

А.Н. Головин

Интеллектуальные видеокамеры: состояние, определение и классификация

Описаны видеокамеры, обладающие функциями анализа изображения – интеллектуальные видеокамеры. Дано определение интеллектуальной камеры и классификация таковых в зависимости от их аппаратного состава и функциональных возможностей. Рассмотрены их преимущества и недостатки, а также перспективы этого направления.

Videocameras are described which have the functions of the analysis of the representation – intelligent videocameras. The definition is given of the intelligent camera and the classification of such in dependence of their apparatus and functional possibilities. Their preferences and short comings are considered as well as the prospects of such direction.

Описано відеокамери, які мають функції аналізу зображення – інтелектуальні відеокамери. Дано їх визначення та класифікація в залежності від апаратного складу і функціональних можливостей. Розглянуто їх переваги і недоліки, а також перспективи цього спрямування.

Введение. Интеллектуальная видеокамера (ИВК) – это камера, возможности которойходятся далеко за пределами просто получения качественных изображений сцены: в то время как обычные современные камеры фиксируют изображения, интеллектуальные видеокамеры захватывают высокоуровневое описание сцены и анализируют то, что они «видят» [1].

История интеллектуальных камер начинается с появления первых коммерческих видеокамер в 90-х годах прошлого столетия. Естественно, что применение их было ограничено и сводилось к решению некоторых задач машинного зрения в промышленности. Современные интеллектуальные камеры имеют в своем составе быстродействующие вычислительные устройства обработки и с учетом этого уже нашли широкое применение во многих отраслях промышленности.

Тем не менее, до сих пор в научной литературе не сформулировано единого и однозначного определения такого понятия, как «интеллектуальная видеокамера» [2]. Кроме того, имеют место различные варианты классификации ИВК и, к сожалению, очень часто при обозначении одних и тех же или идентичных устройств используются такие определения как *видеосенсор*, *интеллектуальный видеосенсор* и *интеллектуальная видеокамера* [2–3].

Цель статьи – внесение ясности в определение понятия интеллектуальная видеокамера, принятие наиболее приемлемого варианта классификации интеллектуальных видеокамер и устранение неопределенности в использовании

на практике терминов видеосенсор, интеллектуальный видеосенсор и интеллектуальная видеокамера.

Определение понятия интеллектуальная видеокамера

Различные разработчики и производители камер дают разного рода определения понятию интеллектуальная видеокамера. Часто под ним понимают встроенную видеосистему, способную из полученных изображений извлекать ориентированную на определенное практическое применение информацию, параллельно генерируя описание происходящих событий и принимая решения, которые используются в интеллектуальной или автоматизированной системе. В таком определении есть несколько важных аспектов [2].

- *Визуальная система* означает, что камера имеет способность *видеть* и фиксировать картинку окружающей обстановки. Понятие *визуальная* означает не только спектр светового излучения, но также инфракрасное и тепловое излучение. Понятие *система* означает, что все компоненты камеры не обязательно должны быть физически и пространственно размещены в одном корпусе камеры, хотя на самом деле все компоненты чаще и находятся в одном корпусе.

- *Встроенная* означает, что ИВК, как и любая встроенная система, использует все необходимые компоненты, такие как микропроцессор(ы), память, систему питания, интерфейс обмена, что позволяет функционировать системе в автономном и автоматическом режимах.

• *Генерировать описание событий и принимать решения* означает, что первостепенная задача камеры состоит не в формировании улучшенного изображения или видеопотока для восприятия человеком, а в определении факта свершения заранее определенного события и генерировании соответствующей информации в результате такого анализа.

Следует отметить, что не все видеокамеры, имеющие встроенную обработку изображений, необходимо классифицировать как интеллектуальные видеокамеры. Прежде всего, это зависит от целей, на которые ориентировано применение оборудования. Существует множество потребительских цифровых камер, видеокамер, различных камер общего назначения, которые в своем составе имеют серьезное оборудование для цифровой обработки изображений, а именно: выполнение таких функций, как автофокусировка, автоматический баланс белого, автоматический контроль экспозиции и др. Большинство всех этих функций направлено или на получение качественных снимков или на улучшение качества того, что предстоит человеку просматривать, распечатывать или передавать по различным каналам связи.

