

Алексей Медведев

Промышленные видеокамеры для систем машинного зрения

В статье приведены результаты опроса среди производителей и потребителей видеокамер для промышленных приложений. Рассмотрены ключевые узлы системы машинного зрения с примерами конкретных изделий.

ВВЕДЕНИЕ

Системы машинного зрения в настоящее время широко используются во множестве приложений. Они находят своё применение в промышленной автоматизации, научных исследованиях, медицине, системах безопасности, военной сфере и многих других отраслях.

Типовая система машинного зрения включает в себя камеру, плату захвата изображений, вычислительное устройство и специализированное программное обеспечение. Далее вкратце рассмотрим составляющие компоненты систем машинного зрения, сделав ак-

цент на промышленных видеокамерах, являющихся ключевым элементом в подобных системах.

ОБЗОР РЫНКА ПРОМЫШЛЕННЫХ КАМЕР

Для обзора рынка промышленных камер обратимся к опросу «Камеры и профессиональная обработка изображений 2012», проведённому специалистами компании FRAMOS GmbH и журнала INSPECT [1].

Опрос был сосредоточен на камерах для промышленных применений и дал картину, со всей очевидностью показывающую, как близко предложения про-

изводителей совпадают с ожиданиями пользователей.

Анализ основывается на ответах, полученных от 13 производителей и 51 пользователя камер в основном для промышленного применения. Под промышленным применением тут подразумеваются приложения, в которых изображения захватываются и/или анализируются автоматически, например, автоматизация производства и логистики, обеспечение качества, измерение параметров, мониторинг трафика и т.д.

Распределение по различным ценовым категориям показало, что многие производители продвигают свои моде-

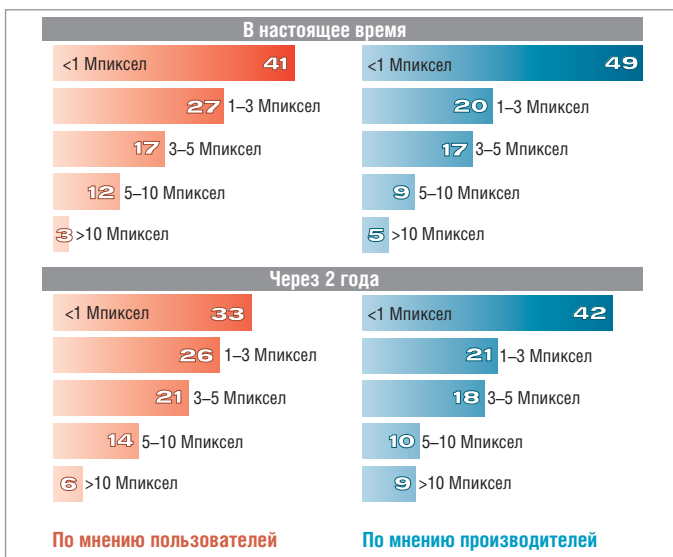


Рис. 1. Распределение (в процентах) применяемых в промышленности видеокамер в соответствии с их разрешающей способностью

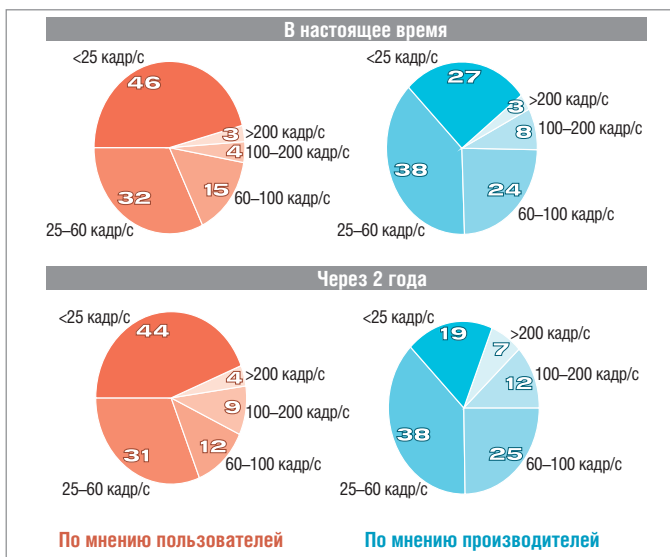


Рис. 2. Распределение (в процентах) применяемых в промышленности видеокамер в соответствии с обеспечиваемой ими частотой кадров

