

## Методика тестирования детекторов движения

Детектор движения в системе видеонаблюдения все мы воспринимаем уже как некую стандартную функциональность, а если он в ней отсутствует, то это расценивается как признак недорогого бюджетного решения с последующим скептическим отношением ко всей системе в целом. Впрочем, даже наличие детектора движения большинству пользователей ни о чем не говорит и свидетельствует только о том, что разработчики позаботились, чтобы эта "модная" функция присутствовала. Далее в процесс включаются специалисты по маркетингу и рекламе, которые обернут детектор движения в разноцветные фантики, снабдив его вереницей эпитетов таких как "эвристический", "адаптивный", "всепогодный". Этот ряд можно продолжать до бесконечности, поскольку тяжело упрекнуть в нехватке воображения специалистов по маркетингу и рекламе, но даже этим полет фантазии не ограничивается. Если вы хотите узнать больше о детекторе движения, то приготовьтесь к рассказу о том, как детектор "отстраивается" от всевозможных шумов,

помех, перепадов освещения и т.д и т.п. Инстинктивно ощущая, что человеку с техническим образованием необходимы хотя бы какие-нибудь численные значения, наши мастера высокого художественного слова снизойдут и до этого профессионального недостатка, рассказав напоследок о 432 зонах детектирования. Как, вам этого мало? Добро пожаловать в Матрицу..! с 1700 независимыми зонами детектирования на каждый канал. Когда потенциальный покупатель попытается представить себе такое количество зон, наложенных на один кадр формата 768x576 пикселей, ему можно будет продать все что угодно под видом детектора движения.

Из всего объема этой, с позволения сказать, "информации" не удастся найти никаких конкретных значений, которые помогли бы провести сравнение и сделать выбор в пользу или иного детектора движения. Остается один способ сравнения детекторов движения: тестирование. Впрочем, в таком случае потребуются собрать некоторое количество систем видеонаблюдения с детекторами движения и проверить,

как они будут работать в реальных условиях. Ситуация осложняется еще и тем, что не так уж много найдется энтузиастов, которые будут заниматься настройкой детектора движения, особенно если телекамера смотрит на улицу, а не установлена в помещении с постоянным освещением. Умудренные опытом инсталляторы в этом случае предпочтут вообще не связываться с этой мудреной технологией, которая к тому же непонятно как работает, а понаставят по всему периметру охраняемого объекта извещателей и датчиков.

Но раз уж мы задались целью сравнить детекторы движения, то нужно их тестировать по каким-то параметрам. Можно создать своего рода библиотеку из видеозаписей типичных ситуаций и использовать ее для проверки детекторов движения разных производителей. Конечно, все ситуации учесть не удастся, но это даст нам хотя бы какое-то представление о преимуществах и недостатках тех или иных детекторов движения. Это первое, что приходит в голову.

Наряду с таким очевидным преимуществом, как максимальная прибли-

женность к реальности, у этого подхода существует очень серьезный недостаток: результаты такого тестирования мало что покажут, кроме того, что детекторы движения на некоторых объектах работают, другие - пропускают незамеченными, а часть движущихся объектов то находят, то теряют. С такой ситуацией сталкивался каждый, кто хотя бы однажды занимался настройкой детектора движения.

Очевидно, что тестирование не может быть самоцелью и нужно не просто для того, чтобы сказать, работает или не работает тот или иной детектор движения, а для того чтобы показать возможность практического применения, где и при каких условиях он будет работать.

Для полноты информации на таких записях должен присутствовать только один движущийся объект, параметры которого, такие как яркость, контраст, размер в пикселах, скорость необходимо измерить заранее, причем желательно это проделать на всех кадрах тестовой записи. Также необходимо измерить все шумы и помехи, присутствующие в тестовых записях. И только после этого можно будет использовать полученные записи для тестирования детекторов движения.

Кроме того, приходится учитывать, что подбор необходимого количества видеозаписей для формирования полноценной библиотеки, которую мы могли бы использовать для более менее показательного тестирования детекторов движения, это достаточно длительный по времени и сложный по существу процесс. Придется не только записать нужные тестовые клипы, но и провести несколько предварительных отборочных тестов полученных записей с помощью уже хорошо зарекомендовавших себя детекторов движения.