Основная цель обработки изображений в интеллектуальных видеокамерах – генерирование описания событий и принятие решений для других устройств в системе автоматизированного контроля. Иначе говоря, идея ИВК – это конвертация данных в знания более высокого уровня путем их обработки, где это возможно, и передача на более высокий уровень организации системы контроля только лишь результата с учетом выполнения обработки специфической информации конкретного приложения максимально эффективным способом [3]. Интеллектуальная видеокамера – это, прежде всего, комбинация устройства фиксации изображения и вычислительного узла, результатом действия которой есть обработанный видеопоток или информация более высокого уровня (например, местоположение объекта, идентификация человека и др.), но ни в коем случае не оригинальный видеопоток. Даже при самом высоком уровне абстракции интеллектуальной видео-

камерой можно считать персональный компьютер с установленной *Web*-камерой. Совмещение таких устройств и их миниатюризация повышают потребность в развитии ИВК с намного меньшими формфакторами, вплоть до однокристалльных устройств, интегрирующих быстросействующую обработку на одном кристалле (обычно на комплементарной логике на транзисторах Металл–Оксид–Полупроводник – КМОП чипе). Термин *интеллектуальная видеокамера* строго не определен, и объем обрабатываемой видеоинформации может существенно варьироваться от устройства к устройству. Грань между определением, что считать интеллектуальной камерой, а что нет – очень размыта. Например, если устройство может выполнять простейшую программу, оно уже может считаться «интеллектуальным» [4].

Из имеющегося многообразия определений понятия интеллектуальная видеокамера Ассоциация автоматизированной обработки изображений (*Automated Imaging Association, AIA*) выделяет три основополагающих признака, позволяющих считать камеру *интеллектуальной* [5]:

- *интеграция* определенных ключевых функций и узлов в устройстве (например, оптическая система, преобразование форматов, фиксация изображений и обработка изображений);
- *использование процессора и программного обеспечения* для предоставления определенного уровня компьютерного «интеллекта»;
- *способность* выполнять задачи разнообразного применения без вмешательства человека.

Кроме того, в зависимости от степени интеграции Ассоциация автоматизированной обработки изображений выделяет три категории зрительных систем.

- Интеллектуальные видеокамеры, которые полностью или почти полностью komponуются в корпусе камеры. В некоторых случаях оптическая система может располагаться и за пределами корпуса камеры, но все узлы обработки изображений и программный продукт должны быть внутри корпуса камеры.
- Видеосенсор, представляющий, главным образом, нижний уровень интеллектуальной ви-

деокамеры. Но, тем не менее, по быстродействию он может приближаться к отдельным типам высокопроизводительных зрительных систем из категории интеллектуальных видеокамер.

• Встроенный видеопроцессор, представляющий собой камеру, подключенную к внешней вычислительной системе.

Европейская ассоциация машинного зрения (*European Machine Vision Association, EMVA*) определяет ИВК так: «Интеллектуальная видеокамера – это камера со встроенным интеллектом в виде микропроцессора, цифрового сигнального процессора (*DSP*) или ПЛИС (*FPGA*), которые могут быть перепрограммированы для придания ей возможностей конфигурируемого устройства захвата изображений на основе вычислительной системы. Это придает ИВК определенную вычислительную функциональность, необходимую для выполнения алгоритмов машинного зрения в пределах самого корпуса камеры» (табл. 1) [6].

Интеллектуальный видеосенсор или интеллектуальная видеокамера?

В рамках определения термина интеллектуальная видеокамера целесообразно определить место таким понятиям, как видеосенсор и интеллектуальный видеосенсор. Понятие видеосенсор больше используется в области машинного зрения в контексте нижнего уровня зрительной системы или интеллектуальной видеокамеры (Ассоциация автоматизированной обработки изображений). Это, очевидно, наследство тех времен, когда зрительные системы проектировались на основе мощных вычислительных систем. Европейская ассоциация машинного зрения, как и Ассоциация автоматизированной обработки изображений, в своих исследованиях признает наличие некоторых различий между указанными понятиями, но, тем не менее, констатирует, что грань между ними становится все более неуловимой [7].

В литературе все еще имеет место разделение понятий, с одной стороны, видеосенсор и интеллектуальный видеосенсор, а с другой – интеллектуальная видеокамера [8–9], хотя их функциональные возможности в решении прак-

тических прикладных задач уже давно сопоставимы.

