

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

O. Golovin

ABOUT SOME FEATURES OF WIRELESS SMART CAMERA NETWORK ORGANIZATION

Features of wireless smart camera network organization were analyzed and main differences of wireless smart camera networks from "traditional" sensor networks were defined.

Key words: network, smart camera, image processing, routing, protocol.

Проаналізовано особливості організації бездротових мереж інтелектуальних відеокамер і виділені їх основні відмінності від «традиційних» сенсорних мереж.

Ключові слова: мережа, інтелектуальна відеокамера, обробка зображень, маршрутизація, протокол.

Проанализированы особенности организации беспроводных сетей интеллектуальных видеокамер и выделены их основные отличия от «традиционных» сенсорных сетей.

Ключевые слова: сеть, интеллектуальная видеокамера, обработка изображений, маршрутизация, протокол.

© А.Н. Головин, 2013

УДК 004.932

А.Н. ГОЛОВИН

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ОРГАНИЗАЦИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ВИДЕОКАМЕР

Введение. Беспроводные сенсорные сети, как перспективная область научных исследований, в настоящее время привлекают пристальное внимание благодаря успехам в развитии микроэлектроники, встроенных вычислительных устройств, средств коммуникации. Большая часть разработок в этом направлении сконцентрирована, в основном, на сетях, основу которых составляют сенсорные узлы, собирающие информацию об окружающей обстановке в виде скалярных данных (температура, давление, вибрация и прочее). Сенсоры подобного типа генерируют данные с низким уровнем информативности и этого недостаточно, например, для таких практических приложений, как автоматизированное наблюдение или контроль дорожного движения, даже при увеличении плотности их размещения. Воплощение в реальность подобных решений стала возможной с появлением перспективных видеосенсоров, которые дали толчок развитию беспроводных визуальных сетей.

Такие сети собирают видеоданные с распределенных сенсорных узлов видеокамер, выделяют «полезную» информацию, обрабатывают совместными ресурсами и транслируют ее как внутри сети, так и в головной ПК. Их реализация становится возможной при условии повышения уровня «интеллекта» всей сети и каждого сенсорного узла в отдельности и достигается за счет использования интеллектуальной видеокамеры (ИВК) в качестве сетевого узла [1].

Цель проведенных исследований заключается в определении отличительных особенностей организации беспроводных сенсорных сетей, использующих в качестве средства получения информации видеосенсоры и интеллектуальные видеокамеры.

Основная часть. Увеличение числа видеокамер стимулирует развертывание сетей ИВК, потому что совместная обработка данных о сцене узлами сети дает возможность не только параллельно выполнять вычисления и сопоставлять результаты, но и принимать более «интеллектуальные» решения.

Идея объединения видеокамер с мощными вычислительными возможностями и подключение их через радиоканалы позволяет обрабатывать изображения в реальном масштабе времени с применением распределенного «интеллекта», что стимулирует модернизацию существующих систем машинного зрения и реализацию совершенно новых и более сложных проектов [2]. Согласно [3] будущее информационных технологий будет, в основном, базироваться на беспроводной передаче информации.

Совместное использование интеллектуальных видеокамер и беспроводных технологий позволяют решать две ключевые задачи: первая – состоит в быстром развертывании сетей для специальной конкретной цели (*ad hoc*) в динамично меняющейся обстановке с минимальными материальными затратами, вторая – в получении надежной, объективной и своевременной информации об обстановке в зоне действия сети [4].

Однако между «традиционными» беспроводными сенсорными сетями и сетями с ИВК наблюдается много существенных отличий. Одно из главных отличий обусловлено природой способа восприятия сенсорами информации об окружающем пространстве. Если большинство обычных сенсоров поставляет информацию в виде одномерных сигналов, то видеосенсоры формируют данные в виде двумерного массива. Соответственно, увеличение размерности данных приводит не только к получению более содержательной информации, но и к значительному усложнению процесса их обработки и анализа. К тому же, модель восприятия камеры существенно отличается от модели восприятия любого другого сенсора. Если обычный сенсор собирает необходимые данные в непосредственной близости от себя в пределах своего радиуса действия, то камера характеризуется направленной моделью восприятия. Камера получает изображение объекта или сцены внимания, которые не только дистанционно удалены от нее, но и находятся в конкретно заданном направлении. Если узел сети с обычным сенсором имеет двумерный диапазон восприятия, то в случае с видеокамерой – объемный, называемый полем зрения или угловым пространством.

Упомянутые отличия видеосенсоров, а тем более интеллектуальных видеокамер, от обычных сенсоров, а также задачи, на которые ориентировано применение сетей ИВК, и то, каким образом они решаются, свидетельствуют, что такие сети по многим параметрам можно считать уникальными и более сложными по сравнению с другими типами беспроводных сенсорных сетей. Особое положение и уникальность сетей ИВК определяются, прежде всего, набором требований, которым они должны соответствовать.