Мы не отрицаем и такого подхода к тестированию детекторов движения. Более того, в нашей тестовой лаборатории параллельно ведется работа и по созданию клипов с реальными сценами для тестирования детекторов движения. Тем не менее, мы решили начать с более простых вещей и разработали синтетические клипы. В их основу были положены рекомендации разработчиков цифровых систем видеонаблюдения, которые были изложены в рамках проведенного нашим журналом "круглого стола". ("ССТV Фокус" 2, 2005), однако, поскольку во время обсуждения невоз-



Кадр из тестового клипа. (720x576 пикселей, ч/б, 25 к/с, 256 уровней яркости, поток AVI без сжатия.)

можно было учесть всех нюансов, то и тестовые клипы несколько отличаются от того, что было предложено участниками "круглого стола".

Идея тестового клипа заключается в том, что на заданном фоне перемещаются объекты различной яркости и размеров. С помощью этих объектов мы пытаемся определить максимальную пространственную чувствительность тестируемого детектора движения, то есть насколько малый по размерам объект он сможет обнаружить.

Для того чтобы несколько усложнить задачу для детекторов движения и приблизить этот синтетический клип к реальным условиям, в качестве фона мы подставляем шумовой фон, полученный от видеокамеры с закрытым объективом, а движущиеся объекты суммируются с этим фоном, при этом шумовая компонента будет присутствовать и на самих объектах. Все это имитирует видеонаблюдение в условиях низкой освещенности.

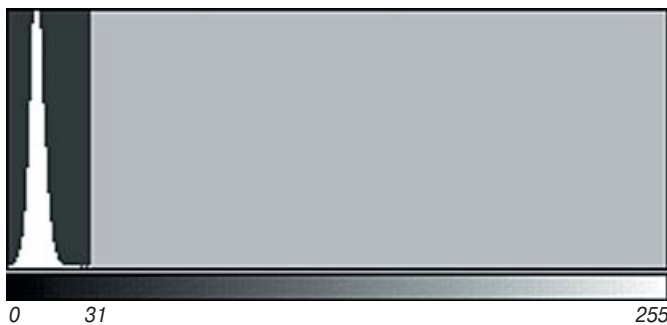
Мы экспериментировали с шумами от различных телекамер, моделировали синтетический шум, но все же, чтобы избежать нареканий многочисленных "пуристов от науки", решили остановиться на фоновом шуме обычной бытовой видеокамеры, которую мы использовали для воспроизведения тестового клипа (Sony DCR-PC1E PAL).

Кроме размеров объектов в тестовом клипе мы также варьируем яркость этих объектов, что позволяет изменять

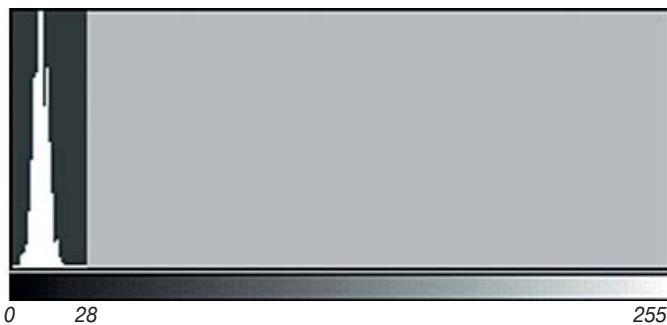
контраст объекта и шумового фона, а также отношение сигнал/шум.

Теперь рассмотрим, как наш тестовый клип выглядит на практике. Хотя тестовый клип мы создаем с помощью компьютерных программ нелинейного монтажа, для тестирования детекторов движения нам, очевидно, необходимо воспроизводить тестовый клип в виде аналогового видеосигнала. Самый простой, казалось бы, способ - использование ТВ-выхода компьютерной видеокарты - пришлось сразу же исключить, так как работа ЦАП на всех проверенных видеокартах не выдерживала никакой критики, в первую очередь это касается некорректных периодов строчной и кадровой развертки, которые постоянно к тому же менялись.