Т а б л и ц а 1. Примеры промышленных интеллектуальных видеокамер

Изделие, производитель	Видеосенсор, разрешение	Устройство обработки	Интерфейс	Программное обеспечение
VC4012nano <i>Vision Component</i> (Германия) http://www.vision-components.com	КМОП, 2592×1944 пикселей	<i>TMS320C64xx</i> (<i>Texas Instruments</i>), 3200 MIPS, 400 МГц.	<i>Ethernet</i> 10/100 Мбит <i>TCP/IP</i>	Операционная система <i>VCRT</i> для одновременного решения нескольких задач в реальном масштабе времени
VC4068 <i>Vision Component</i> (Германия) http://www.vision-components.com	ПЗС, 1280×1024 пикселей	<i>TMS320C64xx</i> (<i>Texas Instruments</i>), 3200 MIPS, 400 МГц.	<i>RS232</i> , <i>Ethernet</i> (100 Мбит)	Доступны библиотеки обработки изображений <i>Texas Instruments</i>
mvBlueLYNX-X-102 <i>Matrix Vision GmbH</i> (Германия) http://www.matrix-vision.com	КМОП, 1280×960 пикселей, монохромный/цветной	<i>OMAP 37x</i> (<i>Texas Instruments</i>), 800 МГц - 1 ГГц.	<i>RJ45</i> (100 Мбит <i>Ethernet</i>), <i>VGA/USB</i> , <i>RS232</i>	Доступен большой набор алгоритмов обработки изображений в реальном масштабе времени
mvBlueLYNX-X-125a <i>Matrix Vision GmbH</i> (Германия) http://www.matrix-vision.com	ПЗС, 2448×2050 пикселей, монохромный/цветной	<i>OMAP 37x</i> (<i>Texas Instruments</i>), 800 МГц - 1 ГГц.	<i>RJ45</i> (100 Мбит <i>Ethernet</i>), <i>VGA/USB</i> , <i>RS232</i>	
FastCamera40 <i>FastVision</i> (США), http://fast-vision.com	КМОП, 2352×1728, монохромный/цветной	<i>Xilinx Vertex II FPGA</i> (от 1000К до 8000К логических вентиляей)	<i>USB2.0</i> (опция), <i>Camera Link</i> (85 МГц)	
FastCamera 405 <i>FastVision</i> (США), http://fast-vision.com	ПЗС, 2336×1752, монохромный/цветной	<i>Xilinx Spartan FPGA</i> (700/1400К логических вентиляей), медиа процессор <i>Nexperia PNX1502/PNX1702</i>	<i>Camera Link</i> , <i>GigE Vision</i> (опция), <i>RS485/RS422</i> (опция)	

В результате эволюции как сенсоров, так и электронных систем твердотельные сенсоры все более объединяются со сложными электронными сетями. Примером тому служит компоновка КМОП видеосенсоров и узлов цифровой обработки сигналов на одной микросхеме [10–12]. Объединение высокопроизводительных твердотельных сенсоров, передовой обработки

сигналов и управляющих сетей в единый модуль интеллектуального сенсора преследует две цели: сделать сенсор более многофункциональным в смысле его основной функции – восприятия и более точным. В результате таких совершенствований интеллектуальный сенсор обеспечивает цифровой выход, коммутацию через двунаправленную цифровую шину и может быть управляемым через определенные адреса, а также выполнять команды и логические операции [13].

В общем, реализация интеллектуальных сенсоров для многих приложений требует включения трех главных компонентов: обработки сигналов, цифрового управления и манипуляции с данными, коммуникации с внешними устройствами через цифровые двунаправленные шины. При этом на входе интеллектуального сенсора может быть как одномерный массив данных (показания температуры, давления, скорости и др.), так и двумерный (изображения). В последнем случае сенсор может по праву называться интеллектуальным видеосенсором. В статье [14] интеллектуальный видеосенсор вообще относят к разряду недорогих или бюджетных интеллектуальных видеокамер.

С другой стороны, очень часто жесткие требования к конструкции (небольшие габаритные размеры и потребление энергии, оптимизация под ограниченный набор выполняемых задач и прочие) приводят к тому, что ИВК имеет узкоспециализированную направленность и в таком случае это устройство часто называют высокоуровневым сенсором или просто видеосенсором [15].

Приведенные исследования понятий видеосенсор, интеллектуальный видеосенсор и интеллектуальная видеокамера дают основания полагать, что очень часто они используются в реализации одного и того же процесса: фиксации изображения сцены – обработки изображения – извлечения метаданных – передача метаданных и знаний о сцене. В подтверждение такого вывода свидетельствуют данные опроса производителей и дистрибьюторов интеллектуальных видеокамер, проведенного на торговой выставке *VISION 2008* в Штутгарте (Гер-

мания). Результаты исследования свидетельствуют о том, что опрошенные используют понятия видеосенсор и интеллектуальная видеокамера для определения одних и тех же идентичных изделий [7].

