеорегистраторы. В этом случае можно отказаться от клавиатуры и использовать экранную имитацию последней.

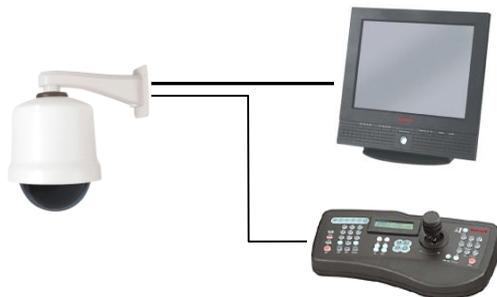


Рис. 3.2. Система со скоростью управляемой купольной телекамерой



Рис. 3.3. Экранный пульт управления скоростью купольной телекамерой

ТВСН с последовательными переключателями

Системы телевизионного наблюдения рассмотренного выше типа позволяют оператору визуально контролировать состояние только одной зоны, фиксированной для системы, изображенной на рис. 3.1, или управляемой по положению и размерам для системы, представленной на рис. 3.2.

При необходимости контролировать состояние нескольких зон на охраняемом объекте устанавливается соответствующая

щее количество телекамер. Для наблюдения изображения, получаемого от этих камер, можно использовать соответствующее количество мониторов, т. е. многократно дублировать структуру на рис. 3.1. Однако очевидно, что это, во-первых, увеличивает стоимость системы наблюдения и, во-вторых, усложняет условия работы оператора, поскольку нужно одновременно следить за изображениями на нескольких мониторах, что приводит к более быстрой утомляемости и (или) необходимости работать нескольким операторам одновременно. Во избежание этого можно воспользоваться системой, структурная схема которой показана на рис. 3.4.

В этой схеме используется последовательный коммутатор (переключатель) видеосигналов от нескольких телекамер. При этом на экран одного монитора поочередно, последовательно во времени выводится изображение от различных телевизионных камер.



Рис. 3.4. ТВСН с последовательным переключателем

Видеосигнал от каждой из телекамер отображается на экране в течение определенного промежутка времени. В простейших устройствах этот промежуток одинаков для всех телекамер, в более совершенных временной интервал и порядок вывода программируется для каждой камеры индивидуально.

Например, для системы из четырех телевизионных камер изображение первой телекамеры выводится на экран на интервале T_0 от t_1 до t_2 , второй – от t_2 до t_3 и т. д. (рис. 3.5).

Затем, после завершения вывода на экран сигнала от 4-й телекамеры в момент t_5 , процесс повторяется с периодом просмотра $T_{пр}$. В этом случае период просмотра $T_{пр}$ определяется как $T_{пр} = T_0 N$, где N – количество телекамер.

Выбор значения T_0 зависит от времени реакции оператора, который после вывода на экран каждого нового изображения должен оценить ситуацию. Обычно это время составляет от единиц до десятков секунд.

Кроме того, в системе с последовательным коммутатором важно обеспечить хорошую синхронизацию видеосигналов от различных телекамер. Иначе при переключении сигналов будет происходить подергивание видеоизображения на экране монитора. Это негативно сказывается на работе оператора – приводит к более быстрой утомляемости зрения.

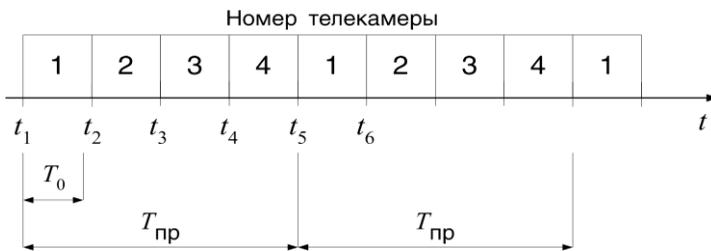


Рис. 3.5. Последовательность отображения видеосигналов от телекамер

Основным недостатком такого способа отображения является то, что во время просмотра одной зоны (т. е. изображения, сформированного одной телекамерой) все остальные не контролируются. Так, в рассмотренном примере в течение промежутка времени от t_2 до t_5 продолжительностью

$$T_{нк} = (N-1)t_0$$

изображение первой зоны не контролируется. Это может привести к потере информации, например к пропуску происшествия.

Поэтому применение таких структур обычно ограничивается небольшим количеством телекамер, как правило, не более четырёх.

Частичным решением этой проблемы может служить использование двух мониторов. Один – основной, работающий в режиме автоматического последовательного переключения, а второй – дежурный или тревожный. Он либо включается на вывод изображения некоторой зоны автоматически при регистрации движения в ней, либо управляется оператором вручную.

Другие способы повышения эффективности работы такой видеосистемы основаны на введении приоритетности для некоторой зоны или зон. Эта приоритетность может состоять либо в увеличении продолжительности отображения приоритетной зоны, либо в более частом, по сравнению с другими зонами, выводе ее на экран.

В первом случае используются различные временные интервалы вывода изображения на экран. Изображение зоны, требующей большего внимания, выводится дольше (рис. 3.6) по сравнению с другими зонами.



Рис. 3.6. Приоритетное по длительности отображение видеосигнала от одной из телекамер

Во втором случае при одинаковом времени вывода на экран T_0 она повторяется чаще, чем другие зоны. Например, выводится следующая последовательность изображений от телекамер (рис. 3.7): 1, 2, 1, 3, 1, 4, 1, 2, ... Период просмотра при этом будет равен

$$T_{пр} = 2(N-1)T_0.$$



Рис. 3.7. Приоритетное по порядку отображение видеосигнала от одной из телекамер

Эти два способа позволяют уменьшить непросматриваемую паузу для приоритетной зоны. Правда, за счет сокращения времени наблюдения за другими зонами и увеличения периода просмотра $T_{пр}$. Конечно, эти способы могут использоваться и совместно.

К основным характеристикам последовательных коммутаторов можно отнести нижеследующие.

- *Количество входов телекамер.* Определяет максимальное количество подключаемых камер; обычно это 2 или 4, реже – 8, поскольку в этом случае существенно возрастает период $T_{пр}$ повторения последовательности просмотра.

- *Количество выходов на мониторы.* Определяет возможность использования нескольких мониторов, например основного и тревожного.

- *Способы переключения сигналов* телевизионных камер. Обычно большинство коммутаторов имеют возможность работать в режиме автоматического переключения, а при необходимости можно вручную выбирать (выводить на экран) изображение интересующей зоны. Дополнительный выход также может быть использован для подключения устройства видеорегистрации (хотя запись с использованием последовательного коммутатора малоэффективна).

- *Пределы регулировки длительности* вывода на экран изображения телекамер.

- *Возможность индивидуального программирования* длительности вывода на экран изображения от каждой камеры.

- *Возможность индивидуального программирования* последовательности вывода на экран изображения от каждой камеры.

- *Наличие тревожных входов.* Тревожные входы позволяют управлять порядком вывода изображений. Например, срабатывание извещателя или видеообнаружителя движения (зарегистрировавших движение) автоматически выводит на экран монитора изображение от соответствующей телекамеры. Как дополнительный параметр, может учитываться способ управления тревожными входами (например, нормально замкнутые или нормально разомкнутые контакты).

- *Возможность вывода на экран титров,* содержащих различную служебную информацию (номер или название телекамеры, событие и др.).

- *Возможность программирования* (обычно посредством экранного меню).

Для управления режимом отображения на передней панели последовательного коммутатора обычно имеются кнопки включения режима последовательного вывода и индивидуальные кнопки вывода изображений от каждой камеры. Конструктивно коммутатор может быть выполнен в виде отдельного блока или быть встроенным в монитор.

ТВСН с квадраторами

Как отмечалось, в рассмотренной выше системе есть существенный недостаток, связанный с использованием последовательного коммутатора. В каждый момент времени на экран монитора выводится видеоизображение только одной зоны объекта. Остальные зоны объекта в этот интервал времени оператором не контролируются. В зависимости от числа каналов последовательного переключателя и продолжительности вывода на экран изображения одной зоны этот интервал времени может быть достаточно большим. Следовательно, возникает риск пропуска события, на которое должна реагировать система ТВ-наблюдения.

Упомянутая проблема решается с использованием устройств мультиэкранного отображения, простейшим из которых является квадратор (рис. 3.8). При этом оператор имеет возможность видеть на экране одного монитора изображение всех четырех зон контролируемого объекта одновременно.

Недостаток такого решения – уменьшение размеров изображения, которое будет занимать четвертую часть экрана и, как следствие, будет иметь более низкое разрешение изображения (рис. 3.9).

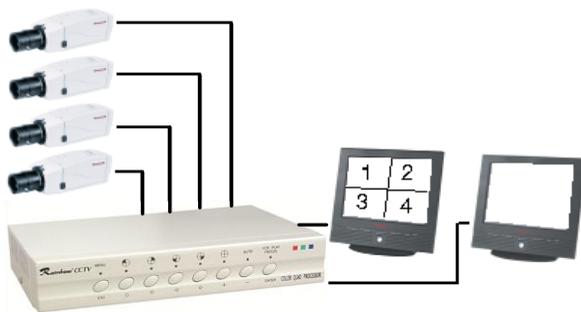


Рис. 3.8. ТВСН с квадратором

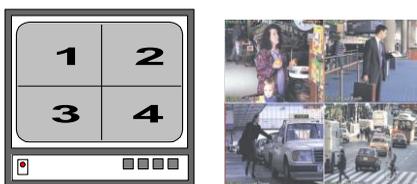
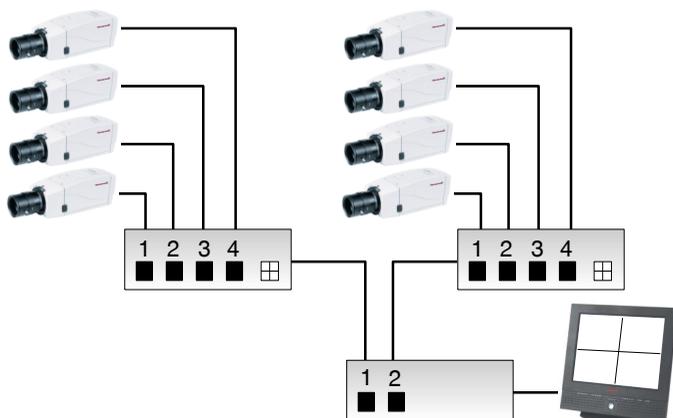


Рис. 3.9. Отображение в режиме квадратора

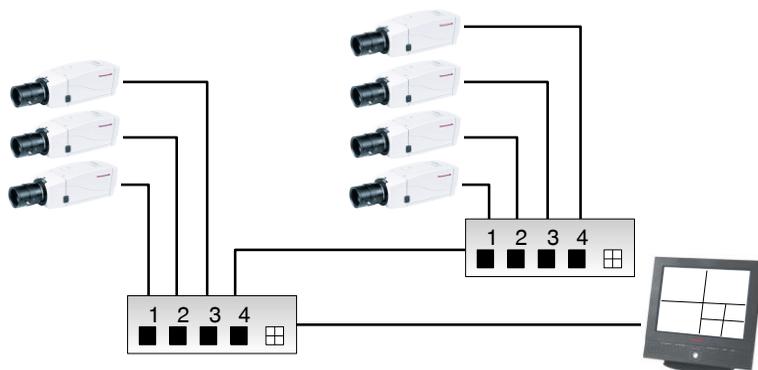
Ясно, что такая структура применима также для небольших систем. Увеличение количества телекамер в подобных системах может быть достигнуто различными способами. Например, совмещением последовательного переключателя на 2 входа и двух и квадраторов (рис. 3.10, а). В этом случае система позволяет коммутировать последовательно во времени изображения группами по четыре. Однако при этом снова возникает такая же проблема, связанная с особенностями использования последовательных коммутаторов.

Подобная структура может оказаться полезной при расширении уже существующей системы, например при добавлении к системе по схеме на рис. 3.8 дополнительных четырех те-

лекамер. Этот вариант, хотя и является простым и дешевым, не слишком эффективен.



a)



б)

Рис. 3.10. Комбинированные структуры с квадраторами и последовательным переключателем

Могут использоваться и другие варианты, к примеру, комбинация квадраторов в системе, изображенной на рис. 3.10, б. В последнем случае важно правильно выбрать приоритеты при подключении телекамер к разным квадраторам, поскольку изображения от телекамер, подключенных ко второму квадра-

тору, будут вдвое меньше по линейным размерам и, следовательно, иметь вчетверо меньшее количество элементов разрешения. Поэтому в схемах с квадраторами желательно использовать монитор с большим разрешением экрана.

Системы с дежурным монитором

Основной недостаток квадратора – уменьшение разрешения наблюдаемого изображения – может быть скомпенсирован подключением второго монитора (при наличии у квадратора дополнительного выхода на монитор), так называемого дежурного или тревожного (рис. 3.11), работающего в режиме полноэкранного отображения какой-либо зоны, выбранной оператором.