Основные характеристики наиболее востребованных в приложениях машинного зрения интерфейсов

Таблица 1

Характеристика	FireWire (IEEE 1394b)	Gigabit Ethernet	USB 2.0	USB 3.0	Camera Link
Полоса пропускания	64 Мбит/с	100 Мбит/с	40 Мбит/с	350 Мбит/с	680 Мбит/с
Длина кабеля	4,5 м	100 м	4,5 м	3 м	10 м
Загрузка ЦП	Низкая	Средняя	Низкая	Низкая	Средняя
Признание пользователей	Среднее	Превосходное	Превосходное	Превосходное	Низкое
Сложность системной интеграции	Средняя	Низкая	Средняя	Низкая	Высокая
Оценка совместного использования нескольких камер	Превосходная	Превосходная	Превосходная	Превосходная	Средняя
Стоимость системы (система из одной камеры)	Средняя	Средняя	Самая низкая	Низкая	Высокая
Мультиплексирование	Нет	Допустимо	Нет	Нет	Нет
Стандарт	IIDC/DCAM	GigE Vision	Нет	USB3 Vision	Camera Link

ли начального уровня с разрешением VGA и стоимостью ниже €350. По данным опроса (рис. 1) у 41% пользователей есть камеры с разрешением меньше, чем 1 Мпиксел, однако камеры в ценовом диапазоне от €650 до €1000 являются самыми популярными и составляют 32% рынка, в то время как камеры, которые стоят меньше €350, занимают приблизительно 20% рынка. Это означает, что у большинства опрошенных пользователей достаточно высокие требования к камерам, с точки зрения качества, функций и сервиса, и они готовы за это платить больше.

По мнению пользователей, промышленные камеры на базе ПЗС-сенсоров от Sony и TrueSense (ранее Kodak) бесспорно занимают самую большую долю на рынке, равную 69%. Соответственно, на КМОП-сенсоры приходится 31% рынка, и безусловным лидером здесь является продукция компании Artina. С другой стороны, производители камер считают, что соотношение ПЗС- и КМОП-сенсоров составляет 75% к 25%. Таким образом, технология ПЗС более высоко оценивается среди производителей, чем среди пользователей.

По мнению пользователей камер, доля рынка ПЗС-сенсоров сократится в течение следующих двух лет приблизительно на 16%. Производители же прогнозируют более высокие темпы роста КМОП-сенсоров – на 20% в следующие два года. Аргументами для таких прогнозов являются данные о продуктовых линейках компаний Sony и TrueSense, которые уже запустили или анонсировали большой ассортимент моделей, базирующихся на КМОП-технологии.

В промышленных приложениях, особенно в системах с автоматизированным захватом изображения, цвет играет незначительную роль. Данные опроса

производителей показывают, что 74% камер в подобных приложениях – монохромные (аналогичная оценка среди пользователей составляет 84%). По этим же данным, 49% камер сегодня имеют разрешение ниже, чем 1 Мпиксел (рис. 1). Производители, в отличие от пользователей, ожидают самый высокий рост в категории камер с разрешением выше 10 Мпиксел. В целом же наблюдается небольшая тенденция в сторону использования камер с разрешением больше 1 Мпиксел.

Из анализа способа крепления объектива выявляется следующая картина: по мнению пользователей, 63% камер оборудованы креплением C-mount (по мнению производителей – 76%), а остальные камеры в основном либо снабжены малоформатными креплениями (K-mount, F-mount, Canon-mount и т.д.) – 18%, либо имеют мини-линзы (pinhole, M12, M14 и т.д.) – 12%.