Для воспроизведения тестового клипа мы выбрали обычную бытовую видеокамеру формата miniDV. Причина такого выбора проста и очевидна: эти видеокамеры сейчас повсеместно распространены, и нашим читателям не составит большого труда воспроизвести эти эксперименты даже в домашних условиях. Кроме того, с форматом DV работают все компьютерные программы нелинейного монтажа, поэтому не потребуются значительных дополнительных преобразований тестового клипа при записи его на кассету miniDV. У формата DV есть существенное преимущество перед стандартами сжатия MPEG. Формат DV - это поток сжатых JPEG-кадров



Гистограмма яркости фонового шума в исходном (несжатом) тестовом клипе.



Гистограмма яркости фонового шума в тестовом клипе после записи на кассету miniDV.

(коэффициент сжатия 5:1) без использования межкадрового сжатия, то есть, по сути, М-JPEG. Стандарты сжатия MPEG используют межкадровое сжатие, что неприемлемо при тестировании детекторов движения, но даже если отказаться от него и записывать только опорные кадры возникает проблема средства воспроизведения, то есть преобразования полученного цифрового клипа в аналоговый видеосигнал. Недостатком формата DV для нашего тестирования оказывается то, что сжатие все-таки используется, хотя и с небольшим уровнем компрессии. Идеально было бы вообще отказаться от сжатия и использовать поток AVI, состоящий из набора файлов BMP (а это, кстати, исходная структура нашего тестового клипа до записи его на кассету miniDV), но здесь возникают проблемы с воспроизведением такого потока. В принципе, оборудование для воспроизведения несжатых потоков видео существует, но оно доступно далеко не каждому, поэтому мы все же остановились на формате DV с его минимальным уровнем сжатия, который, впрочем, должен вносить некоторые, хотя и незначительные, изменения в тестовый клип. Это в первую очередь выражается в уменьшении амплитуды фонового шума.

Формат кадра в стандарте DV для PAL допускается 720x576 пикселей.

Изображение предполагается цветным с форматом оцифровки 4:2:0, но нам это неважно, так как все алгоритмы детекторов движения работают с яркостной компонентой. Поэтому наш тестовый клип имеет следующие параметры: формат кадра 720x576 пикселей, ч/б, 25 к/с, 256 уровней яркости (8 бит), поток AVI без сжатия. При записи тестового клипа на кассету miniDV цветность незначительно проявляется, но мы ее отключаем уже в самой системе видеонаблюдения, детектор движения которой проходит тестирование.

Исходя из этого формата кадра, мы задаем объекты в форме квадратов следующих размеров: 64x64, 48x48, 32x32, 28x28, 24x24, 20x20, 16x16, 12x12, 8x8 и 4x4 пиксела. Всего 10 значений размеров движущегося объекта. Максимальный и минимальный размеры объектов 64x64 и 4x4 пиксела были получены экспериментальным путем при проверке на нескольких детекторах движения в цифровых системах видеонаблюдения, попавших в нашу тестовую лабораторию. Поскольку в качестве тестовых объектов используются квадраты, то при необходимости можно легко пересчитать их размеры из пикселей в проценты площади или одной из сторон кадра.

Поскольку шумовой фон мы оставляем неизменным, то для изменения отношения сигнал/шум и контраста

объекта и фона мы изменяем яркость движущегося объекта. Экспериментально было установлено, что для тестирования детекторов движения вполне хватит 5 уровней яркости. 10 размеров объекта x 5 уровней яркости = 50 фрагментов тестового клипа с объектами различного размера и контраста.

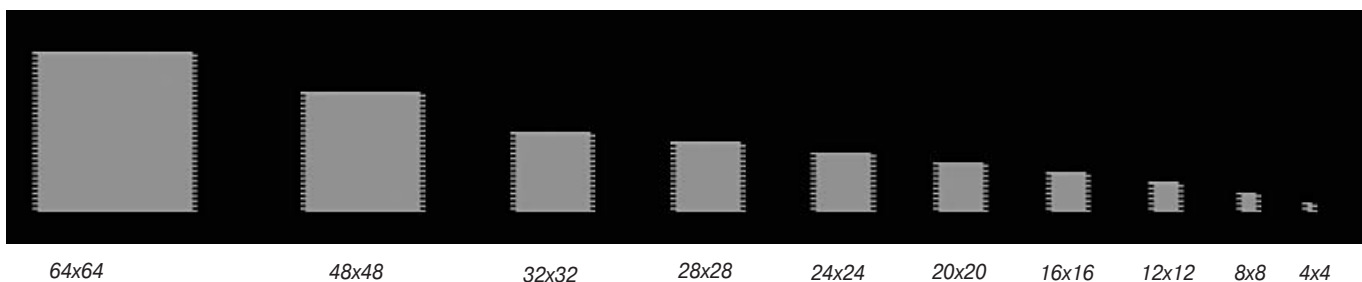
Что касается выбранных значений яркости для движущихся объектов, то мы решили задавать их исходя из отношения сигнал/шум, что более привычно и понятно специалистам охранного телевидения, чем значения контраста объекта и фона.