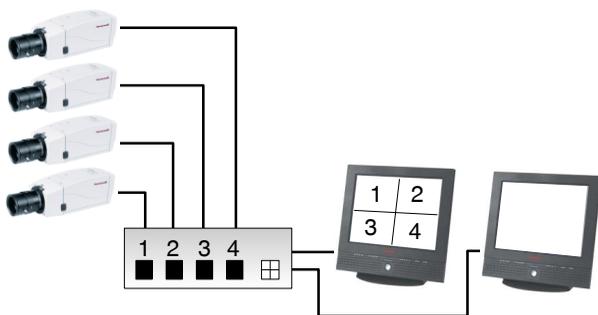


Рис. 3.11. Система с дежурным монитором

На экране этого монитора можно, переключая вручную, просматривать детальнее изображение заинтересовавшей оператора зоны.

Этот процесс можно автоматизировать. Управление автоматическим выводом изображения такой зоны может осуществляться, к примеру, от извещателей систем охранной сигнализации.

Вывод изображения на тревожный монитор может быть активизирован, например, магнитоконтактным датчиком, замыкающимся при открывании двери, или пассивным инфракрасным извещателем, зарегистрировавшим движение в помещении. Для этого квадратор должен иметь тревожные входы (рис. 3.12). При регистрации движения извещателем на экран тревожного монитора автоматически выводится изображение

зоны, в которой было зарегистрировано движение. Таким образом, может решаться задача визуальной проверки тревог системы охранной сигнализации.

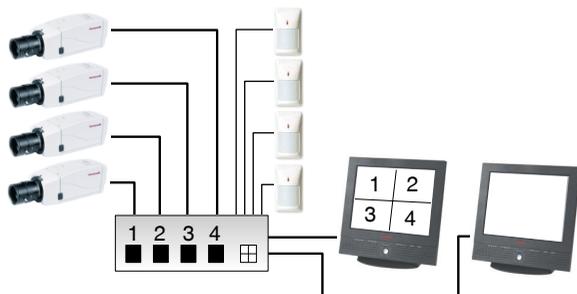


Рис. 3.12. ТВСН с тревожными входами

Аналогичные структуры могут использоваться и с последовательным коммутатором.

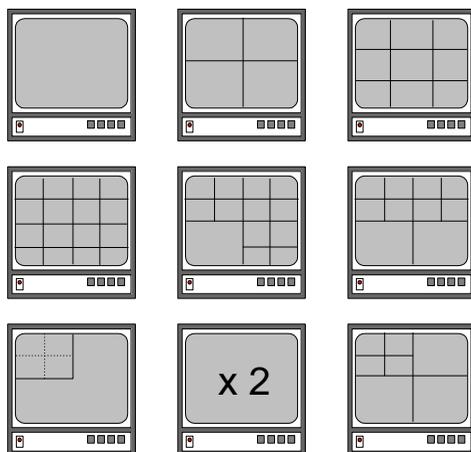
Фактически структура на рис. 3.12 позволяет частично автоматизировать процесс обработки видеoinформации, автоматически предлагая оператору изображения событий, которые могут потребовать его реакции.

ТВСН с мультиэкранным отображением и видеорегистрацией

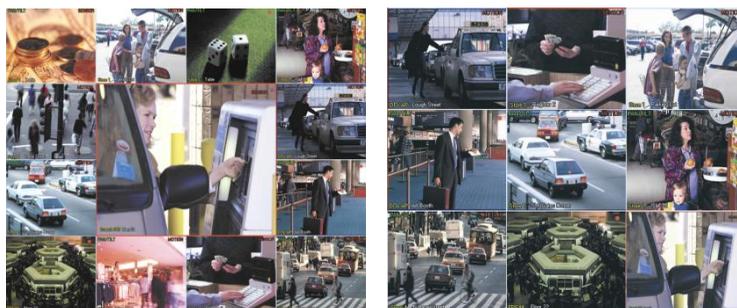
Ещё раз повторим, что рассмотренные выше структуры применимы к сравнительно простым системам с небольшим количеством телекамер.

Более широкие возможности с точки зрения количества отображаемых на одном экране зон и способов этого отображения имеют устройства, позволяющие реализовать более сложные варианты мультиэкранного отображения. Примеры структур такого отображения на экране и реальных изображений приведены на рис. 3.13.

В частности, такими функциями обладают видеорегистраторы и мультиплексоры. Для последних решение задачи мультиэкранного отображения является лишь одной из основных функций.



a)



б)

Рис. 3.13. Варианты мультиэкранного отображения

Система, изображенная на рис. 3.14, позволяет наблюдать на экране одного монитора до 16 изображений контролируемых зон одновременно. Дежурный монитор (при его наличии) дает возможность с большей разрешающей способностью просматривать отдельную зону, выбираемую вручную или автоматически при срабатывании тревожных устройств.



Рис. 3.14. ТВСН с мультиэкранным отображением и одноканальным видеореги­стратором

ТВСН с цифровым многоканальным видеореги­стратором

При необходимости регистрировать видеоизображение различных зон контролируемого объекта системы рассмотренных выше типов могут комплектоваться видеореги­страторами.

На основном мониторе отображаются сигналы от нескольких телекамер (мультиэкранное изображение при использовании дуплексного мультиплексора и последовательное пере­ключение для симплексного мультиплексора). На одноканальном видеореги­страторе (см. рис. 3.14) ведется покадровая запись изображений от нескольких телекамер с временными паузами между кадрами каждой из телекамер. При поступлении сигнала с тревожных входов или при регистрации движения видеообна­ружителем (если таковой встроен в мультиплексор или используется дополнительно в системе) мультиплексор переводит видеореги­стратор в режим ускоренной записи изображения с соответствующей камеры. Это необходимо для того, чтобы обеспечить видеозапись происходящего на объекте в режиме, близком к реальному времени. Такая структура использовалась в системах с аналоговым видеореги­стратором и может приме­няться при замене последнего на цифровой видеореги­стратор.

Но более эффективно эта задача решается с использованием многоканальных цифровых видеорегистраторов. Учитывая возможности современных ЦВР, в частности по мультиэкранному отображению, можно упростить структуру на рис. 3.15. При этом вместо мультиплексора и одноканального видеорегистратора используется один многоканальный ЦВР, имеющий функции мультиэкранного отображения.



Рис. 3.15. ТВСН с цифровым многоканальным видеорегистратором

Схема упрощается, но при этом могут теряться некоторые возможности системы по одновременному наблюдению видеозаписей в реальном времени и просмотру видеозаписей. Например, может оказаться, что оператор не сможет наблюдать за состоянием объекта в то время, когда начальник службы безопасности просматривает видеоархив. Возможность одновременных этих действий будет зависеть от количества выходов ЦВР для мониторов и его функций по отображению видеосигналов, которые могут быть ограничены в сравнительно простых и дешевых модификациях.

Более полно упомянутые функции будут доступны в системе со структурой, приведенной на рис. 3.16. Здесь используются сквозные выходы мультиплексора. Обычно подобные устройства, как и многоканальные видеорегистраторы, имеют пары входов-выходов (рис. 3.17), позволяющих реализовать схему на рис. 3.16.



Рис. 3.16. ТВСН с цифровым многоканальным видеорегистратором и расширенными возможностями



Рис. 3.17. Задняя панель видеорегистратора

Это дает возможность подключать к выходу одной телекамеры последовательно несколько устройств обработки. При такой схеме включения можно практически независимо одновременно работать дежурному оператору системы по текущему контролю ситуации и, к примеру, начальнику службы безопасности по просмотру видеозаписей.

ТВСН с несколькими постами охраны

Системы на рис. 3.1–3.16 позволяют осуществлять контроль за состоянием объекта с одного пункта наблюдения. При

необходимости иметь несколько пунктов наблюдения и в то же время иметь возможность независимо отображать на экраны мониторов разных пунктов сигнал от той или иной телекамеры могут использоваться матричные переключатели (рис. 3.18).

В такой системе несколько пользователей одной телевизионной системы могут независимо один от другого просматривать изображения от отдельных телекамер. То есть каждый пользователь практически в полной мере может использовать возможности либо всей ТВСН, либо ее части в зависимости от уровня его доступа.



Рис. 3.18. ТВСН с несколькими постами охраны

Возможности такой системы могут быть существенно расширены введением в нее видеомультимплексоров и цифровых видеорегистраторов (рис. 3.19). В этом случае основной пункт наблюдения (например, пост охраны) имеет возможность мультискрannного отображения на основном мониторе, просмотра отдельных зон на дежурном мониторе и регистрации изображений контролируемого объекта. С остальных пунктов наблюдения также можно вести просмотр различных зон объекта (это могут

делать, например, начальник службы безопасности, директор и др.).

При наличии управляемых телекамер эта система должна быть дополнена соответствующими устройствами управления и линиями передачи телеметрической информации (команд управления положением телекамер и параметров объективов). Но при этом надо будет установить приоритеты (уровни доступа) различных операторов, чтобы избежать конфликтов при попытке управления одной и той же поворотной телекамерой разными пользователями.



Рис. 3.19. ТВСН с несколькими постами охраны с расширенными возможностями

3.2. КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

Системы с аналоговыми телекамерами и цифровой видеорегистрацией

В отличие от аналоговых устройств цифровые видеореги-страторы позволяют реализовать произвольный режим доступа к записи и воспроизведению видеоинформации. А это существенно повышает скорость выполнения этих операций. И, конеч-

но, цифровая обработка позволяет значительно улучшить качество записи и воспроизведения видеосигналов. Рассмотрим структуры комбинированных систем [31].

Простейшая структура комбинированной системы с цифровым видеорегастратором представлена на рис. 3.20.

Расширенные возможности цифровых видеорегастраторов позволили реализовать в них функции мультиплексов, связанные с мультиэкранным отображением, т. е. во многих случаях исключить последние из состава системы.



Рис. 3.20. Комбинированная система с аналоговым монитором и цифровой записью

Практически аналогична рассмотренной выше комбинированная система с цифровой записью на базе ПК (рис. 3.21). Отметим, что принципиальных различий между этими структурами нет, а есть только конструктивно-технологические.



Рис. 3.21. Комбинированная система с цифровой записью на базе ПК

Сетевые системы с аналоговыми телекамерами и гибридными видеорегистраторами

Развитие функциональных возможностей цифровых видеорегистраторов привело к появлению моделей с аналоговыми входами и интерфейсом для подключения к компьютерной сети. Такие устройства, называемые также гибридными, позволяют вести просмотр изображения как локально (используя монитор, подключенный непосредственно к видеорегистратору), так и дистанционно (рис. 3.22). Для просмотра используются либо специализированное программное обеспечение, устанавливаемое на сетевой рабочей станции оператора, либо стандартная программа просмотра Web (например, Microsoft Internet Explorer). Таких рабочих станций может быть несколько, при этом с любой из них можно получить доступ к изображению от любой телекамеры.



Рис. 3.22. Комбинированная сетевая система
на базе гибридного видеорегистратора

Каналы передачи аналоговых сигналов те же самые (коаксиальный кабель, витая пара и т.п.), а цифровых определяются используемой структурированной кабельной системой, т. е. совокупностью кабельных элементов, представляющих собой среду передачи электрических или оптических сигналов. Соответственно дальность передачи видеосигналов либо ограничивается локальной сетью, либо практически не ограничена.

Системы этого типа являются одними из наиболее распространенных в настоящее время, поскольку позволяют существенно расширить возможности по просмотру видеoinформации

с различных постов наблюдения. Кроме того, они в значительной мере снимают ограничения по созданию территориально распределенных систем телевизионного наблюдения.

Сетевые системы с аналоговыми телекамерами и сетевыми видеосерверами

В системах этого типа (рис. 3.23) сетевой видеосервер (часто называемый видеокодером) выполняет преобразование аналогового видеосигнала от телекамеры в цифровую форму и сжатие видеоизображения для передачи его по компьютерной сети. Видеосервер обычно устанавливается рядом с аналоговой телекамерой. На приемной стороне используется компьютер для просмотра и (или) записи видеоизображения. В системах такого типа происходит разделение функций: аналого-цифровое преобразование и сжатие видеоизображения осуществляется на стороне телекамеры (в видеосервере), а отображение/запись – на приемной стороне (компьютере).



Рис. 3.23. Сетевая комбинированная система с сетевым видеосервером

Системы этого типа могут иметь следующие преимущества по сравнению с предыдущими вариантами:

- использование стандартного аппаратного обеспечения сетевого персонального компьютера для просмотра и записи видеоизображения (вместо специализированного видеорегистратора со входами для аналогового видеосигнала);
- возможность одновременного использования аналоговых и сетевых камер;
- принципиальная возможность размещения устройств формирования и записи видеоизображения практически на лю-

бом расстоянию друг от друга благодаря использованию компьютерной сети в качестве канала связи;

- хорошая масштабируемость системы – нет необходимости ориентироваться на стандартное число видеовходов видеорежистратора (обычно кратное степени два) и можно добавлять камеры по одной.