В настоящее время ПЗС- и КМОП-сенсоры многих производителей способны обеспечить обработку информации с частотой до 100 кадров в секунду (кадр/с). Через два года, как ожидают пользователи, число камер с частотой от 100 до 200 кадр/с вырастет приблизительно на 5% (рис. 2). Эта оценка обусловлена анонсированием новых камер с сенсорами, обеспечивающими такой диапазон частот. Производители же относительно частоты кадров предполагают, что через 2 года категории с частотами в диапазонах 100–200 кадр/с и >200 кадр/с увеличатся на 4% каждая.

При разделении камер на аналоговые и цифровые выясняется, что по данным от пользователей 34% используемых камер сегодня всё ещё имеют аналоговый выход (по мнению производителей, сейчас это 20%). Однако, по мнению потребителей, этот процент упадёт в течение ближайших двух лет ещё на 16 пунк-

тов и будет на уровне 18% (соответственно, производители предрекают падение значения этого показателя за то же время на 8 пунктов до 12%).

Так как большинство камер в промышленном секторе имеют цифровой видеовыход, то особый интерес представляют различные стандартные цифровые интерфейсы. Нужно отметить, что среди респондентов интерфейсы Camera Link, Gigabit Ethernet, Ethernet и FireWire IEEE 1394a пользуются наибольшей популярностью. Ожидается, что в течение следующих двух лет произойдёт сдвиг в сторону Camera Link HS, Gigabit Ethernet, 10G Ethernet и USB 3, а также CoaXPress, представляющего особый интерес для определённых приложений. Характеристики наиболее востребованных интерфейсов для промышленных камер представлены в табл. 1 для сравнения.

В целом на рынке промышленных камер наблюдается движение в сторону более высокого разрешения и более высокой частоты кадров. Производители сенсоров выпускают продукцию со всё более высокими значениями этих характеристик, которая требует пропускной способности более 8 Гбит/с.

На этом фоне получены мнения пользователей о том, какой интерфейс будет наиболее востребован для полосы пропускания более 8 Гбит/с. В 68% мнений 10G Ethernet является безусловным лидером, опережая Thunderbolt и CoaXPress, которые получили 19% и 10% соответственно (рис. 3). Интерфейс Camera Link HS, который до сих пор продвигается очень малым количеством крупных производителей камер, по-видимому, ещё недооценён пользователями, ещё не видно конкретных приложений для его использования.

ПРИМЕРЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ КАМЕР

В качестве примеров конкретных промышленных камер рассмотрим изделия компаний SMARTEK Vision и Visiosens.

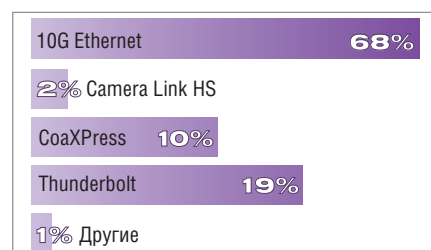


Рис. 3. Распределение мнений пользователей о том, какой интерфейс будет наиболее востребован для полосы пропускания более 8 Гбит/с



Рис. 4. Корпусированные камеры SMARTEK Vision: а – серия Giganetix Standard; б – серия Giganetix S90

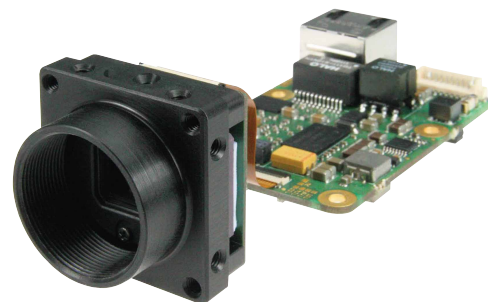


Рис. 5. Встраиваемая камера серии Giganetix Board Level

Компания SMARTEK Vision производит промышленные IP-камеры и светодиодные строб-контроллеры. Камеры производства SMARTEK Vision соответствуют основным требованиям, предъявляемым к промышленным устройствам, и отличаются небольшими габаритами при нескольких вариантах исполнения корпуса, превосходным качеством изображения и низкой стоимостью.