С учетом технологического прогресса и дальнейшей информатизации следует ожидать, что грань между такими понятиями, как интеллектуальный видеосенсор и интеллектуальная видеокамера будет стираться, формируя при этом целое направление сенсоров, ориентированных на обработку изображений, наряду с другими типами (температура, нагрузка, вибрация, уровень воды и пр.) [16]. Исследования сенсоров, проведенные в работе [17], в очередной раз подтверждают тот факт, что ИВК есть не что иное, как сенсор, наделенный интеллектом определенного уровня. Особенность его состоит лишь в том, что он воспринимает и обрабатывает сигналы большей размерности, оставаясь при этом, как и все остальные сенсоры, средством связи реального и виртуального миров.

Отличия интеллектуальной видеокамеры от обычной

Среди шести основных чувств (зрение, запах, вкус, слух, касание и бесконтактное чувство) зрение может захватывать и предоставлять человеку наибольшее количество информации об окружающей его обстановке в кратчайшее время. Основная задача интеллектуальной видеокамеры – предоставить возможность функционально смоделировать зрительную систему человека и, в некоторой степени, его мозг, а также интерпретировать то, что «видит» камера через искусственный разум.

Главные отличия интеллектуальной видеокамеры от обычной камеры и видеокамеры лежат в двух аспектах. Первый – в архитектуре камеры (рис. 1). ИВК обычно содержит специальный узел обработки изображений, в состав которого входит один или более микропроцессоров для выполнения интеллектуальных алгоритмов обработки информации, ориентированной на конкретное специальное приложение. Основная задача такого блока состоит не только в улучшении качества полученных снимков, но и в извлечении информации и знаний.

Аппаратная часть обычных камер проще и в большей степени ориентирована на улучшение качества снимков сцены. Второй отличительный аспект – в той информации, которую выдает та или иная камера. Интеллектуальная видеочасть нацелена на получение и передачу информации (метаданные), которая извлекается из изображений сцены и в последующем используется автоматизированной системой. Информация на выходе обычной камеры представляет собой не что иное, как обработанная и, в большинстве случаев, улучшенная для человеческого восприятия версия полученного изображения. Поэтому обыкновенная камера обычно имеет повышенные требования к тем ее узлам, которые обеспечивают выдачу информации. Как правило, эти требования ужесточаются прямо пропорционально разрешающей способности используемого видеосенсора. В то же время ИВК, например, с сенсором высокого разрешения, может иметь минимальную размерность выходных данных.

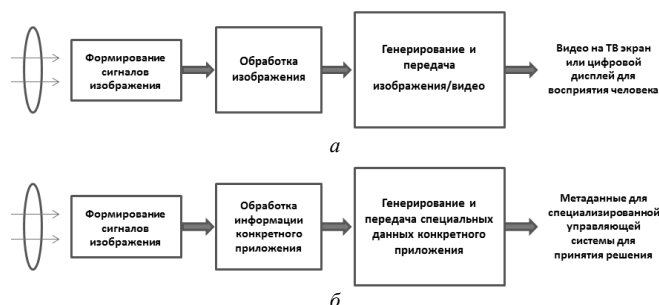


Рис. 1. Разница между камерами: а – обычной; б – интеллектуальной

Преимущества интеллектуальных видеочасть

Рассматривать преимущества интеллектуальных видеочасть путем простого сопоставления их с обычными камерами, например предназначенными для замкнутых систем ТВ-наблюдения, некорректно по той причине, что они ориентированы на получение как можно более качественных изображений. Оценить преимущества интеллектуальных видеочасть можно путем сравнения решений на основе обычных видеочасть и на основе ИВК. Например, задача распознавания номеров автомобиля в системе контроля автомобильного движения с использова-

нием обычной видеочасть выполняется так: качественное изображение автомобиля фиксируется на определенном участке дороги и передается то ли по кабелю, то ли по радиоканалу в головной компьютер системы слежения для распознавания.

В техническом решении этой же задачи на основе интеллектуальной видеочасть сразу же видны очевидные преимущества ИВК в сравнении с обычными видеочасть.