Как известно, отношение сигнал/шум определяют как отношение размаха видеосигнала между уровнями белого и гашения (или черного) к эффективному значению шума.

Отношение сигнал/шум выражают в децибелах в соответствии с выражением:

$S/\text{Ш} = 20 \lg(U_c/U_{\text{ш}})$ , где  $U_c$  - размах видеосигнала, а  $U_{\text{ш}}$  - эффективная величина шума. Под эффективной величиной шума подразумевается среднеквадратическое значение амплитуды шума. В данном случае среднеквадратическое значение мы берем от амплитуды нашего фонового шума, а размах видеосигнала считаем как разность уровня яркости объекта и фона.

Для удобства обработки результатов мы не стали пользоваться логарифмической шкалой, а просто указываем, во



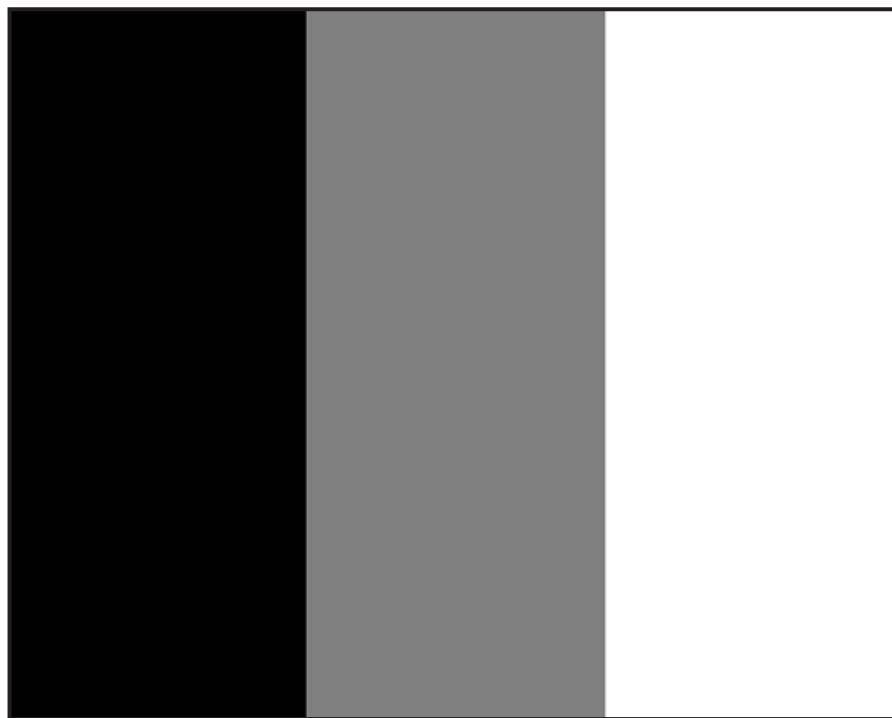
Набор объектов из тестового клипа.



сколько раз размах видеосигнала превосходит среднеквадратическое значение амплитуды фонового шума. Мы выбрали следующие отношения сигнал/шум: 32:1, 16:1, 8:1, 4:1 и 2:1. При необходимости каждый может переосчитать эти значения в децибелы или в проценты контраста, здесь все зависит от того, кому как удобнее. Впрочем, нужно учитывать, что отношение сигнал/шум в децибелах не совсем пригодно для описания работы детекторов движения, так как многие из них опираются именно на контрастную разницу объекта и фона, которая может сильно отличаться при одном и том же соотношении сигнал и шум. В качестве практической иллюстрации к сказанному можно поэкспериментировать с регулировками контраста при работающем детекторе движения, не меняя его настроек.