IP-камеры SMARTEK Vision обеспечивают полную аппаратную и программную поддержку стандартов GigE Vision и GenICam™, что в сочетании с компактным корпусом позволяет осуществлять их органичную интеграцию в существующие системы без дополнительных затрат.

Компания выпускает камеры как в корпусированном исполнении, так и без корпуса.

Для клиентов, нуждающихся в функционально законченном корпусированном изделии, компания предлагает камеры, заключённые в корпуса двух типов, отличающихся креплением и расположением соединителей выводных интерфейсов (рис. 4).

Для индивидуальных проектов своих клиентов компания SMARTEK Vision может предложить серию встраиваемых бескорпусных GigE-камер Giganetix Board Level (рис. 5). Данная серия ориентирована на производителей устройств и системных интеграторов и предоставляет широкие возможности для успешной интеграции камер в системы и машины в условиях ограниченного пространства. Это достигается за счёт специальной конструкции камер, состоящей из отделяемой сенсорной части и основной платы, и поддержки технологии Power over Ethernet (PoE). Плата с сенсором, а также вся схема обработки данных, интерфейсная часть и, разумеется, программное обеспечение имеют полную совместимость со стандартами GigE Vision и GenICam™.

Камеры SMARTEK Vision способны обеспечивать высокое качество изображения с минимальным уровнем шумов. Широкий ассортимент используемых в изделиях компании ПЗС- и КМОП-сенсоров (10 моделей от Sony, 4 модели от Artina и 3 модели от TrueSense Imaging) обеспечивает возможность выбора подходящей камеры почти для любого применения в сфере машинного зрения.

Камеры SMARTEK имеют лучший в своём классе триггер задержки (2 мкс) на двух входных и двух выходных портах управления, что позволяет подобрать оптимальную синхронизацию массива камер со светодиодным импульсным освещением.

Конструкция устройств создана на базе открытых промышленных стандартов (C-mount, разъёмы RJ-45, кабели CAT 5e или CAT 6), что значительно снижает общую стоимость системы машинного зрения без каких-либо потерь в качестве.

Компания Visiosens производит модульные промышленные USB-камеры с возможностью конфигурирования, позволяющие достаточно легко создавать индивидуальные решения для высокотехнологичных секторов промышленности.

Серия камер от Visiosens – это не традиционный набор готовых устройств, а весьма гибкая и настраиваемая платфор-

ма с более чем 140 возможными комбинациями построения камер (рис. 6). Данная платформа поддерживает единый современный программный интерфейс для всех своих камер, в том числе и для специальных заказных устройств. Платформа состоит из большого числа сенсоров, креплений, фильтров, включает опциональную светодиодную подсветку, имеет различные выходные интерфейсы и предполагает несколько вариантов сборки. Пользовательский и системный интерфейсы для всех вариантов камер построены на базе единого перспективного кросс-платформенного комплекта средств разработки, использующего самые современные NET-технологии.

Камеры Visiosens имеют высокопрочные корпуса, разработанные специально для применения в промышленности. Конструкция корпуса позволяет применять несколько вариантов установки. На каждой стороне и на передней поверхности выполнено множество крепёжных отверстий, расположенных симметрично оптической оси датчика. Заказчик может выбрать один из следующих типов крепления: C-mount, CS-mount или M12. В конструкцию корпуса может быть интегрировано опциональное светодиодное кольцо, подключаемое через 8-контактный порт ввода/вывода; такое решение способствует экономии занимаемого аппаратными

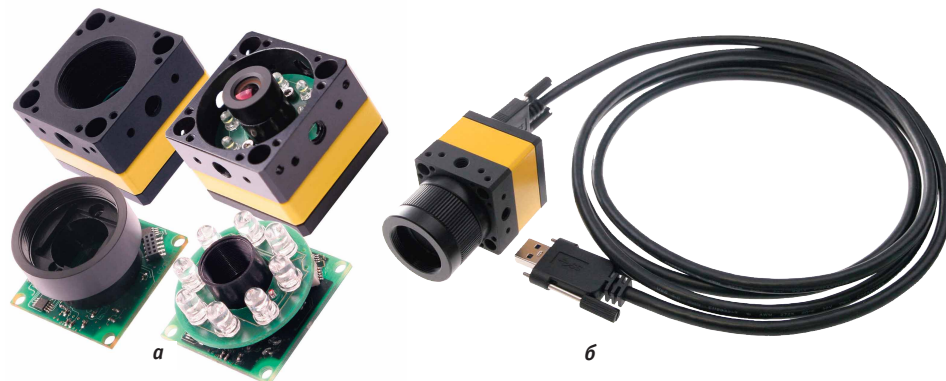


Рис. 6. Продукция Visiosens: а – элементы платформы для построения камер; б – пример готовой камеры