- ИВК выполняет обработку изображений там, где получено изображение, и там, где качество сигнала наилучшее. Это позволяет исключить ухудшение качества сигнала за счет неоднократных аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразований, сжатия информации и ошибок в каналах передачи данных.

- ИВК используют быстродействующие узлы обработки на основе сигнальных процессоров или программных логических интегральных схем (ПЛИС), ориентированных на выполнение задач с интенсивными потоками данных, характерных для обработки изображений. ПЛИС позволяют максимально распараллелить процессы обработки и обеспечить режим реального времени в задачах слежения и распознавания. Вычислительные системы на основе универсальных узлов обработки обычно не ориентированы на такую обработку.

- ИВК упрощают процесс активного восприятия или активного зрения [18]. Для таких систем быстрая обратная связь между узлами восприятия и обработки позволяет оперативно выполнить быстрый обмен, где процессы более высокого уровня управляют задачами восприятия. Такая обратная связь имеет место на различных уровнях, начиная от установки аналогового порога и динамической конфигурации видеосенсора на нижнем уровне до выбора области интереса на более высоком уровне. Это подразумевает такую «приватную связь» между сенсорами и узлами обработки, которая невозможна с таким набором классических шин, как *Firewire*, *USB*, *Ethernet* и др. В данном случае видеосенсор и узел захвата изображения могут активно управляться с целью получения более качественного изображения. Активное во-

сприятие позволяет чаще использовать механизм внимания в задачах обнаружения и слежения, а также предоставляет больше автономности и гибкости в получении изображения, делая этот процесс управляемым.

- ИВК – автономная система, и поэтому нет необходимости в многочисленных вмешательствах однажды откалиброванной камеры.

- Благодаря своей автономности, ИВК может существенным образом снизить затраты на разработку, развертывание и содержание такой интеллектуальной системы, как, например, система контроля движения.

- Выполняя обработку изображений на месте их получения, ИВК может существенным образом сократить объем данных, передаваемый на более высокий уровень системы контроля дорожного движения, и соответственно снизить требования по пропускной способности на выходе ИВК.

- Благодаря компактности, упрощается процесс развертывания сети интеллектуальных видеокамер в реальных условиях. В некоторых случаях габаритные размеры ИВК – решающий фактор при принятии решения о применении систем машинного зрения.

- ИВК за счет высокого уровня интеграции, меньшего объема преобразований и передачи данных обеспечивают достаточно высокую надежность и имеют невысокую стоимость.

- Благодаря встроенным микропроцессорам и автономным процессам, ИВК особенно удобны для организации интеллектуальных сетей и приложений, использующих распределенные системы машинного зрения. Распределенная обработка, применяемая в ИВК, имеет огромные преимущества в сравнении с централизованной обрабатывающей системой за счет исключения передачи огромных объемов данных между узлами системы, что в некоторой степени и сказалось на усилении интереса к распределенным сетям интеллектуальных видеокамер [19].

- Во многих случаях технические решения на основе ИВК могут дать существенную экономию средств в сравнении с решениями на основе обычных компьютеров или сложных компьютерных систем.

Однако при наличии такого количества достоинств, интеллектуальные видеокамеры в некоторых случаях уступают обычным общецелевым вычислительным системам, а именно:

- несмотря на растущую популярность и технический прогресс, решения на основе ИВК остаются все еще достаточно сложными, за исключением разве что машинного зрения в некоторых отраслях промышленности;

- из-за того что обычные видеокамеры и универсальные компьютеры являются стандартным оборудованием, то все еще легче и быстрее реализовать несложные решения на их основе, чем использовать для этих целей ИВК;

- решения на основе универсальных компьютеров и стандартных видеокамер предлагают больше гибкости, нежели интеллектуальные видеокамеры, которые есть узкоспециализированным оборудованием, ориентированным на определенный класс задач;

- ИВК обычно используют ограниченный пользовательский интерфейс.

Классификация интеллектуальных видеокамер

С момента появления интеллектуальных видеокамер предлагались различные варианты их классификации. Самым простым из них может быть функциональность или применение. Очевидное преимущество такого метода классификации состоит в том, что предоставляется простое и ясное отображение того, где может быть использована интеллектуальная видеокамера. Однако такой подход не предоставляет никакой информации о том, каким образом построена камера и какой тип архитектуры лежит в основе данной встроенной системы. В то же время уже многие камеры имеют и, естественно, будут иметь возможность перепрограммировать свою структуру под определенное применение [14]. Следовательно, и метод классификации по такому признаку, как область внедрения, не отражает реального состояния вопроса.