Для того чтобы исключить влияние настроек яркости и контраста в цифровых системах видеонаблюдения, детекторы движения которых мы тестируем, мы включили в наш тестовый клип простую таблицу из трех вертикальных полос (черная - 0, серая - 127, белая - 255). Используя эту таблицу, мы создаем одинаковые условия для всех тестируемых детекторов движения, вручную подстраивая их яркость и контраст для того чтобы максимально "растянуть" гистограмму яркости этой таблицы, но не "прижимая" ее к краям. Разумеется, все алгоритмы автоматической подстройки яркости и контраста мы отключаем, также как мы отключаем и все дополнительные алгоритмы обработки изображения такие как автоматическое контрастирование, деинтерлейсинг, усиление высоких частот и тому подобное, поскольку они зачастую добавляют ложных срабатываний детектора движения. В связи с ручной настройкой яркости и контраста в цифровых системах видеонаблюдения необходимо сделать одно замечание. Поскольку при оцифровке видеосигнала может использоваться не весь 8-битный диапазон уровней яркости, и часть его, например, первые 16 значений [0;15] могут быть зарезервированы, то на это следует обращать особое внимание при ручной настройке яркости и контраста.

Для полноты данных мы приводим гистограммы распределения яркости и среднеквадратическое значение амплитуды фонового шума. Значения яр-

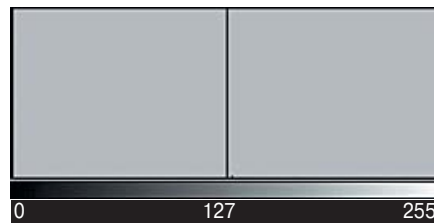


Тестовая таблица для ручной подстройки яркости и контраста (черная полоса - 0, серая - 127, белая - 255).

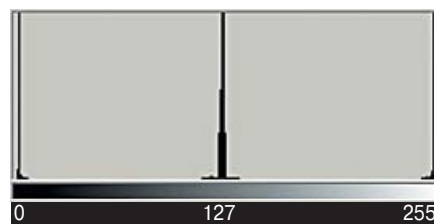
кости фонового шума распределяются в интервале [0;31] 8-битного диапазона из 256 значений [0;255]. Среднеквадратическое значение амплитуды фонового шума: 3.01. Объекты, которые мы суммируем с фоновым шумом, имеют следующие начальные (до суммирования) значения яркости +96 (32x3.01), +48 (16x3.01), +24 (8x3.01), +12 (4x3.01), +6 (2x3.01).

Все эти данные приводятся для исходного (несжатого) тестового клипа. После его записи на кассету miniDV необходимо сделать небольшую поправку, так как даже незначительный уровень компрессии уменьшает среднеквадратическое значение амплитуды фонового шума до 2.9. Значения яркости фонового шума распределяются уже в интервале [0;28]. Поскольку в будущем мы планируем воспроизводить все тестовые клипы без сжатия, эти поправки мы не вносим в исходный несжатый тестовый клип, но их нужно учитывать при интерпретации результатов нашего тестирования, которые изложены в следующей статье. Так, например, отношение сигнал/шум 32:1 (+96/3.01), заданное в исходном несжатом тестовом клипе, трансформируется на кассете miniDV в 33:1 (+96/2.9).

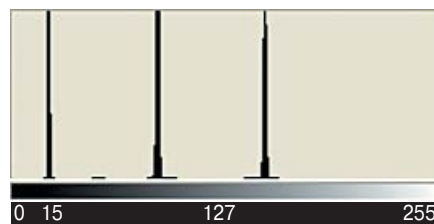
В тестовом клипе все объекты движатся равномерно и прямолинейно, смещаясь на 4 пиксела по горизонтали за 1 кадр. По вертикали они также сме-



Гистограмма яркости тестовой таблицы из исходного (несжатого) клипа.



Гистограмма яркости тестовой таблицы после ручной калибровки яркости и контраста. Используется весь 8-битный диапазон значений яркости.



Гистограмма яркости тестовой таблицы. Не используется весь 8-битный диапазон значений яркости. Первые 16 значений зарезервированы.



Диагональная траектория движения выбрана для того, чтобы уменьшить влияние блочной структуры детекторов движения на результаты тестирования.