Системы с сетевыми телекамерами и гибридными видеорежистраторами

Гибридные видеорежистраторы позволяют записывать видеосигналы как от телекамер с аналоговым выходом, так и от сетевых видеосерверов и телекамер. Видеорежистратор этого типа (рис. 3.24) имеет несколько входов для подключения аналоговых источников видеосигнала (обычно с помощью коаксиального кабеля) и сетевой интерфейс для приема и трансляции видеоизображения по сети.



Рис. 3.24. Сетевая система с гибридным видеорежистратором

Такой вариант обеспечивает дополнительную гибкость, поскольку позволяет работать с различными типами камер и видеосерверов. Производители подобных устройств обычно предлагают возможность работы с сетевыми камерами и видеосерверами в качестве отдельной лицензируемой опции.

Очевидно, что могут использоваться и комбинации структур на рис. 3.22, 3.23. Примеры таких систем приведены на рис. 3.25, 3.26.



Рис. 3.25. Сетевая система с гибридным видеорегистратором и сервером

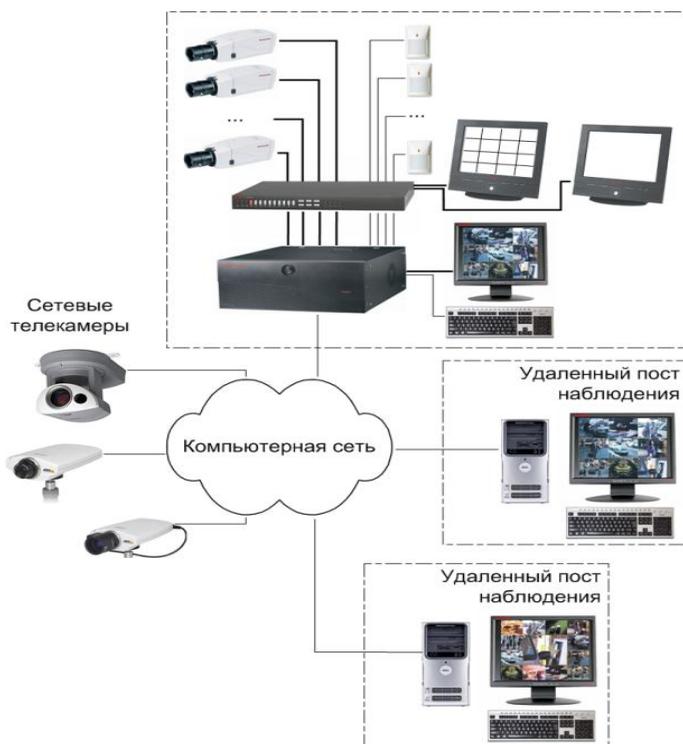


Рис. 3.26. Гибридная ТВСН с сетевыми каналами связи

Такие структуры могут использоваться для построения как наибольших систем (от 8–16 телекамер), так и сложных, территориально распределённых.

3.3. СЕТЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Напомним, что в соответствии распространённой в настоящее время терминологией под сетевыми системами понимаются ТВСН, использующие каналы связи компьютерных сетей, в частности IP-протоколы передачи информации. Такие системы по своей сути являются цифровыми.

Рассмотрим различные варианты подключения телекамер в сетевые системы [31]. Ниже на рисунках для простоты приводится по одной телекамере. Очевидно, что в реальных системах количество устройств будет другим, определяемым задачами системы.

Системы с сетевыми телекамерами и видеорегистрацией

При использовании сетевых телекамер преобразование видеозображения в цифровую форму, его сжатие и преобразование в форму для передачи по сети осуществляются непосредственно в телекамере. На приемной стороне в простейшем случае (рис. 3.27) используется компьютер для просмотра и (или) записи видеозображения.



Рис. 3.27. Простейшая сетевая система

Очевидным преимуществом систем подобного типа является отсутствие дополнительных цифроаналоговых и аналого-цифровых преобразований сигнала, ухудшающих качество изображения. Кроме того, исключаются возможные искажения сиг-

нала при передаче его в аналоговом виде по каналу связи. Компьютерная сеть (например, Интернет) представляет собой относительно дешевый канал связи для передачи видеоизображения, в том числе на большие расстояния. В этом случае появляется возможность передачи не только видеоизображения, но и звука, дополнительных команд, а также питания для телекамеры по одному кабелю.

Помимо этого для передачи видеоизображения от нескольких сетевых камер на один сетевой видеорегистратор требуется всего один физический кабель. Хорошая масштабируемость, присущая компьютерным сетям, позволяет создавать эффективные системы, содержащие сотни и тысячи камер. Сетевая камера может содержать встроенное устройство записи (например, диск или карту памяти) для локального хранения видеоизображений в случае пропадания связи по сети или для балансировки нагрузки на сеть.

Системы с сетевым видеорегистратором

Аналогичная структура может использоваться со специализированным сетевым видеорегистратором (рис. 3.28).

Система на рис. 3.28 позволяет вести трансляцию реального видеосигнала (и, соответственно, его просмотр) со сжатием в потоковом формате, оптимизирующем параметры передачи сигнала, и регистрацию в покадровом, оптимизирующем качество изображения.



Рис. 3.28. Сетевая система с сетевым видеорегистратором

Пункты наблюдения и хранения видеоинформации территориально могут быть совмещены либо разнесены. Передача

(трансляция) видеосигналов для записи и просмотра в реальном времени может осуществляться в разных форматах с потоковым или покадровым сжатием.

Системы с сетевым видеореги­стратором и раздельными каналами трансляции и записи видеосигнала

Современные камеры позволяют передавать два-три потока одновременно. Структура такой системы показана на рис. 3.29.



Рис. 3.29. Система с сетевым видеореги­стратором и раздельными каналами трансляции для просмотра реального видео и для видеозаписи

На этом рисунке условно показана дополнительная линия между телекамерой и видеореги­стратором. Она будет соответствовать реальной линии связи, например витой паре, при наличии соответствующих интерфейсов в камере и ЦВР, либо формально двум разным потокам видеoinформации по сети (т.е. быть виртуальной). Последний случай соответствует схеме на рис. 3.28.

Сетевые многопользовательские системы

Активное развитие средств передачи информации по линиям связи компьютерных сетей привело к вполне логичному использованию возможностей, который они дают, и для телевизионных систем наблюдения. При этом все более широкая доступность таких сетей, их высокие параметры, характеризующие скорость передачи и защищенность информации, существенно

расширили возможности по построению ТВСН. В частности, это относится к созданию сложных многопользовательских систем с несколькими постами наблюдения. На рис. 3.30 показана структурная схема такой системы, позволяющая реализовать несколько постов наблюдения.



Рис. 3.30. Сетевая многопользовательская система

Для организации хранения видеoinформации в систему вводятся сетевые видеорегистраторы (рис. 3.31).

Ясно, что такая сетевая система с организационной точки зрения может, при необходимости, использовать и несколько пунктов хранения видеoinформации, как локальных, с расположенными на них сетевыми видеорегистраторами, так и удаленных, в том числе с хранением видеoinформации в так называемых «облаках» (рис. 3.32).

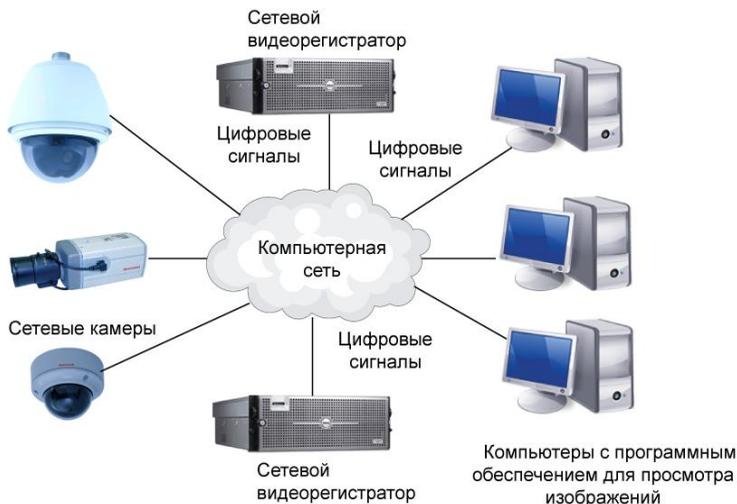


Рис. 3.31. Многопользовательская система с видеорегистрацией



Рис. 3.32. Многопользовательская система с разделением пунктов просмотра и хранения видеоинформации

Очевидно, что рассмотренные структуры ТВСН не являются единственными. В каждом конкретном случае структура системы будет определяться потребностями конкретного пользователя, характеристиками объекта и условиями эксплуатации.

4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ

4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Интеллектуальный автоматизированный анализ видеоизображения является одним из наиболее быстро развивающихся направлений в современных телевизионных системах наблюдения [32-34]. Связано это с трудностями в работе операторов по наблюдению и анализу большого количества видеоинформации в ТВ-системах. Поскольку в таких ситуациях начинают сказываться физиологические ограничения человека по возможности в течение сравнительно длительного промежутка времени, например рабочей смены, контролировать большое количество видеоизображений и адекватно реагировать на изменения. Не говоря уже о пресловутом «человеческом факторе», когда оператор отвлекается от экрана по каким-либо причинам и может пропустить событие, на которое необходимо реагировать. Поэтому естественным стало желание автоматизировать процесс выявления на видеоизображениях ситуаций, на которые требуется та или иная реакция.

В общем случае задачей автоматизированного анализа видеоизображений является выделение полезной, значимой информации из большого потока видеоизображений, поступающего от многочисленных телевизионных камер. Критерии значимости информации могут быть различными в зависимости от решаемых задач, некоторые из них рассматриваются ниже.

С точки зрения обеспечения безопасности основная задача, решаемая системой видеоанализа, состоит, прежде всего, в необходимости выявления действий, которые непосредственно являются угрозой или могут создать угрозу объекту обеспече-

ния безопасности. Хотя в общем случае круг задач не ограничивается только функциями, связанными непосредственно с безопасностью самого объекта или его посетителей. Например, подсчет числа посетителей может использоваться для контроля того, все ли посетители покинули помещение, для планирования времени работы персонала, для оценки эффективности программ по продвижению товара, для оценки того, не слишком ли много посетителей в одном помещении или не возникает ли скопление (очередь) перед кассой и т.д. То есть это вопросы, не связанные непосредственно с безопасностью, а, к примеру, помогающие решать чисто экономические задачи.

В задаче автоматизированного видеоанализа выявление таких действий осуществляется в автоматическом режиме с помощью специальных алгоритмов для анализа и интерпретации полученных видеоданных и выдачи соответствующей информации. Окончательно принимает решения, как правило, оператор. Поэтому с точки зрения такой ТВ-системы правильнее говорить именно об автоматизированном видеоанализе. А собственно сам анализ в ТВ-системе осуществляется автоматически по определенному алгоритму. Будем называть такие системы системами *автоматизированного анализа видеоизображения* (ААВ) или видеоаналитики.

Известно, что во время работы ТВСН оператору придется следить за изображением, как правило, от нескольких телекамер одновременно. Количество этих изображений может составлять многие десятки, например, на 2–4 мониторах с мультискринным изображением от 16 камер на каждом.

При этом достаточно быстро наступает утомляемость и, следовательно, возрастает вероятность пропуска события, на которое оператор должен был отреагировать. В силу естественных физиологических особенностей, усталости или небрежности он может пропустить нештатную ситуацию, требующую принятия решения и соответствующих действий. Система автоматизированного видеоанализа позволяет выявить некоторые нештатные ситуации или состояние, предшествующее им, на ранней стадии, а следовательно, уменьшить время реакции на эту ситуацию. То есть позволяет минимизировать влияние человеческого

фактора как одного из самых слабых звеньев системы безопасности.

Количество функций, реализованных в современных устройствах видеоналитики, постоянно увеличивается, что вызвано рядом причин. Связано это не только с развитием этого направления, с его все большей востребованностью. Но и с быстро растущими технологическими возможностями, позволяющими, во-первых, физически реализовывать все новые функции и повышать их эффективность и, во-вторых, перераспределять функции обработки сигналов между устройствами системы – серверами и видеорегистраторами с одной стороны и устройствами формирования видеосигнала (телекамерами) с другой стороны. То есть распределять «интеллект» системы между ее элементами, что позволяет более эффективно использовать каналы связи с точки зрения их загрузки при передаче потоков видеoinформации. Это может осуществляться за счет приоритетной передачи видеоизображения, представляющего интерес для конкретной решаемой задачи.

Особенно важны рассматриваемые функции в системах, осуществляющих телевизионный контроль зон, во-первых, с большим количеством людей или других перемещающихся объектов наблюдения и, во-вторых, с сосредоточением материальных ресурсов. Если первое относится к аэропортам, вокзалам, местам массовых мероприятий, автодорогам, то второе в первую очередь – к торговым центрам. Там очень часто имеет место сочетание обоих упомянутых факторов. В этих условиях неавтоматизированный телевизионный контроль становится крайне сложным. И, следовательно, необходимость использования автоматического видеонализа существенно возрастает.