В работе [20] ИВК разделяют на три категории, а именно: искусственные сетчатки, системы на основе вычислительной системы и одиночно стоящие ИВК. Такая классификация со-

вершенно не отражает состояние дел после появления распределенных сетей на основе ИВК.

Аналогично и в статье [21] вводится различие между *отдельно стоящей ИВК*, *не стоящей отдельно ИВК* и *сетевой ИВК*. Многочисленные проекты распределенных сетей на основе ИВК (системы контроля движения), успешно реализованные, не дают оснований принять такой вариант классификации ИВК. И происходит это по той причине, что авторы упомянутых вариантов намереваются провести классификацию ИВК в рамках одного измерения. Более удачный вариант предложен в работе [7], где классификация проводится в двух измерениях, а именно: одно направление рассматривает конфигурируемые системы – программируемые системы, а другое – встроенные системы – системы на основе компьютера. Но и этот вариант не лишен недостатков, он не учитывает все особенности обработки изображений как во времени, так и в пространстве и лучше подходит для классификации сетевых видеокамер.

В течение последних десятилетий в областях науки и техники, которые непосредственно влияют на будущее интеллектуальных видеокамер (оптика, видеосенсоры, встроенные цифровые системы, принципы построения сетей, кодирование, передача данных и пр.) произошел настоящий прорыв. Это привело к тому, что концепция ИВК существенно эволюционировала от простых устройств до современных сложных зрительных систем. В результате этого наблюдается устойчивая тенденция к трансформации интеллектуальных видеокамер в *интеллектуальные глаза* или компьютеры, которые видят [22].

В статье [14] главный редактор интернет-издания «*Vision Systems Design*» Эндрю Вильсон отмечает, что разработчики интеллектуальных камер (*Matrox Imaging, National Instruments, Cognex, Microscan, PPT Vision* и др.) все чаще стремятся предоставить своим потребителям не только программное обеспечение для обработки изображений, но и ряд необходимых опций, позволяющих программировать эти камеры.

По мере расширения возможностей интеллектуальных камер как отдельно взятого устройства, все более конкретизируется ее структура, которая может быть описана на основе возможностей платформы, а именно: видеосенсор, устройство обработки, узел коммутации и источник питания.

Видеосенсор. Это ключевой узел всего процесса обработки изображений, который непосредственно обеспечивает формирование изображения сцены внимания. Основными характеристиками сенсора есть:

- разрешение – характеристика сенсора, показывающая количество пикселей в изображении (по горизонтали и вертикали);
- размер пикселя – физический размер пикселя (мкм);
- частота кадров – количество кадров, фиксируемых за единицу времени, (*fps*, кадр/с);
- динамический диапазон – соотношение наибольшего значения ненасыщенного фототока к наименьшему определяемому значению фототока в пикселе (дб.).

Устройство обработки. В качестве процессора для выполнения алгоритмов ИВК рассматриваются четыре различных варианта реализации, а именно:

- интегральная схема, специализированная для решения конкретной задачи (*ASIC*, аббревиатура от англ. *Application specific integrated circuit*). В отличие от интегральных схем общего назначения, специализированные интегральные схемы применяются в конкретном устройстве и выполняют строго ограниченные функции, характерные только данному устройству. С учетом этого выполнение функций происходит быстрее и, в конечном счете, дешевле. Микросхема *ASIC* имеет узкий круг применения, обусловленный жестко предопределенным набором ее функций. Современные *ASIC* часто содержат полноценный 32-битный процессор и блоки памяти (как ПЗУ, так и ОЗУ) и другие крупные блоки. Такие микросхемы *ASIC* часто называют системами на кристалле (*SoC*, аббревиатура от англ. *System-on-a-Chip*) [23];
- процессоры общего назначения (*GPP*) [1];