щаются, точка начала движения располагается на 25% высоты кадра, окончание движения - на 75% высоты кадра. Такая диагональная траектория движения выбрана для того, чтобы уменьшить влияние блочной структуры детекторов движения на результаты тестирования, то есть чтобы исключить такую ситуацию, когда объект будет двигаться постоянно строго по границе двух блоков, использующихся для детекции движения. Объекты начинают движение как бы за кадром и "въезжают" в него, что более приближено к реальности, чем если бы объекты появлялись неожиданно на пустом месте. Из 200 кадров фрагмента с движущимся объектом в начале каждого фрагмента предусмотрено несколько пустых кадров для оценки качества работы детектора движения. Для удобства каждый фрагмент снабжен титрами в правом нижнем углу, где указывается размер объекта и отношение сигнал/шум.

Весь тестовый клип на кассете по длительности распределяется следующим образом:

1. Заставка с быстрой сменой сцены, на которой должен сработать любой детектор движения. Эта заставка позволяет оценить размер буфера записи детектора движения, если такой буфер присутствует. (8 секунд).

2. Фоновый шум без движущихся объектов для отстройки детектора движения, который настраивается таким образом, чтобы не было ни одного

ложного срабатывания на фоновый шум (40 секунд).

3. Основная часть тестового клипа, состоящая из 50 фрагментов с движущимися объектами (1 фрагмент - 200 кадров, длительность 50 фрагментов - 400 секунд).

Полный объем несжатого тестового клипа составляет примерно 4.5 ГБ, что позволяет легко переносить его на одном диске DVD. При этом для удобства клип разделен на две части:

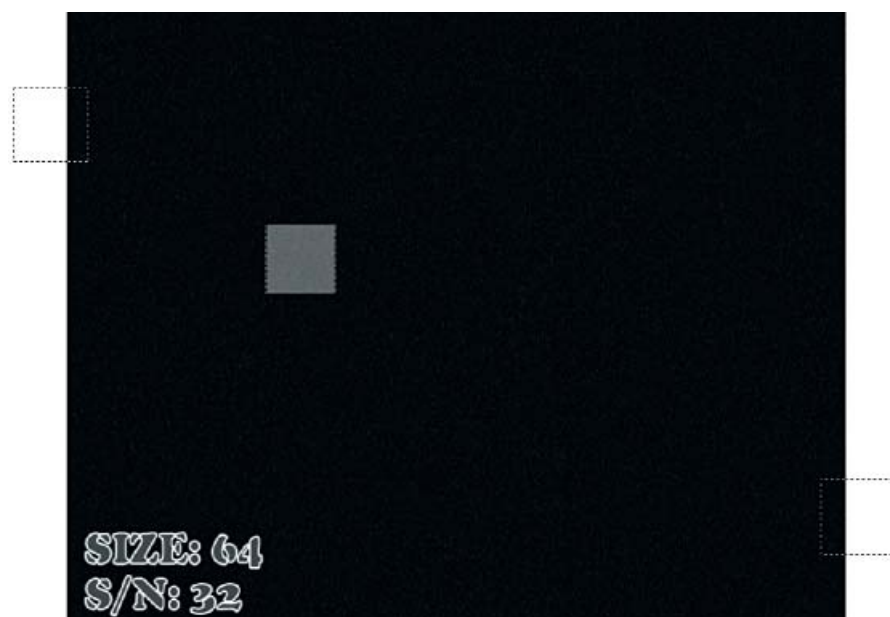
1. Отношение сигнал/шум 32:1 и 16:1, то есть более 24 децибел. Это эм-

пирически определенное максимальное значение зашумленности, при котором еще имеет смысл вести запись и надеяться что-то в этой записи разглядеть. Эта часть клипа позволяет, кроме стандартного тестирования детектора движения, быстро протестировать такую функцию детектора движения, как компрессия архива, то есть запись только по детектору движения кадров, в которых обнаружено движение. Достаточно часто используемая и удобная функция, позволяющая экономить время оператора системы видеонаблюдения и объем архивного пространства. Небольшая доля ложных срабатываний допускается, но, разумеется, количество кадров с ложными срабатываниями не должно быть сопоставимо с количеством кадров, записанных по детектору движения.