Заметим, что в таких условиях применение весьма эффективных и хорошо зарекомендовавших себя видеодетекторов движения как первых алгоритмов видеонализа становится малоэффективным. Вызвано это тем, что существует ряд задач, где видеообнаружитель движения практически не может быть использован. Приведем несколько примеров.

Обнаружение перемещения или удаления предметов с мест их постоянного размещения (например, какого-либо музейного предмета или ценного товара). Во время наблюдения за

объектами возможно их полное или частичное перекрытие (случайное или умышленное) другими объектами (посетителями или персоналом). При этом система должна формировать тревожное сообщение только в случае обнаружений изменений в выбранной области фонового изображения и не реагировать на перемещение людей.

Другая задача заключается в обнаружении людей или автомобилей, которые находятся в контролируемой зоне свыше разрешенного интервала времени. Например, если человек находится в некоторой части изображения более установленного интервала времени, может приниматься решение о потенциально опасных действиях для охраняемого объекта. Хотя в общем случае эти действия могут не являться таковыми, а быть вызванными другими причинами. Но это может быть и осмотр объекта в целях последующего проникновения на территорию. В то же время если человек пройдет через эту область без задержек, это будет считаться обычной ситуацией.

4.2. ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ

Для того чтобы выявить (в автоматическом или «ручном» режиме) действия, которые представляют или могут представлять опасность, обязательно необходимы характерные признаки, некоторые отличия таких действий от обычных. То есть признаки, которые отличают один объект от другого или поведение объекта в одном случае от другого с точки зрения конкретной решаемой задачи. Следовательно, в определенной степени можно говорить о решении задач идентификации и распознавания таких действий. Поэтому ряд принципов, используемых в системах контроля и управления доступом в части решения задач идентификации применимы и к рассматриваемой задаче.

Проанализируем, какие наиболее типичные действия могут быть потенциально опасными. И, соответственно, какие задачи должна решать система автоматизированного видеоанализа.

Обнаружение движения

При решении такой задачи в общем случае система ААВ должна обнаруживать объекты, непосредственно которые или действия которых могут быть некорректными или потенциально опасными. Примерами таких объектов и их действий могут быть следующие.

- Движущиеся в некоторой зоне наблюдения, фактически это задача обнаружения любых движущихся объектов.
- Движущиеся в запрещенной зоне (например, плавсредства в запрещенной зоне акватории порта).
- Двигающиеся в неправильном направлении (например, люди, пытающиеся выйти из магазина через область входа или движущиеся в зоне таможенного или паспортного контроля в обратном направлении).
- Находящиеся в контролируемой зоне свыше установленного интервала времени. Эта функция может быть полезна, скажем, при охране автомобильных парковок. Обычно люди находятся там непродолжительное время, в течение которого они осуществляют посадку и высадку из автомобиля. Если же человек ходит по парковке в течение длительного времени, это может оказаться подозрительным.
- Находящиеся в контролируемых зонах вне разрешенного времени. Это относится, например, к сотрудникам, которые могут проникнуть в торговый зал в нерабочее время для совершения кражи.
- Перемещающиеся через маршруты ограниченного доступа, например через пожарные или служебные выходы.
- Перемещающиеся из зон свободного доступа в запрещенные зоны или через границы таких зон. Как пример можно привести проникновение посторонних лиц в автомобильные или железнодорожные тоннели (очевидно, что при этом система не должна реагировать на движущиеся автомобили и поезда).

Упомянутые выше действия в определенных ситуациях могут либо быть собственно несанкционированными действиями, либо предшествовать им, либо предшествовать опасной ситуации. Например, скопление людей перед выходом со станции

метрополитена может привести к давке на выходе с эскалатора и, следовательно, к тяжелым последствиям.

Оценка параметров движущихся объектов

В таких задачах необходима оценка определенных параметров обнаруженных движущихся объектов. В качестве примеров можно привести следующие задачи.

- Подсчет количества объектов, пересекающих определенную зону. Например, количества людей, входящих в торговый центр (рис. 4.1). Так, чрезмерное количество посетителей в магазине может привести к различным сложностям в плане их обслуживания или обеспечения безопасности товара. Другой пример: оценка количества автомашин, проезжающих по улице или через перекресток в разных направлениях, может использоваться для адаптивной регулировки режима работы светофоров (рис. 4.2).

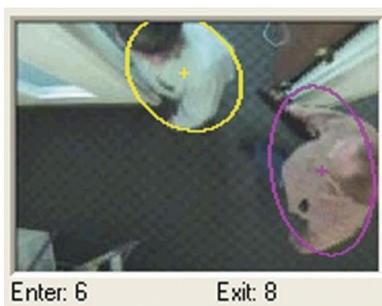


Рис. 4.1. Подсчет входящих и выходящих людей



Рис. 4.2. Подсчет автомашин, движущихся по полосам

- Обнаружение объектов, двигающихся с нестандартной скоростью, например, бегущих людей или автомашин, превышающих скорость. К примеру, бегущий по торговому залу человек, возможно, пытается скрыться от службы охраны.
- Выявление скопления людей в некоторых местах, т. е. чрезмерно большого количества объектов в ограниченной зоне. Например, большие очереди у касс в торговом центре требуют открытия дополнительных касс.

- Оценка направления движения объектов, к примеру, входящих или выходящих из помещения людей.
- Оценка скорости движения. Классическая задача – оценка скорости движения автотранспорта. Другой пример – обнаружение замедления движения потока пассажиров на входе или выходе со станции метро.

Обнаружение перемещения предметов

К таким действиям можно отнести следующие.

- Оставление предметов в контролируемых зонах (рис. 4.3). Это может быть сделано и без умысла, например, сумка может быть забыта покупателем. Но в то же время этот предмет может быть либо украден, либо использован для совершения террористического акта. И в том и в другом случае выявление оставленного предмета может быть весьма полезным для предотвращения преступления.



Рис. 4.3. Обнаружение оставленных предметов

- Неправильная остановка транспорта, к примеру, обнаружение автомобилей, мешающих подъезду к воротам для доставки товара.
- Удаление предметов из зон ограниченного доступа. Например, товаров с полок магазина в нерабочее время или автомашины со стоянки, когда ни один из пользователей не прошел на нее через систему контроля доступа.

- Остановка автотранспорта на шоссе. Так, остановка на обочине может быть вызвана поломкой или плохим самочувствием водителя, и, следовательно, можно говорить о необходимости помощи. А остановка на полосах движения либо свидетельствует о пробке, либо об аварии. И в том и в другом случае имеет смысл предпринять определенные действия по ликвидации нештатной ситуации.
- Неправильная траектория движения автотранспорта (например, поворот или разворот в запрещенном месте).

Обнаружение непосредственных проявлений угроз

Угрозы могут иметь различное проявление в зависимости от особенностей объекта:

- кража (перемещение охраняемого предмета);
- возгорание, которое обычно приводит к появлению пламени и (или) дыма и, следовательно, к определенным изменениям в видеоизображении;
- появление кого-либо (человека) или чего-либо (например, управляемого робота или беспилотного летательного аппарата) в охраняемой зоне;
- пересечение некоторой границы (например, ограждения территории (рис. 4.4), чрезмерное приближение к музейным предметам и т.д.).



Рис. 4.4. Обнаружение попытки проникновения на охраняемую территорию

Распознавание образов и идентификация

Эта группа задач требует для своего решения обычно еще более совершенных алгоритмов, к ним можно отнести следующие примеры:

- считывание номерных знаков автомобилей;
- распознавание лиц с последующей идентификацией;
- обнаружение предметов определенной формы или размеров (например, выезжающей с территории склада автомашины с контейнером (рис. 4.5)) и многие другие.



Рис. 4.5. Обнаружение проезда грузовика с контейнером через железнодорожный переезд

Система ТВ-наблюдений с функциями автоматического видеоанализа может использоваться не только при наблюдении за объектом в реальном масштабе времени, но и для анализа уже сделанной видеозаписи. Например, если требуется найти все видеофрагменты, содержащие определенный вид действий людей в кадре. Очевидно, что ручной поиск событий (каждое из которых может занимать несколько секунд) в многочасовой видеозаписи выполнить крайне сложно, особенно при большом числе телекамер, даже если поиск осуществляется с использованием видеообнаружителя движения.

Поэтому при выборе ТВСН с функциями видеоанализа стоит обратить внимание на возможность использования гото-

вой видеозаписи (в различных форматах) в качестве исходного материала для анализа и поиска искомых фрагментов. Необходимо также, чтобы оператор мог самостоятельно настроить события, по которым осуществляется поиск.

Список перечисленных выше задач, конечно, не является исчерпывающим. Жизнь ставит новые задачи, а развитие техники и технологии дает все новые возможности по их решению. Ведущие производители ТВСН уже предлагают программное обеспечение видеоанализа в качестве отдельного программного компонента либо установку его на видеорегистраторах, а также телекамеры со встроенными функциями автоматического анализа. Поэтому при проектировании ТВСН стоит изначально выбрать видеорегистратор, предусматривающий возможность использования видеоаналитики (по крайней мере, в качестве дополнительной опции с установкой в дальнейшем). Это позволит впоследствии существенно сократить затраты при модернизации системы.

Еще одна из сторон автоматизированного анализа видеоизображений – это защищенность самого видеоизображения от уничтожения или возможных модификаций. Это может решаться путем внедрения в кадры цифровой подписи («водяных знаков») с последующим автоматическим анализом.

Необходимо отметить также, что эффективность решения многих из приведенных выше задач существенно повышается при взаимодействии с другими подсистемами безопасности, такими как контроль доступа, охранной и пожарной сигнализации.

4.3. АЛГОРИТМЫ ВИДЕОАНАЛИЗА

Анализируемые действия

Как уже ранее отмечалось, задачи обеспечения безопасности не являются единственными для систем телевизионного наблюдения в целом и видеоанализа в частности.

С общей точки зрения задача автоматического анализа видеоизображений состоит в обнаружении объектов определенных классов и оценке их параметров, а также определенных действий или поведения этих объектов.

С точки зрения решения задач обеспечения безопасности основная задача, решаемая системой видеоанализа, состоит, прежде всего, в выявлении объектов или действий, которые либо непосредственно являются угрозой, либо могут создать угрозу (являются её источником), либо обусловлены физическим проявлением угрозы.

Упомянутые выше задачи решаются аппаратно-программными средствами систем телевизионного наблюдения в автоматическом режиме с помощью специальных алгоритмов анализа и интерпретации полученных видеоданных и выдачи соответствующей информации. Окончательное принятие решений осуществляет, как правило, оператор.

Исходной информацией, предметом анализа является видеоизображение контролируемой зоны. Хотя реально анализируется видеосигнал, соответствующий этому изображению. Но для понимания и восприятия удобнее оперировать понятием анализа видеоизображения.

Если говорить о действиях объектов, которые могут выявляться в процессе видеоанализа, их можно разделить на следующие основные группы.

Санкционированные действия, которые не противоречат правилам функционирования контролируемого объекта. Обычно они не должны фиксироваться системой ААВ, поскольку в противном случае будут отвлекать оператора и увеличивать степень его утомляемости.

Несанкционированные действия, представляющие непосредственную угрозу. В этом случае система видеоанализа по характеру изменений в видеоизображении однозначно может определить, что эти действия несанкционированные и представляют угрозу. Например, проникновение на охраняемую территорию.

Действия, которые потенциально могут представлять угрозу. То есть такие, по которым нельзя сделать однозначного вывода о конечной цели субъекта, который их совершает. Например, оставление пассажиром сумки в зале ожидания. В этой ситуации однозначного решения принять не удастся, поскольку это может быть связано как с забывчивостью этого пассажира, так и с умышленными действиями преступника. Такие действия

требуют дальнейшего дополнительного анализа оператором и, иногда, принятия дополнительных мер по уточнению ситуации. Например, осмотра оставленного предмета сотрудниками службы безопасности.

Специфические действия для определенных задач, решаемых данной ТВ-системой и не являющихся задачами системы безопасности. Например, упоминавшаяся выше задача сбора статистических данных о количестве посетителей.

Для выявления упомянутых действий необходимо по имеющемуся видеосигналу (соответствующему видеоизображению контролируемой зоны) обнаружить эти характерные действия некоего объекта. Как правило, это связано с движением или определенным характером этого движения (например, направлением, изменением направления, остановкой и т.п.) и его параметрами (скажем, скорости). То есть система должна автоматически обнаружить движущийся объект, оценить его параметры и проанализировать их на соответствие определенным критериям.

Хотя правильнее говорить об обнаружении изменений в видеоизображении строго определенного характера. Например, проявление возгорания будет характеризоваться именно изменениями в определенной части изображения без предварительного движения туда объекта. Но практически в большинстве случаев эти изменения связаны все-таки с движением объектов или субъектов, его характером (направлением, прекращением, изменением направления, скоростью и т. д.). Тем более что изменения можно трактовать как частный случай движения.