Рис. 7. Видеосистема ADLINK EOS-1220

средствами пространства и снижению финансовых затрат на систему в целом.

Платы видеозахвата и вычислительные устройства обработки видеоданных

Цифровая обработка изображений с последующим их анализом является одной из прикладных задач систем машинного зрения. Она решается с помощью плат видеозахвата либо специальных компьютерных систем (вычислительных устройств) анализа видеoinформации и специализированного программного обеспечения.

В качестве примера такого вычислительного устройства рассмотрим продукцию компании **ADLINK**, предназначенную для решения описанных задач.

Видеосистема EOS-1220 (рис. 7) выполнена на основе 4-ядерного процессора Intel® Core™ i7 третьего поколения и предназначена для контроля разнообразных производственных процессов.

В составе EOS-1220 имеются 4 независимых PoE-порта для подключения GigE-камер. Кроме этого, видеосистема располагает богатым набором интерфейсов ввода/вывода, включающим в себя 4 × RS-232/422/485, 2 × USB 3.0, 32 изолированных дискретных входа/выхода PNP/NPN, 2 × SATA-интерфейса. Также видеосистема имеет слот CFast, внутренний USB-порт и программируемую EEPROM 1 кбит.

Сочетание использования интеллектуального интерфейса PoE и поддержки протокола IEEE 1588 позволяет обеспечивать питание устройств и передачу данных по одному кабелю. В видеосистеме существенно сокращено количество внутренних проводных соединений (около 60%), что значительно повышает надёжность изделия и упрощает его обслуживание.

Дополнительно в EOS-1220 предусмотрено интеллектуальное управление по PoE, позволяющее дистанционно пе-

рключать состояние PoE-устройств. С помощью этой функции можно легко контролировать и управлять энергопотреблением и температурой внутри камеры, что значительно продлевает срок службы системы в целом.

Видеосистема поддерживает операционные системы Windows 8/7/XP, Embedded Standard 7. Высокопроизводительный процессор, наличие нескольких каналов и компактный дизайн делают EOS-1220 подходящим решением для приложений, требующих синхронной работы нескольких камер, например для 3D-управления роботами и контроля различных производственных процессов.

Помимо готовых видеосистем линейка продукции ADLINK включает широкий набор плат видеозахвата с различными типами аналоговых и цифровых интерфейсов. Подробное описание плат видеозахвата ADLINK приведено в статье [2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новые технологии машинного зрения не только обеспечивают более качественное изображение, но и заставляют коренным образом переосмыслить место и области применения подобных систем. Наблюдается переход от пассивной фиксации событий к проактивному управлению на основе видеоданных. Системы машинного зрения эволюционируют как в техническом плане, так и в части интеграции в различные информационные системы. Немаловажную роль в этом развитии играют производители видеокамер, которые выводят на рынок устройства с более высокой чувствительностью, с новыми возможностями (например, с наличием кадрового затвора) и, что не исключено, с меньшей стоимостью. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Ronald Muller. FRAMOS market survey 2012 [Электронный ресурс] // FRAMOS. — 2012. — 13 нояб. — Режим доступа : <http://www.frames.com/it/news/news/single-view/article/frames-market-survey-2012-1.html>.
2. Головастов А. Машинное зрение и цифровая обработка изображений // Современные технологии автоматизации. — 2010. — № 4. — С. 8–18.

Автор – сотрудник
фирмы ПРОСОФТ
Телефон: (495) 234-0636
E-mail: info@prosoft.ru