2. Отношение сигнал/шум 8:1, 4:1, 2:1, то есть отношение сигнал/шум менее 24 децибел. Эту часть клипа можно использовать для тестирования такой функции детектора, как сигнализация (привлечение внимания оператора). Никакая запись при этом не предполагается, а также должны отсутствовать ложные срабатывания детектора движения.

Кратко перечислим последовательность действий, которая у нас сформировалась при проведении тестов детекторов движения:

1. Подключение видеокамеры с тестовым клипом, настройка на запись по детектору движения 1 канала со скоростью 25 к/с, с максимальным



Объекты начинают движение как бы из за кадра и "въезжают" в него, что более приближено к реальности. Контурами отмечены гипотетические начальное и конечное положение движущегося объекта.

разрешением, цветность отключена. Запись и отображение по остальным каналам отключены, чтобы не расходовать ресурсы центрального процессора. Желательно отключить любую буферную предзапись и дозапись для точного подсчета количества записанных по детектору движения кадров. К сожалению, отключить буферную запись не всегда возможно, так как многие разработчики детекторов движения не доверяют сами им, предпочитая записывать лишние кадры, чтобы не пропустить случайно нужные. При этом утрачивается такая полезная функция, как компрессия архива по детектору движения.

2. Отключение всех влияющих на работу детекторов движения алгоритмов обработки изображения и отключение автоматической подстройки яркости и контраста, если таковая имеется. Ручная калибровка яркости и контраста по таблице.

3. Настройка детектора движения с приоритетом обнаружения самых мелких объектов. Ложные срабатывания на шумы не допускаются. Отстройка от шумов производится по 40-секундному фрагменту, в котором присутствуют только шумы, но нет движущихся объектов.

4. Титры исключаются из области работы детектора движения, если это позволяет программное обеспечение цифровой системы видеонаблюдения. В противном случае при подсчете кадров нужно будет учитывать, что детек-

тор движения будет срабатывать при переключении титров.

5. Воспроизведение тестового клипа и его запись по детектору движения.

6. Оценка наличия или отсутствия буферной записи. В зависимости от полученного результата подсчет в архиве точного количества записанных по детектору движения кадров или определение наличия/отсутствия записи с движущимися объектами.

Для "обкатки" этой методики тестирования мы выбрали более десятка цифровых систем видеонаблюдения, разработанных в России. Не все из них сумели полностью пройти все этапы тестирования, а в некоторых из них детекторы движения оказались бесполезными и существовали только, как говорится, "для галочки". Поэтому далее мы публикуем результаты тестирования только 9 цифровых систем видеонаблюдения, которые прошли все этапы тестирования.

Во всех случаях, кроме отдельно оговоренных, конфигурация нашего тестового компьютера была следующей:

Системная плата ECS Elitegroup 845PE-A800

Чипсет системной платы Intel Brookdale i845PE

Центральный процессор Intel Pentium 4A, 2400 МГц (4.5x533)

Оперативная память 512 МБ (PC3200 DDR)

Видеоадаптер NVIDIA GeForce 5200 (128 МБ)

Жесткий диск Western Digital WD400JB-00ETA0 (40 ГБ) для операционной системы и ПО

RAID-массив 400 ГБ (два диска Western Digital по 200 ГБ), организованный посредством RAID-контроллера Promise FastTrak TX2000, для записи архива.

Операционная система Windows XP Professional SP2

DirectX 9.0.C

Как заметят наши постоянные читатели, аппаратная конфигурация несколько не изменилась, и хотя она уже успела немного устареть, загрузка процессора при записи 1 канала по детектору движения не достигала 100%.

*В заключение следует еще раз обратить внимание наших читателей, что это тестирование далеко не полностью показывает возможности детекторов движения, так как моделирует только 1 ситуацию, хотя и весьма распространенную. Результаты данного тестирования позволяют пока только определить пространственную чувствительность детекторов движения и до некоторой степени их помехоустойчивость. Для более полной оценки, как уже говорилось выше, необходимо проводить тестирование на клипах с реальными сценами. Но, как говорят китайцы, даже самая длинная дорога начинается с первого шага. Это же тестирование мы рассматриваем как отборочный этап перед более объемлющим тестированием детекторов движения.*