Последовательность решения задачи

Учитывая вышесказанное, основными шагами в решении задачи автоматического видеоанализа являются:

- формулировка угроз;
- выявление характерных физических проявлений этих угроз, свойственных, по возможности, только им;
- выделение характеристик и параметров этих проявлений, которые можно оценить, измерить и использовать для обнаружения и анализа.

Приведем примеры. Пусть существующая угроза – кража товаров со склада. Ее непосредственное проявление с точки зрения системы ТВ-наблюдения состоит в том, что некий субъект должен подойти к полке и взять что-либо с нее. Характеристики и параметры, которые должна анализировать система видеонализа, – это перемещение субъекта к полке, т. е. в определенную область контролируемой зоны, удаление предмета с полки (который до этого был неподвижен) и движение этого предмета вместе с субъектом от полки (из определенной области контролируемой зоны).

Таким образом, системе видеонализа необходимо:

- фиксировать движения субъектов в зоне склада;
- обнаруживать их перемещение в определенную область склада;
- обнаруживать начало движения предметов на полке, которые до этого были неподвижными элементами фона;
- фиксировать совместное движение предмета и субъекта из определенной области склада.

Однако такая последовательность действий еще не будет свидетельствовать о краже, поскольку это могут быть и санкционированные действия. То есть необходимы определенные последующие или предшествующие действия для принятия окончательного решения. Например, проверка ответственными лицами правомочности этих действий. Примером предшествующих действий может служить предварительное оформление изъятия товара со склада с вводом разрешения на изъятие соответствующего товара в систему учета; разблокирование системой контроля доступа дверей на склад; фиксация изъятых товаров считывателем штрихового кода с автоматическим вводом в систему учета и подтверждением этой системой правомочности доступа на склад.

Приведенный пример свидетельствует также, что эффективность решения многих задач видеонализа существенно повышается при взаимодействии с другими подсистемами безопасности, в первую очередь такими, как подсистема контроля доступа и охранной и пожарной сигнализации.

Другой пример – обнаружение оставленных предметов. В этом случае угроза – это оставление предмета неким субъектом. Она проявляется в том, что от движущегося объекта отделяется часть и остается неподвижной, а сам субъект продолжает движение. Признаки – разделение движущегося объекта на части, одна из которых продолжает движение, а вторая остается неподвижной.

Таким образом, в задачах видеоанализа очень важно выделить особенности, свойственные только интересующему, возможно, потенциально опасному действию, которые позволят разработать или выбрать алгоритм автоматического видеоанализа.

Отметим еще один важный момент. Для эффективной работы алгоритмов видеоанализа необходимо соблюдать определенные требования к параметрам анализируемого изображения. В частности к размеру анализируемых объектов, обычно выраженному в минимальном значении либо относительно размеров экрана, либо в количестве пикселей. Первый критерий привязан к стандарту, например PAL, или, точнее, к соотношению общего количества элементов изображения (пикселей) и количества пикселей в изображении анализируемого объекта по горизонтали и вертикали. Во втором случае критерий практически инвариантен относительно количества пикселей по горизонтали и вертикали.

Анализируемое видеоизображение условно можно разделить на две основные составляющие:

- *фон, или задний план*, являющийся обычно неподвижным, статическим или квазистатическим;
- *объект, или передний план*, который является изменяющимся, динамическим.

На практике фон неизбежно претерпевает определенные изменения во времени. Особенно это касается наблюдения за объектами вне помещений. Например, вследствие изменения освещенности в течение суток или при различном характере облачности. Но и в помещениях будут иметь место, к примеру, перемещения тени от объекта. Поэтому фон, или задний план, в

общем случае является квазистатическим, мало или медленно меняющимся.

Рассмотрим основные этапы анализа телевизионных изображений (рис. 4.6).



Рис. 4.6. Обобщенный алгоритм анализа видеоизображения

Обнаружение

Первый этап – это обнаружение движущегося объекта, или другое часто используемое название этого этапа, выделение переднего плана. По сути это соответствует обнаружению движущегося объекта на статическом фоне. Для более эффективного решения этой задачи необходимы априорные (предварительные) данные как о самом объекте, так и о фоне. Очевидно, что чем эти данные более полные, тем эффективнее решается задача обнаружения. А от эффективности обнаружения будет зависеть и эффективность решения задачи видеоанализа в целом. Обнаружение движения может выполняться с помощью различных алгоритмов. Некоторые из них будут рассмотрены подробнее ниже.

Таким образом, задачей этого этапа является выделение пикселей изображения, принадлежащих переднему плану, т. е. движущемуся объекту. Входными данными является последовательность кадров телевизионного сигнала, а выходными – набор пикселей с изменяющимися от кадра к кадру параметрами.

Сегментация

На этом этапе происходит группирование участков или фрагментов изображения, принадлежащих одному и тому же объекту, в сегменты. В общем случае эти фрагменты могут быть разрозненными и в то же время принадлежать одному объекту.

При этом для группирования в один сегмент используются различные признаки, такие как принадлежность одной компактной области изображения, движение всех в одном направлении, с одинаковой скоростью и тому подобные признаки. Используемые признаки зависят от вида самих объектов, их параметров и характера движения, которое они могут совершать. В дальнейшем параметры самого сегмента изображения и параметры, характеризующие его движения, используются для анализа. Поэтому этот этап также является достаточно важным.

Итак, задачей сегментации является выделение связанных групп пикселей, принадлежащих одному объекту, и объединение их в сегменты. Как пример, на рис. 4.7 показаны результаты сегментации термограммы человека с выделением областей тела с определенными температурами.

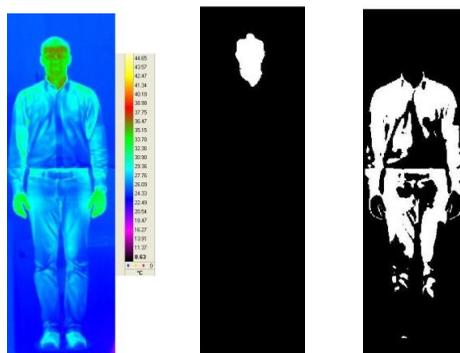


Рис. 4.7. Результат сегментации термограммы

Классификация

Форма и параметры полученного сегмента могут использоваться для решения задачи классификации обнаруженного объекта, т. е. отнесения обнаруженного объекта к тому или иному классу объектов. Или, как упоминалось ранее, групповой идентификации. Например, что за объект обнаружен – человек или автомашина. Так, в простейшем случае выделения в качестве сегмента прямоугольной области, в которой обнаружено движение, соотношение сторон прямоугольника может служить признаком принятия решения о том, человек это или автомаши-

на. Конечно, это должно выполняться с учетом ракурса и расстояния до объекта. Таким образом, на этом этапе каждый сегмент относится к той или иной группе объектов.

Отслеживание

Выделение определенного сегмента и оценка параметров его движения позволяет выполнить отслеживание траектории движения и оценку ее параметров – скорости и направления. Это особенно сложно и важно при наличии нескольких движущихся объектов в поле зрения телекамеры, когда траектории движения различных объектов могут пересекаться, а сами изображения – перекрываться. А также в ситуациях, когда изображение движущегося объекта может перекрываться какими-нибудь статическими элементами фона. То есть на некоторое время изображение объекта пропадает, а затем объект вновь появляется в поле зрения телекамеры. Например, когда человек проходит за стоящими автомашинами, деревьями и т.п. В упомянутых случаях система видеоанализа должна принимать решение, является ли вновь появившийся объект новым или уже отслеживался системой.

Анализ поведения

На основе данных о классификации объекта и оценок параметров его движения, а также относительного положения сегмента на экране (что соответствует в определенной степени положению объекта в контролируемой зоне) можно выполнить анализ «поведения» объекта. Для этого производится сравнение полученных параметров движения и положения объекта с априорной информацией. Например, о разрешенных направлениях движения в определенной части контролируемой зоны или о запрещенных для движения частях этой зоны.

Отметим, что по характеру изменения размеров изображения отслеживаемого объекта система видеоанализа может оценивать направления перемещения. При удалении или приближении объекта размеры сегмента уменьшаются или увеличиваются соответственно. Если размеры не меняются, объект движется на одинаковом расстоянии от телекамеры. Но надо учесть, что размеры могут меняться и за счет изменения ракурса.

Принятие решения

Как результат, на основе анализа поведения принимается решение в пользу того, какое из упоминавшихся выше действий имеет место. В первую очередь, санкционированное или представляющее угрозу. И, соответственно, какие действия по индикации (оповещению персонала) необходимо предпринять для принятия окончательного решения о характере действий и о реагировании на это действие.

Индикация

На основе принятого решения осуществляется индикация на видеоизображении зоны, соответствующей сегменту, необходимая для визуализации обнаруженных действий для привлечения внимания персонала и принятия решений операторами системы ТВ-наблюдения. Визуальная индикация в случае событий может сопровождаться (при необходимости) и звуковой, требующей обязательной реакции оператора.

Выше, на рис. 4.1–4.5, овалами показаны области обнаружения движущихся объектов определенных классов.

Некоторые из рассмотренных этапов видеоанализа могут отсутствовать, например классификация обнаруженных объектов. Это зависит от возможностей используемого алгоритма и требований к системе по выявлению тех или иных действий.

Анализ статических изображений

Частным случаем видеоанализа является задача анализа статических изображений, т. е. задача обнаружения неподвижного объекта на статическом фоне. В этом случае речь идет о таких практических приложениях, как, например, считывание двумерных штриховых кодов или идентификация по радужной оболочке глаза.

При этом формируется видеоизображение, на котором предположительно есть искомый объект (рис. 4.8). В такой задаче обычно достаточно одного кадра видеоизображения. Затем решается задача обнаружения с учетом априорной информации об искомом объекте и его характерных отличиях от фонового изображения и других объектов.

Такой информацией могут служить, к примеру, мишень в двумерном штриховом коде в виде концентрических квадратов или круглый зрачок глаза [27]. Рассматриваемая задача обычно достаточно жестко ограничена поиском изображений только конкретного класса объектов. Обнаружение характерной особенности искомого объекта может свидетельствовать с определенной вероятностью о наличии (т.е. об обнаружении) изображения самого объекта. Поэтому после обнаружения можно переходить к оценке его параметров.



Рис. 4.8. Этапы анализа статического изображения

Для рассматриваемого примера со штриховым кодом – это поиск и оценка положения элементов ориентации с последующим послойным считыванием информации. Для задачи идентификации личности – оценка соответствующих биометрических параметров.

Следующий шаг – классификация объекта, в нашем примере – отнесение товара, которому принадлежит штриховой код, к конкретному классу объектов. Например, к определенной марке мобильных телефонов. Но при этом не идентифицируется конкретный образец.

Вместо классификации может решаться задача идентификации, как во втором примере. В этом случае происходит сравнение полученных параметров изображения глаза с параметрами образцов из базы данных.

На основе данных предыдущего этапа принимается решение. К примеру, сколько стоит этот образец телефона, для указания цены в чеке. Или то, что данный субъект имеет право доступа на объект. И соответственно принятому решению произойдет индикация и реагирование. В частности высвечивается

цена на индикаторе, и кассир должен получить оплату. Либо загорается зеленый светодиод и разблокируется устройство управления доступом.

Особенностью рассматриваемой задачи анализа статических изображений является то, что есть возможность создать условия, максимально удобные для обнаружения искомого изображения с точки зрения его расположения относительно устройства формирования изображения объекта (телекамеры или считывающего устройства) и его освещенности. Следовательно, есть возможность получения достаточно высокого качества видеоизображения и соответствующего ему видеосигнала. Эти условия делают видеосигнал практически детерминированным и с большим количеством априорных данных о нем.

4.4. ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМОВ ВИДЕОАНАЛИЗА

Рассмотрим подробнее особенности реализации некоторых этапов алгоритма видеоанализа. Начнем с задачи обнаружения.

Обнаружение

Для решения задач обнаружения движущихся объектов на фоновом изображении желательна априорная информация. В зависимости от полноты этой информации могут применяться различные алгоритмы и критерии оптимального обнаружения и различения.

Введем необходимые обозначения и сделаем допущения. Будем рассматривать значение сигнала пикселя z , который в общем случае является функцией $z = z(x, y, t)$ координат x и y и времени t .

Этот сигнал для монохромного изображения является скалярной величиной, определяемой значением градации серого. А в случае цветного изображения – векторной, зависящей, например, от значений сигналов цветности RGB. Хотя в некоторых частных случаях обнаружения малоразмерных объектов $z = z(x, y, t)$ может также считаться скалярной величиной с учетом отношения соответствующих полос пропускания.

Поскольку рассматриваемая задача решается средствами вычислительной техники, то независимо от того, является ли телекамера аналоговым или цифровым устройством, можно считать, что мы имеем дело с последовательностью отсчетов t_i , которые берутся в дискретные моменты времени $t_i = i \cdot \Delta t$, где $i = 0, 1, \dots, I$.