- цифровые сигнальные процессоры (*DSP*) [8];
- программируемые пользователем вентильные матрицы (ППВМ или *FPGA*) [24]. Это полупроводниковое устройство, которое может быть сконфигурировано и содержать блоки умножения–суммирования, широко применяемые при обработке сигналов, а также логические элементы (как правило, на базе таблиц перекодировки – таблиц истинности) и их блоки коммутации. *FPGA* обычно используются для обработки сигналов, имеют больше логических элементов и более гибкую архитектуру, чем *CPLD* (*CPLD* аббревиатура от англ. *Complex programmable logic device* – сложные программируемые логические устройства). Программа для *FPGA* хранится в распределенной памяти, которая может быть выполнена как на основе энергозависимых ячеек статического ОЗУ (подобные микросхемы производят, например, фирмы *Xilinx* и *Altera*), так и на основе энергонезависимых ячеек *Flash*-памяти или перемычек (такие микросхемы производит фирма *Actel* и *Lattice Semiconductor*). В первом случае программа не сохраняется при исчезновении электропитания микросхемы, и при каждом включении питания микросхемы необходимо заново конфигурировать ее при помощи начального загрузчика, который может быть встроен и в саму *FPGA*. Во втором случае программа сохраняется при исчезновении электропитания. Альтернатива ПЛИС (*FPGA*) – более медленные цифровые процессоры обработки сигналов.

Узел коммутации. Подключение ИВК к другим устройствам может быть организовано как через проводной, так и беспроводной интерфейс. По пропускной способности узел коммутации может быть разделен на интерфейсы:

- низкой пропускной способности (до нескольких сотен кбит/сек), например, *ZigBee*;
- средней пропускной способности (до нескольких Мбит/сек), например, *Bluetooth*;
- высокой пропускной способности (от десятков до сотен Мбит/сек), например, *WLAN*, *Gigabit LAN*).

Источник питания. Потребление энергии – очень важная характеристика ИВК. Имеют ме-

сто два варианта питания камеры – от сети электроснабжения и от батареи.

Приведенная классификация (табл. 2) дает представление о структуре и возможностях интеллектуальной видеокамеры, если она рассматривается как отдельно взятое устройство. Но следует заметить, что постоянно растущий интерес к устройствам такого типа вызван, прежде всего, огромными преимуществами при их использовании в децентрализованных распределенных сетях. ИВК в качестве элементов нижнего уровня все больше находят применение в таких масштабных проектах, как транспортные интеллектуальные системы (*Transport Intelligent Systems*) в США, Японии, Южной Корее, становятся неотъемлемой частью всепроникающей информатизации (*pervasive computing*) и окружающей нас интеллектуальной среды (*Ambient Intelligence, AmI*).

Т а б л и ц а 2. Классификация интеллектуальных видеокамер

Характеристики платформы			
Видео-сенсор	Узел обработки	Узел коммутации (интерфейс)	Источник питания
КМОП	– Интегральная схема, специализированная для решения конкретной задачи (<i>ASIC</i>); – Процессоры общего назначения (<i>GPP</i>); – Цифровые сигнальные процессоры (<i>DSP</i>); – Программируемые пользователем вентильные матрицы (ППВМ или <i>FPGA</i>); – Гибридный, состоящий из комбинации вышеперечисленных узлов обработки	– Интерфейсы на основе сетевых проводных стандартов: • <i>Ethernet</i> , Мбит/с; • <i>FastEthernet</i> , 100 Мбит/с; • <i>Gigabit Ethernet</i> , 1 Гбит/с; • <i>Ethernet 10G</i> , 10 Гбит/с; • <i>Camera Link</i> ; • <i>USB2.0/3.0</i> ; • <i>IEEE 1394</i> ; • другие;	Сеть электропитания
		– Интерфейсы на основе сетевых беспроводных стандартов: • 802.11 (<i>WiFi</i>); • <i>Bluetooth</i> ; • <i>UWB (Ultra Wide Band)</i> ; • <i>Wireless USB</i> ; • <i>IR Wireless</i> ; • <i>ZigBee</i> ; • другие	
ПЗС			Батареи

Ключевыми характеристиками и преимуществами ИВК есть их высокая степень интеграции и интеллект. Есть надежда, что в ближай-

шем будущем повышение производительности в комплексе с возможностью функционального перепрограммирования помогут достичь уровня гибкости систем на основе универсальных вычислительных систем, что позволит им играть значительную роль во всепроникающей информатизации общества. Уже сегодня заметно, что ИВК занимают достойное место в решении сетевых задач.

Ожидаемое направление для интеллектуальных видеокамер определяется существенным увеличением их вычислительной мощности, системной автономности и сдвигу к самоорганизующимся системам, что позволит упростить развертывание сетей на основе ИВК.

Заключение. Проведен анализ состояния интеллектуальных видеокамер, представляющих перспективное направление в области обработки изображений. Рассмотрены особенности ИВК, их преимущества, недостатки и отличия от обычных видеокамер. Сформулированы особенности применения таких понятий, как видеосенсор, интеллектуальный видеосенсор и интеллектуальная видеокамера, проведена классификация интеллектуальных видеокамер и определены перспективы развития ИВК.