Также можно говорить о том, что поскольку мы имеем дело со значениями сигналов от пикселей, то и координаты x_n и y_m являются дискретными. То есть можно говорить об отсчетах сигнала $z_{nm}^i = z(x_n, y_m, t_i)$ в дискретные моменты времени t_i . Индексы n и m определяют положение пикселя в ПЗС- или КМОП-матрице, формирующей видеосигнал, и изменяются в пределах $n = 1, \dots, N$ и $m = 1, \dots, M$, определяемых количеством элементов в матрице, формирующей изображение.

Если говорить об изображении i -го кадра, то он будет представлять из себя двумерную матрицу \mathbf{Z} со скалярными элементами z_{nm}^i для монохромного изображения. Для цветного изображения надо говорить о двумерной матрице \mathbf{Z}^i с векторными элементами \vec{z}_{nm}^i или о многомерной матрице $\vec{\mathbf{Z}}^i$ для каждого момента i -го момента времени.

Во времени это будет соответствовать последовательности изображений, т. е. кадров $\vec{\mathbf{Z}}^0, \vec{\mathbf{Z}}^1, \dots, \vec{\mathbf{Z}}^I$ в дискретные моменты времени на интервале $T = I \cdot \Delta t$ наблюдения.

Проанализируем основные варианты решения задачи.

Вычитание статического фона

Простейшим случаем является задача обнаружения объектов на фоне статического фонового изображения. Например, в помещении без окон с постоянным искусственным освещением. Тогда моделью фона может служить образец этого фона при отсутствии каких-либо субъектов или объектов, которые могут перемещаться или существенно изменяться. Будем считать момент выборки образца z_{nm}^0 фона нулевым моментом времени t_0 .

Тогда $z_{nm}^0 = z(x_n, y_m, t_0)$. В этом случае критерием принятия ре-

шения, что сигнал от nm -го пикселя в i -й момент времени не является фоном, может служить неравенство

$$|z_{nm}^i - z_{nm}^0| \neq 0.$$

В реальных ситуациях, даже в упомянутом примере, будет иметь место изменение фона по крайней мере за счет теней от перемещающегося объекта. Кроме того, может меняться уровень шумов или могут иметь место изменения параметров изображения за счет колебания напряжения питания. Поэтому правильнее говорить о квазистатическом изображении фона. И, следовательно, сравнение должно вестись с некоторым пороговым значением $Z_{\text{пор}}$ (рис. 4.9).

Изменение фонового изображения может иметь место по разнообразным причинам.

Во-первых, по содержанию самого изображения. Изменения фона в этом случае могут быть вызваны изменением положения различных элементов объектов фона под воздействием разнообразных факторов, например, колебаниями ветвей деревьев на ветру, волнением на поверхности воды или открывающейся дверью.

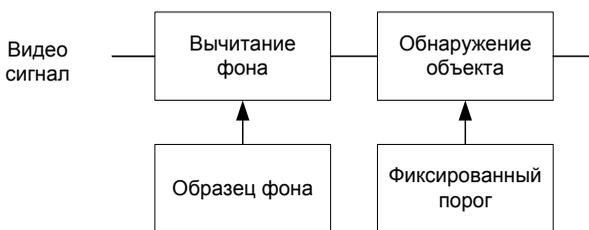


Рис. 4.9. Алгоритм видеоанализа движения на статическом фоне

Во-вторых, по причинам, связанным с изменением параметров изображения фона за счет изменения освещенности. Эти изменения освещенности могут быть различной природы:

- медленные суточные изменения естественной природы;
- сравнительно быстрые изменения естественной природы, например загораживание солнца облаками;

- резкие изменения искусственной освещенности (включение-выключение освещения вечером и утром);
- быстрые изменения искусственной освещенности, к примеру, засветка фарами проезжающей автомашины;
- загораживание источников освещения какими-либо движущимися объектами, т. е. тенью;
- переотражение света от различных предметов, таких как окна, стекла автомашин.

И тому подобными причинами.

Изменение освещенности, непосредственно влияющее на параметры видеоизображения, может приводить также и к изменению других параметров. Например, как вторичный фактор может происходить изменение отношения сигнал/шум или переход от цветного изображения к черно-белому в телевизионных камерах типа «день-ночь».

Ясно, что влияние этих факторов на характер фонового изображения будет различным для видеоизображений, полученных в помещениях или на открытых пространствах. В первом случае влияние изменений естественной освещенности может быть незначительным. И наоборот, совсем другая картина будет иметь место при работе телекамеры на улице. Вне помещений перепады освещенности будут весьма существенными.

В-третьих, параметры фона могут меняться по причинам, обусловленным изменением прозрачности среды наблюдения, – это изменения погодных условий, в первую очередь атмосферные осадки, такие как снег, дождь, туман; наличие в воздухе различных микрочастиц, например дыма, пыли.

И, наконец, это влияние шумов различной природы, таких как собственные шумы элементов системы ТВ-наблюдения и помехи различной природы.

Адаптивная модель фона

Возможность различных изменений параметров фона приводит к необходимости подстройки параметров модели фона. Поэтому модель фона должна быть адаптивной, подстраиваемой в соответствии с возможными изменениями. Особенно это касается анализа видеоизображений, полученных вне помещений. Скорость и характер возможных изменений фона опре-

деляет требуемую скорость подстройки модели фона и ее параметров.

Поэтому в предыдущем неравенстве сравнение в общем случае надо вести с некоторым порогом

$$|z_{nm}^i - z_{nm}^0| \geq Z_{\text{пор}},$$

чтобы случайные колебания фонового изображения не приводили к ложным решениям о наличии движущегося объекта.

Кроме того, в общем случае не только модель фона, но и порог должны быть адаптивными (рис. 4.10). То есть должна осуществляться подстройка параметров модели фона и самого порога во времени с учетом различных по характеру изменений фона.

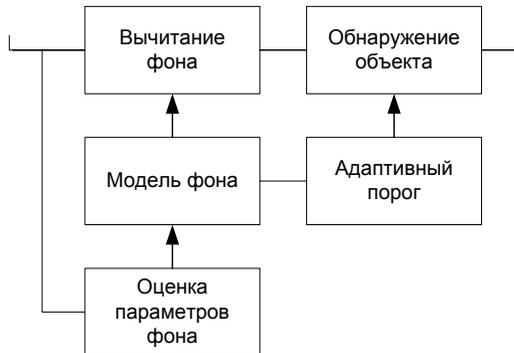


Рис. 4.10. Видеоанализ с адаптивной моделью фона

Очевидно, что увеличение значения порога будет приводить, с одной стороны, к большей помехоустойчивости (к меньшему влиянию шумов и изменений фона), но, с другой стороны, к уменьшению вероятности обнаружения движущегося объекта.

Изображение на рис. 4.11 иллюстрирует влияние порога на результат вычитания фона [35].

При слишком высоком значении порога (рис. 4.11, а) изображения движущихся объектов получают сильно фрагментированными. Так, изображение левого объекта состоит из нескольких отдельных разрозненных фрагментов.

При низком значении порога (рис. 4.11, б) появляется многочисленные фрагменты, обусловленные шумами и слабыми изменениями фона. Кроме того, хорошо видно, что так же, как часть движущегося объекта, выделяется и его тень.

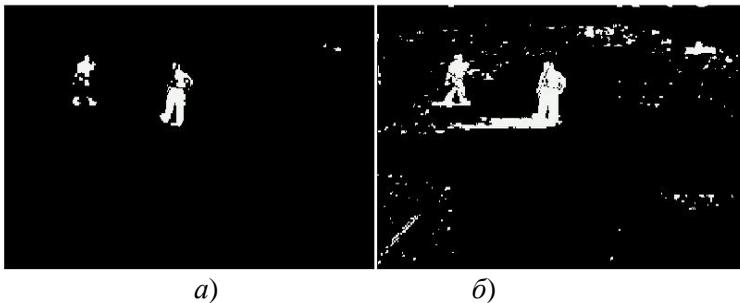


Рис. 4.11. Результаты вычитания фона

Вычитание предшествующего изображения

Другой вариант алгоритма обнаружения движения, по сути аналогичный предыдущему, состоит в использовании в качестве образца фона предыдущих кадров изображения (рис. 4.12).

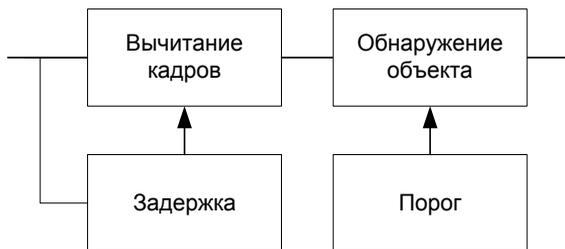


Рис. 4.12. Обнаружение изменений в изображении соседних кадров

В этом случае из текущего изображения вычитается изображение предыдущего кадра. Одинаковые элементы кадров соответствуют фону и при вычитании дают нулевую разность. Точнее, близкую к нулю или меньшую определенного порогового значения.

Отличия в изображении, вызванные движением, приведут к появлению ненулевых разностей (точнее, больших, чем упомянутое выше пороговое значение). Величина задержки в общем случае может быть различной и соответствовать продолжительности нескольких кадров.

В простейшем случае выявляются отличия непосредственно в соседних кадрах видеоизображения.

Недостатки такого способа заключаются в том, что выделенный объект будет «размытым», поскольку к изменениям будут относиться все отличия между сравниваемыми изображениями на протяжении временной разницы между сравниваемыми кадрами. То есть будет выделен сегмент, соответствующий общей области положения объекта и в текущем, и в предыдущем кадре.

Статистическая модель

Поскольку упомянутые изменения фона носят в основном случайный характер, то модель фона должна быть в общем случае статистической. То есть в данной задаче применимы методы статистической радиотехники и теории обнаружения.

Критерии оптимальности при принятии решений могут быть различными в зависимости от конкретной задачи и зависят от полноты априорных данных. В этом случае могут использоваться байесовские критерии. Поскольку в нашем случае неизвестен ряд параметров, таких как априорные вероятности, матрица потерь и др., то применим критерий максимального правдоподобия.

Последовательности изображений, т. е. кадров $\vec{Z}^0, \vec{Z}^1, \dots, \vec{Z}^l$ в дискретные моменты времени t_i на интервале наблюдения, в общем случае представляет собой последовательность случайных векторных величин \vec{z}_{nm}^i . Следовательно, их надо определять соответствующими статистическими характеристиками. Для этого могут использоваться различные модели, в частности с гауссовым распределением. Поскольку значение яркости каждого пикселя в кадре является случайной величиной, подверженной влиянию большого числа случайных факторов и помех.

Однако одномерное гауссово распределение применимо далеко не всегда, особенно для цветного изображения. Поэтому достаточно распространенной является модель, использующая аппроксимацию плотности распределения вероятности суммой гауссовых плотностей распределения вероятности [38, 39]. Тогда для текущего значения пикселя можно записать выражение

$$p(z_i) = \sum_{j=1}^J w_{j,i} \cdot G(z, \mu_j^i, \sigma_j^i),$$

где $G(z, \mu_j^i, \sigma_j^i)$ – гауссова плотность распределения вероятности, $G(z, \mu, \sigma) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} \sigma^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2}(z^i - \mu^i)^T \sigma^{-1} (z^i - \mu^i)}$; J – количество составляющих; $w_{j,i}$ – весовая функция j -й составляющей; μ^i – среднее значение j -й составляющей; σ_j^i – ковариационная матрица j -й составляющей для i -го момента времени.

Весовая функция $w_{j,i}$ j -й составляющей определяет вклад этой составляющей в результирующее распределение. Количество составляющих J обычно в пределах 3–5. А ковариационная матрица для рассматриваемых задач может быть представлена в виде $\sigma_j^i = \sigma_j^2 \cdot 1$. Это справедливо с учетом предположения, что цветовые составляющие независимы.

Структурная схема для этого случая приведена на рис. 4.13. Параметры статистической модели фона подстраиваются в соответствии с медленными изменениями фона. В зависимости от выбранного критерия оптимальности вычисляется значение порога, с которым сравнивается видеосигнал. И принимается решение, является сигнал данного пикселя элементом фона или объекта.

Преимуществом такого алгоритма является то, что он позволяет на основе теории обнаружения с учетом априорной неопределенности и информации о фоне и объекте реализовать оптимальные (в соответствии с тем или иным критерием оптимальности) алгоритмы обнаружения.

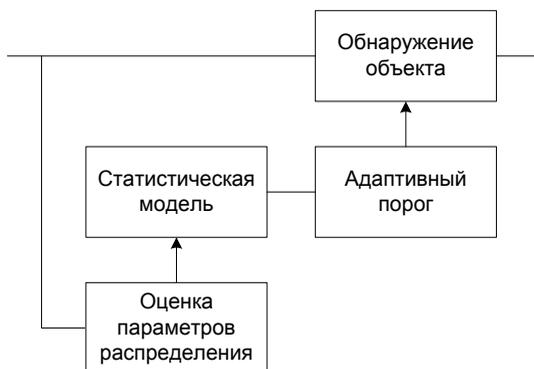


Рис. 4.13. Оптимальное обнаружение движения

Сегментация

Обнаружение движущегося объекта или соответствующей изменяющейся части изображения позволяет выполнить следующий этап видеоанализа – сегментацию (рис. 4.14).

Исходными данными в общем случае является набор фрагментированных пикселей, которые могут как соответствовать изображению самостоятельного целого объекта, так и являться отдельными разрозненными фрагментами одного и того же изображения. Кроме того, часть полученных фрагментов может быть обусловлена шумами и низким значением порога обнаружения (см. рис. 4.11, б).

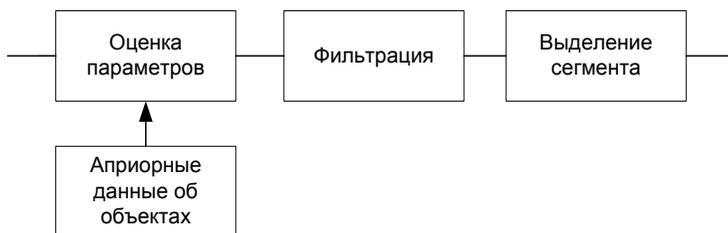


Рис. 4.14. Сегментация видеоизображения

Из полученного изображения удаляются элементы, обусловленные шумами, и осуществляется сглаживание получен-

ных фрагментов с помощью различных фильтров. Шумы могут быть вызваны как внутренними факторами (например, шум матрицы телекамеры), так и внешними – движением листьев деревьев, дождем, снегом, бликами света и т.п. Для сглаживания применяются специальные фильтры, которые позволяют устранить пробелы в изображениях полученных образов и удалить мелкие фрагменты, не представляющие интереса.

Оценка параметров отдельных фрагментов изображения (например, скорости и направления их движения) позволяет объединить их в сегменты, принадлежащие изображению определенных объектов. Выделение сегмента наиболее просто может осуществляться как визуально, отображением формы сегмента, так и программно в виде прямоугольной области. Наиболее удаленные точки объекта по горизонтали и вертикали определяют границы сегмента. В более совершенных алгоритмах, решающих задачи распознавания образов, формируется контур движущегося сегмента.

Классификация

На следующем этапе осуществляется классификация сегмента, т. е. отнесение каждого из них к какому-либо определенному классу, т. е. к группе. Например, выделенный сегмент может принадлежать классам изображений людей, автомашин, животных и т.п. Классификация может осуществляться с использованием одного или нескольких последовательных кадров видеоизображения.

Очевидно, что для успешной классификации необходимо, чтобы возможный разброс параметров, признаков, определяющих принадлежность к одному классу образов, был значительно меньше, чем между признаками, принадлежащими разным классам. При этом может использоваться либо бинарная (двухальтернативная) классификация, когда необходимо принять решение о принадлежности объекта к одному из двух классов (образ может принадлежать человеку либо транспортному средству – рис. 4.15), либо многоальтернативная классификация с несколькими классами (человек, автомобиль, велосипедист, животное и т.п.).



Рис. 4.15. Классификация по форме сегмента

Для ряда задач может быть недостаточно только отнести объект к определенному классу. Например, может потребоваться идентификация. То есть необходимо идентифицировать каждый конкретный объект, принадлежащий определенному классу. А для этого, как в приведенном примере, необходимо осуществить распознавание лиц или автомобильных номеров.

Распознавание требует более глубокого анализа изображения и знания детальных характеристик всех конкретных объектов, которые участвуют в процессе идентификации.

Рассматриваемая задача – не простая, даже если объекты не перекрываются. В противном случае она существенно усложняется. И тогда должна решаться задача разрешения сигналов. Кроме того, могут иметь место и задачи обнаружения неподвижных (статических) объектов, например автотранспорта на стоянке.

При классификации должно учитываться положение камеры в пространстве относительно наблюдаемых объектов. Очевидно, что небольшой объект, расположенный рядом с камерой, может занимать в кадре такую же площадь, что и крупный объект, находящийся на значительном расстоянии. Поэтому нужно иметь в виду, что от относительного положения телекамеры и объекта зависит видимый относительный размер объекта, а именно:

- объекты разного размера на разной дальности могут иметь одинаковый относительный видимый размер;

- объекты одного размера на разной дальности будут иметь разный относительный видимый размер;
- один и тот же объект, имеющий разное угловое положение, будет иметь различный относительный размер;
- относительный размер одного и того же субъекта может существенно меняться в зависимости от его положения и ориентации.

С оценкой реального размера объекта связано и то, что получаемое от телекамеры изображение является плоским, и для учета этого в системе важно оценить наличие перспективы в кадре. Это может сравнительно легко решаться в случае с телекамерой, установленной высоко над поверхностью. Например при наблюдении за движением на перекрестке. Тогда расстояние до объекта может быть оценено по его угловому положению. В этом случае относительный размер объекта, т. е. размер объекта на экране, нормированный к размеру экрана, может корректироваться для использования при классификации.

Кроме того, система видеонализа может быть обучаемой, для этого при настройке системы задаются несколько образцов объектов, которые необходимо классифицировать, находящихся на различном расстоянии от камеры и в различных частях кадра.

Отслеживание перемещения объектов

Поскольку объекты перемещаются в пределах поля зрения телевизионной камеры, необходимо отслеживать движение образов. Задача слежения сводится к связыванию положения объекта в начальном кадре в момент его обнаружения с его положением в последующих кадрах. На основании этой информации формируется траектория движения объекта. Современные системы видеонализа позволяют одновременно отслеживать в кадре десятки движущихся объектов.

При отслеживании возникает проблема, связанная с изменением видимого размера объекта при движении. Это приводит к тому, что один и тот же объект может выглядеть по-разному в зависимости от его расположения в различных частях области обзора телекамеры.

Другая, столь же важная проблема состоит в том, что одни объекты в кадре могут перекрывать собой другие. Существуют следующие ситуации, связанные с перекрыванием.

- Объекты фона закрывают объекты переднего плана. Примером такого события является движение автомобиля за кроной большого дерева. Поэтому необходимо не только отслеживать перемещение автомобиля до попадания его в непросматриваемую зону, но и идентифицировать выезжающий из-за дерева объект как тот же самый автомобиль, а не новый объект.
- Объекты переднего плана закрывают друг друга. Примером данной ситуации является движение двух пешеходов навстречу друг другу при наблюдении сбоку. В какой-то момент времени их образы объединятся в один.

Важной задачей при отслеживании движения является определение индивидуальных, мало меняющихся во времени характеристик и параметров, присущих конкретно каждому из контролируемых объектов. Поскольку из-за перекрывания объектов слежение за ними может прерываться на некоторое время, то необходимо возобновлять слежение вновь после появления объекта. Также следует учитывать возможные ограничения на изменения анализируемых параметров. Одними из наиболее простых примеров таких характеристик и параметров могут служить скорость и направление движения автомашин с учетом ограничения возможной скорости их изменения.

Сложность возникает при остановках объекта. В таких случаях необходимо запоминание соответствующего сегмента, чтобы при восстановлении движения соотнести его с тем же самым объектом, а не фиксировать его как новый.

Анализ поведения

Возможности системы по реализации автоматического анализа поведения объекта в значительной мере зависят от четкой постановки задачи. То есть от формулировки характерных особенностей, отличий тех или иных действий в поведении объекта, представляющих собой непосредственную опасность или потенциальную угрозу и позволяющих выявить, выделить его среди других, не представляющих интереса или не создающих

угрозу. Можно будет говорить об автоматическом принятии решения, только если эти особенности:

- уникальные, не повторяющиеся в других ситуациях, не требующих выявления;
- однозначные, т. е. полностью определяют действия, которые надо выявить;
- свойственные всем объектам наблюдения, выполняющим именно такие действия;
- могут быть формализованы для алгоритмической реализации видеоанализа;
- доступные для обнаружения и считывания (оценки) средствами анализа видеоизображений.

Если хотя бы часть из этих требований не выполняется, видеоанализ возможен только автоматизированный. Например, проникновение на охраняемую территорию удовлетворяет всем вышеперечисленным требованиям. Следовательно, позволяет принять однозначное решение на основании результатов анализа.

Но обнаружение сумки, в которой, возможно, оставлено взрывное устройство, не удовлетворяет первому требованию, поскольку сумку с безобидным содержимым может кто-нибудь просто забыть. Поэтому в таком случае необходимы дополнительные действия по проверке такой ситуации.

Это еще раз подчеркивает необходимость четкой формулировки характерных особенностей проявления угроз или соответствующих действий. И эти особенности должны по возможности в максимальной степени удовлетворять перечисленным выше требованиям.

Принятие решения

Принятие решения о характере поведения объекта основывается на результатах анализа видеоизображения, в частности на выявлении характерных особенностей поведения, удовлетворяющих требованиям, упомянутым выше. Однако обнаружение этих особенностей поведения не всегда достаточно для принятия решения. Рассмотрим в общем виде алгоритм принятия решения. Как исходные данные должны быть сформулированы:

- собственно действия, которые представляют или могут представлять угрозу;
- характерные особенности, свойственные этим выявляемым действиям;
- возможные места выполнения этих действий, т. е. соответствующие контролируемые зоны;
- временные и календарные интервалы, в течение которых действия могут выполняться;
- правила функционирования, т. е. различные требования и ограничения на выполнение действий в контролируемых зонах.

Например, продавец взял товар со склада. Такое действие может быть как кражей, так и не быть таковой. Первый и второй из перечисленных выше пунктов могут как свидетельствовать о краже, так и не свидетельствовать. Если это произошло в нерабочее время или в нерабочий день (пункт 3), то это с высокой степенью вероятности говорит о краже. Для того чтобы получить полную информацию для окончательного принятия решения, надо проанализировать служебные требования и ограничения на выполнение таких действий.

Таким образом, алгоритм принятия решения будет выглядеть следующим образом (рис. 4.16).

В соответствии с этим алгоритмом, по выявленным в результате анализа характерным особенностям система ААВ проверяет:

- 1) соответствуют ли эти особенности искомому характеру поведения;
- 2) если да, то совпадает ли место выполнения этих действий с контролируемыми зонами;
- 3) если да, то являются ли временные и календарные рамки недопустимыми для такого действия;
- 4) если да, то соответствуют ли правила функционирования выполнению этих действий в этой зоне и в это время.

В этом случае принимается решение о том, что действия объекта являются угрозой или могут создать угрозу. Если хотя бы один из этапов не выполняется, то анализ продолжается в ав-

томатическом режиме либо запрашивается необходимость участия оператора.

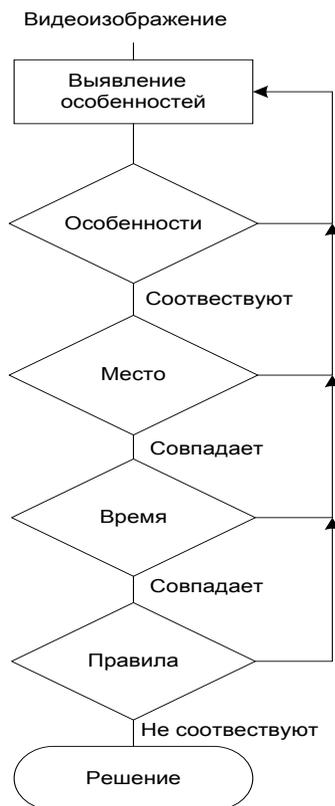


Рис. 4.16. Алгоритм принятия решения

Алгоритм принятия решения по результатам анализа видеоизображения существенно зависит от конкретной реализации системы ТВ-наблюдения. Поскольку в разных по решаемым задачам системах одни и те же действия объекта наблюдения могут квалифицироваться по-разному.

Индикация

Индикация обнаруженных и отслеживаемых объектов может осуществляться различными способами. Можно говорить

о трех основных видах индикации в системах автоматизированного видеоанализа:

- 1) предупреждающей о возможных несанкционированных действиях, привлекающей внимание оператора к потенциально опасному поведению объекта наблюдения;
- 2) требующей обязательной реакции оператора для дополнительного анализа им для окончательной оценки характера действий;
- 3) требующей обязательной реакции оператора и системы в целом на несанкционированные действия, создающие угрозу.

В первых двух случаях система ААВ не может принять окончательного решения о характере действий и требует вмешательства оператора. То есть это автоматизированный режим функционирования системы. В последнем решение принимается системой, и от оператора требуется лишь выполнить действия по пресечению угрозы.

Наиболее простой и эффективный способ индикации заключается в визуализации. Визуализация может осуществляться различными способами, зависящими от решаемой задачи. Например, выделением контура движущегося сегмента изображения или области изображения, в которой он находится, в том числе и с цветовыми различиями для разных сегментов (см. рис. 4.1–4.5). Как дополнительное средство привлечения внимания может применяться мигающая индикация. Также может использоваться визуализация траектории движения объекта (рис. 4.17). Хотя такая индикация будет эффективна только в областях изображения с низкой интенсивностью движения.