1. Wolf W., Ozer B., Lu N. Smart Cameras Embedded Systems // IEEE Comp. – Sept. 2002. – N 35(9). – P. 48–53.
2. Shi Y., Real F.D. Smart Cameras: Fundamentals and Classification // Smart Cameras. – Springer, 2010. – 404 p.
3. Levis I. Smart Cameras: Terms and Trends. – http://www.rmassa.com/specsheets/Smart_Cameras_Terms_and_Trends.pdf
4. Kolsch M., Kisanin B. Embedded computer vision and smart cameras / Tutorial given on Embedded Syst. Conf., Silicon Valley, 2007. – 22 p.
5. AIA Annual Machine Vision Market Study. – Ann Arbor MI, USA, 2008. – <http://www.visiononline.org/>
6. European Vision Technology Market Statistics // European Machine Vision Association, 2008. – Frankfurt/Main, Germany, 2008. – <http://www.emva.org/>
7. Kohn B., Binder R. Market Demands and Analysis // Smart Cameras. – Springer, 2010. – 404 p.
8. Real-Time Video Analysis on an Embedded Smart Camera for Traffic Surveillance / M. Bramberger, J. Brunner, B. Rinner et al. // Proc. of the 10th IEEE Real-

- Time and Embedded Technology and Applications Symp., May 2004. – P. 174–181.
9. Ni Y., Guan J.H. A 256x256-pixel Smart CMOS Image Sensor for Line based Stereo Vision Appl. // IEEE, J. of Solid State Circuits, Jul. 2000. – 35. – N 7. – P. 1055–1061.
10. Litwiller D. CCD vs. CMOS: Facts and fiction // Photonics Spectra. – Laurin Publ., Pittsfield, MA. Jan. 2001. – P. 154–158.
11. Abbas El Gamal, Helmy Eltoukhy. CMOS Image Sensors // IEEE Circuits & Device Magazine, May/June 2005. – N 21. – P. 7–20.
12. A CMOS image sensor for high speed imaging / N. Stefanovic, M. Hillebrand, B. Hostica et al. // ISSCC Digest of Techn. Papers, Febr. 2000. – 43. – P. 104–105.
13. Najafi K. Smart Sensors // J. Micromechanics and Microengineering, 1991. – 1. – P. 86–102.
14. http://www.vision-systems.com/articles/print/volume-15/issue-5/Features/Smart_Systems_and_Software.html
15. Real F., Berry F. Smart Cameras: Technologies and Applications // Smart Cameras. – Springer, 2010. – 404 p.
16. Abbas El Gamal. Trends in CMOS image sensor technology and design // Digest of IEEE Inter. Electron Devices Meeting, Dec. 2002. – P. 805–808.
17. Dargie W., Poellabauer C. Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice. – John Wiley & Sons Ltd., 2010. – 311 p.
18. Chalimbaud P., Berry F. Embedded Active Vision System Based on FPGA Architecture // EURASIP J. on Emb. Syst. – 2007. – 12 p.
19. Rinner B., Wolf W. A Bright Future for Distributed Smart Cameras // Proc. of the IEEE, Oct. 2008. – 96(10). – P. 1562–1564.
20. Mosqueron R., Dubois J., Paindavoine M. High-Speed Smart Camera with High Resolution // EURASIP J. on Emb. Syst. – 2007. – 16 p.
21. Shi Y., Lichman S. Smart Cameras: A Review // CCTV Focus. – 2006. – N 36. – P. 34–43; N 37. – P. 38–45.
22. Belbachir A.N. Future Directions of Smart Cameras // Smart Cameras. – Springer, 2010. – 404 p.
23. Moorhead T.W.J., Binnie T.D. Smart CMOS Camera for Machine Vision Applications // Proc. Of the IEEE Conf. on Image Processing and its Applications. – Manchester, UK, July 1999. – P. 865–869.
24. Hardware, Design and Implementation Issues on a FPGA-Based Smart Camera / F. Dias, F. Berry, J. Serrot et al. // Proc. of the 1st ACM/IEEE Int. Conf. on Distributed Smart Cameras ICDSC'07, Sept. 2007. – P. 20–26.

Поступила 20.07.2012
Тел. для справок: +38 044 526-3069 (Киев)
E-mail: golovinoleksandr@gmail.com
© А.Н. Головин, 2013