При необходимости обязательного принятия решения оператором визуальная индикация должна сопровождаться и акустической. В том числе продолжающейся до ее сброса оператором. Акустическая и визуальная индикация может сопровождаться и автоматическими действиями системы по активизации каких-либо средств противодействия (например, оповещения о пожаре) и передаче информации другим службам. Передаваться могут как сообщения о событии, так и непосредственно видеоизображения происходящего по различным каналам связи, к примеру, беспроводным телефонным. А учитывая бы-

строе развитие сетевых технологий, возможности передачи видеоизображения существенно возросли.

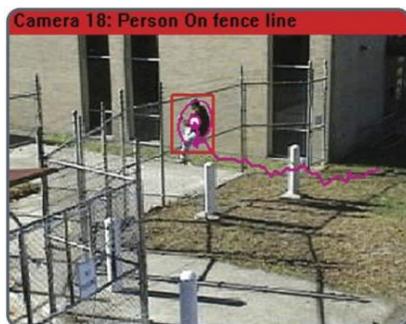


Рис. 4.17. Обнаружение проникновения через забор с отслеживанием траектории движения

В заключение отметим также, что использование телевизионных систем наблюдения с функциями автоматического видеоанализа позволяет решать часть задач систем охранной и пожарной сигнализации и контроля доступа. Не говоря уже о простой проверке правильности срабатывания систем охранно-пожарной сигнализации. Например, контроль доступа на объект может осуществляться с помощью ТВСН, считывающей и распознающей лица людей или номерные знаки автомобилей. Аналогично в ряде случаев возможно использование ТВСН с функциями видеоанализа для контроля периметра объекта. Очевидно, что возможность использования телевизионных систем для решения сразу нескольких задач является очень привлекательной. Особенно с учетом экономических ограничений, которые в той или иной мере присутствуют всегда.

Кроме того, в совокупности с другими подсистемами (ОПС, СКУД) это позволяет существенно повысить вероятность обнаружения угроз.

Литература

1. Домьяновски В. Библия видеонаблюдения. Цифровые и сетевые технологии. – 2-е изд. М.: Ай-Эс-Эс-Пресс, 2006. – 480 с.
2. Домьяновски В. Библия охранного телевидения. – М.: Ай-Эс-Эс-Пресс, 2003. – 336 с.
3. Кругль Г. Профессиональное видеонаблюдение. – М.: Секьюрити фокус, 2010. – 640 с.
4. Нилсон С. Энциклопедия сетевого видеонаблюдения. – М.: Ай-Эс-Эс-Пресс, 2011. – 404 с.
5. Гедсберг Ю. М. Охранное телевидение. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 312 с.
6. Волхонский В. В. Телевизионные системы наблюдения. – 2-е изд., доп. и перераб. – СПб.: Экополис и культура, 2005. – 168 с.
7. Попов А. Моя азбука видеонаблюдения. – СПб.: Алгоритм безопасности, 2013. – 238 с.
8. Волхонский В. В., Малышкин С. Л. Проблемы терминологии в области методов и средств обеспечения безопасности // Алгоритм безопасности. – 2013. – № 3. – С. 18–21.
9. ГОСТ Р 51558-2008. Средства и системы охранные телевизионные. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2008-12-17. – М.: Стандартинформ, 2009. – 34 с.
10. Системы охраны и безопасности объектов. Термины и определения: РД 25.03.001-2002. – М.: Стандартинформ, 2002. – 131 с.
11. ГОСТ 21879-88. Телевидение вещательное. Термины и определения. – Введ. 1990-01-01. – М.: Стандартинформ, 1990 – 23 с.
12. Волхонский В. В., Волковицкий В. Д. Цифровые видеорегистраторы. Термины, определения, классификация // Безопасность, достоверность, информация. – 2008. – № 1. – С. 64–66.
13. Руководство по созданию комплексной унифицированной системы обеспечения безопасности музейных учреждений, защиты и сохранности музейных предметов/ А. В. Богданов,

- В. В. Волхонский, И. Г. Кузнецова и др. Ч. II. – СПб.: Инфо-да, 2014. – 264 с.
14. ГОСТ Р 53533-2009. Цифровое телевидение высокой четкости. Основные параметры цифровых систем телевидения высокой четкости. Общие требования. – Введ. 2010-12-01. – 15 с.
 15. 960H Technology – the New Analog. Security Today. March 20, 2013. Retrieved 10 September 2013.
http://videodom.su/pages/effio-global_standard_960h_700tvl.
(дата обращения: 31.10.2014).
 16. Михайлов А. Аналоговое видеонаблюдение: стандарт HDCVI // Информохрана. – 2014. – № 6. – С. 39–41.
 17. Чура Н. HD-SDI/CVI/TVI/AHD: некоторые особенности новых форматов // Системы безопасности. – 2014. – № 4. – С. 84–86.
 18. AHD (Analog High Definition)
http://sec.ru/words/rubrikatsiya/sistemy-videonablyudeniya/ahd_analog_high_definition.html. (дата обращения: 31.10.2014).
 19. Плотников М. Стандарт HD-TVI: новое слово в аналоговом видеонаблюдении.
<http://www.secuteck.ru/articles2/videonabl/standart-hd-tvi-novoe-slovo-v-analogovom-videonablyudeni>. (дата обращения: 11.12.2014).
 20. Чура Н. И. Ещё один формат HD видеонаблюдения.
<http://daily.sec.ru/2015/02/02/Eshe-odin-format-HD-nabludeniya.html> (дата обращения: 03.02.2015).
 21. Волхонский В. В., Малышкин С. Л. К вопросу единства терминологии в задачах физической защиты объектов // Информационно-управляющие системы. – 2013. – № 5. – С. 61–68.
 22. Волхонский В. В. Системы охранной сигнализации. Изд. 2-е, доп. и перераб. – СПб.: Экополис и культура, 2005. – 208 с.
 23. Омелянчук А. М. Как задать количественные требования к СОТ объекта. Критерии эффективности систем охранного телевидения (СОТ) в составе комплексных систем безопасности // Системы безопасности. – 2007. – № 4. – С. 42–46.

24. Омелянчук А. М. Критерии эффективности систем охранного телевидения. Ч. 2: Опыт полиции Великобритании // Системы безопасности. – № 5. – 2007. – С. 104–108.
25. Cohen N., Gattuso J., MacLennan-Brown K. CCTV Operational Requirements Manual. CROWN Sandridge St Albans AL4 9HQ United Kingdom. – 2009. – 55 p.
26. Волхонский В. В. Некоторые особенности выбора положения и ориентации телевизионных камер // Алгоритм безопасности. – 2011. – № 2. – С. 20–26.
27. Волковицкий В. Д., Волхонский В. В. Системы контроля и управления доступом. – СПб.: Экополис и культура, 2003. – 165 с.
28. ГОСТ Р 51241-2008. Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2008-12-17. – М.: Стандартиформ. – 34 с.
29. Thermal imaging: how far can you see with it? technical note. http://www.flir.com/uploadedfiles/eng_01_howfar.pdf (дата обращения: 01.12.2014).
30. Волхонский В. В. Критерии выбора разрешающей способности в системах теленаблюдения // PROSystem CCTV. – 2009. – № 2(38). – С. 60–64.
31. Волхонский В. В., Волковицкий В. Д. Цифровые системы ТВ-наблюдения // Безопасность, достоверность, информация. – 2009. – № 5. – С. 26–34.
32. Волхонский В. В., Волковицкий В. Д. Возможности автоматизированного анализа видеоизображений // Безопасность, достоверность, информация. – 2008. – № 5. – С. 48–50.
33. Лукьяница А. А., Шишкин А. Г. Цифровая обработка видеоизображений. – М.: Ай-Эс-Эс-Пресс, 2009. – 518 с.
34. Nik Gagvani. Introduction to video analytics. Cernium Corporation. <http://www.videsignline.com/howto/210200138;jsessionid=HQUAHLJTG5JLYQSNDLRSKH0CJUNN2JVN> (дата обращения: 23.11.2008).

35. Волхонский В. В., Волковицкий В. Д. Особенности алгоритмов анализа телевизионных изображений//Безопасность, достоверность, информация. – 2009. – № 2. – С. 18–26.
36. Zivkovich Zoran. Improved Adaptive Gaussian Mixture Model for Background Substraction//ICPR Proc. – 2004. – P. 28–31.
37. Stauffer Cris, Grimson W. E. L. Adaptive background mixture models for real time tracking. – IEEE CVPR, 1999.
38. Zivkovich Z. Improved Adaptive Gaussian Mixture Model for Background Substraction // ICPR Proc. – 2004. – P. 28–31.
39. Stauffer C., Grimson W. E. L. Adaptive background mixture models for real time tracking. – IEEE CVPR, 1999.
40. Chen T., Haursecker H. Computer Vision Workload Analysis: Case Study of Video Surveillance System // Intel Technology Journal. – May 2005. – Vol. 9. – Iss. 2. – P. 109–119.

Содержание

Предисловие.....	3
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	5
Особенности терминологии.....	6
Функциональное назначение	13
Классификация устройств ТВСН.....	15
Обобщенная структурная ТВСН.....	24
2. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	27
2.1. ОБЩАЯ ПРОЦЕДУРА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СФЗ.....	27
Объект обеспечения безопасности.....	27
Угрозы объекту.....	28
Методы и средства обеспечения безопасности	29
Оценка эффективности.....	30
2.2. ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТВСН.....	31
Анализ охраняемого объекта	32
Формулировка задачи наблюдения.....	34
Выбор количества, мест установки и углов обзора телекамер	41
Выбор режимов отображения видеоинформации.....	43
Выбор режимов хранения видеоинформации.....	44
Структурный синтез системы.....	48
Выбор каналов передачи информации.....	48
Выбор параметров и типа оборудования системы.....	49
Оценка эффективности системы.....	51
3. СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ ТВСН.....	51
3.1. АНАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ.....	52
Простейшая система	52
Системы с управляемой телекамерой	53
ТВСН с последовательным переключателем	54
ТВСН с квадратором	59
Системы с дежурным монитором	62

ТВСН с мультиэкранном отображением и видеорегистрацией	63
ТВСН с цифровым многоканальным видеорегистратором	65
Системы с несколькими постами охраны	67
3.2. КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ.....	69
Системы с аналоговыми телекамерами и цифровой видеорегистрацией.....	69
Сетевые системы с аналоговыми телекамерами и гибридными видеорегистраторами.....	71
Сетевые системы с аналоговыми телекамерами и сетевыми видеосерверами	72
С сетевыми телекамерами и гибридными видеорегистраторами.....	73
3.3. СЕТЕВЫЕ СИСТЕМЫ.....	75
Системы с сетевыми телекамерами и видеорегистрацией	75
Системы с сетевым видеорегистратором.....	76
Системы с сетевым видеорегистратором и отдельными каналами трансляции и записи видеосигнала.....	77
Сетевые многопользовательские системы.....	77
4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ.....	80
4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	80
4.2. ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ	83
Обнаружение движения	84
Оценка параметров движущихся объектов.....	85
Обнаружение перемещения предметов.....	86
Обнаружение непосредственных проявлений угроз.....	87
Распознавание образов и идентификация.....	88
4.3. АЛГОРИТМЫ ВИДЕОАНАЛИЗА.....	89

Анализируемые действия.....	89
Последовательность решения задачи.....	91
Анализ статических изображений.....	97
4.4. ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМОВ ВИДЕОАНАЛИЗА...	99
Обнаружение.....	99
Вычитание статического фона.....	100
Адаптивная модель фона.....	102
Вычитание предшествующего изображения.....	104
Статистическая модель.....	105
Сегментация.....	107
Классификация.....	108
Отслеживание перемещения объектов.....	110
Анализ поведения.....	111
Принятие решения.....	112
Индикация.....	114
Литература.....	117

Миссия университета – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

КАФЕДРА ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра входит в состав инженерно-физического факультета НИУ ИТМО и была организована в 1983 году в период выделения оптоэлектроники в самостоятельную область науки и производства. На кафедре работают высококвалифицированные специалисты, являющиеся ведущими экспертами в отраслях науки и техники. В состав кафедры входят шесть научно-учебных лабораторий, оснащенных современным оборудованием, позволяющим вести подготовку учащихся студентов на высоком современном уровне. Кафедра ведет подготовку бакалавров и магистров по направлениям «Техническая физика» и «Лазерная техника и лазерные технологии», а также аспирантов по специальности «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы». Кафедрой руководит заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор, доктор технических наук Прокопенко Виктор Трофимович.

Алексеев Сергей Андреевич
Волхонский Владимир Владимирович
Суханов Андрей Вячеславович

ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ
ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Учебное пособие

Корректор А. Г. Ларионова

В авторской редакции
Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО
Зав. РИО Н.Ф. Гусарова
Подписано к печати
Заказ №
Тираж экз.
Отпечатано на ризографе

Редакционно-издательский отдел
Университета ИТМО
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49