1. Ресурсы. Архитектура ИВК в общем виде аналогична архитектуре сетевого узла с видеосенсорами [1]. В состав такого узла входят блоки ввода изображений, обработки, коммутации и источник питания (рис. 1), определяющий продолжительность бесперебойной работы узла сети ИВК [5]. В зависимости от конкретной сетевой задачи его структура может быть дополнена системами определения местонахождения и перемещения узла. Известно, что для беспроводных технологий продление срока бесперебойной работы источника питания – задача номер один. В идеале ИВК должна работать от батарей в течение периода времени, который ограничивается потреблением энергии, необходимой для восприятия сцены внимания, обработки изображений и передачи данных. Потребление энергии блоком ввода изображений зависит от конкретного приложения, а также типа видеосенсора и его разрешающей способности. А вот обработка изображений и передача данных – самые энергоемкие операции в узле сети. Соотношение энергопотребления блоков обработки и коммутации таково, что «на передачу 1 Кбайт на расстояние 100 м необходимо примерно столько энергии, сколько на выполнение 3 миллионов команд процессором производительностью 100 MIPS!» [5]. По этой причине акцент в снижении энергопотребления узла беспроводной сети должен смещаться в сторону снижения объемов информации, подлежащих передаче по каналам обмена. Это свидетельствует о том, что целесообразнее инвестировать усилия в организацию вычислительного процесса в узлах сети ИВК и передавать информацию в головной ПК или другим узлам только о выявленных событиях или результаты анализа событий в сцене.

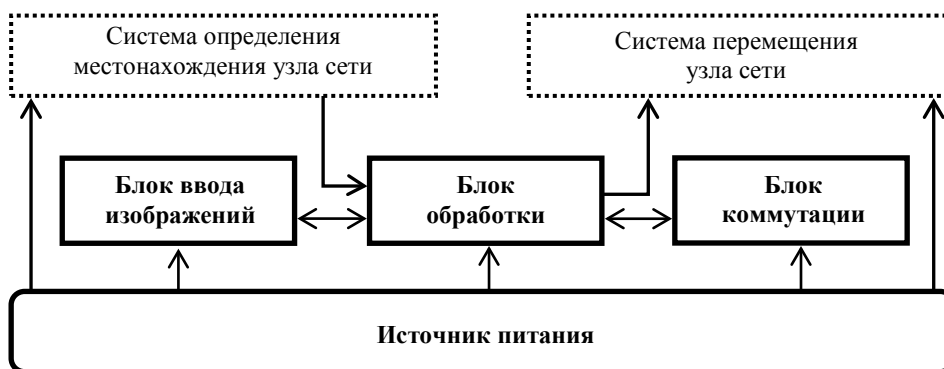


РИС. 1. Блок-схема узла сети ИВК

Сетевые ИВК должны совместно контролировать зону интереса и поэтому их коммуникационные возможности играют едва ли не первостепенную роль в функционировании сети, обеспечивая: необходимый уровень покрытия зон интереса и связности узлов сети в условиях минимизации энергопотребления; скоординированную совместную работу узлов сети по выполнению распределенных алгоритмов обработки видеоинформации; способность сети к самоорганизации и перераспределению вычислительных ресурсов в условиях возможных

отказов отдельных узлов сети; эффективную работу протоколов обмена данными; соответствующий требованиям конкретного приложения уровень качества сервиса, определяющийся полосой пропускания и задержкой при передаче пакетов данных и потерей пакетов [6]; безопасность и надежность передачи пакетной информации и прочее.

Для обработки и анализа больших объемов данных, генерируемых сетью ИВК, нужны высокопроизводительные вычислительные средства и каналы передачи данных с высокой пропускной способностью. В сети ИВК именно эти ресурсы являются наиболее критичными с точки зрения энергопотребления. И никакой другой тип сетей не накладывает такие жесткие требования на потребление энергии и пропускную способность каналов обмена данными как сети, имеющие в своем составе ИВК.

2. Покрывтие и связность узлов сети. Это две самые важные проблемы в беспроводных сенсорных сетях [7].

- *Покрывтие.* Каждый сенсор имеет свой определенный радиус действия, в пределах которого он может выполнять свои функции. Цель обеспечения и сохранения покрывтия состоит в том, чтобы каждая точка физического пространства, подлежащего мониторингу, пребывала в пределах зоны действия минимум одного сенсора в течение всего времени решения сетевой задачи. Таким образом, покрывтие, как одна из мер качества сервиса в сети, определяет, насколько хорошо сенсоры «видят» физическое пространство, где они размещены. Различают два способа размещения сенсоров: детерминистский и стохастический. Первый способ состоит в размещении сенсоров в заранее точно определенных и доступных местах. Второй – предполагает случайное размещение сенсоров и наблюдается, как правило, в условиях недоступности и неопределенности точных мест расположения. Вполне естественно, что из-за направленного действия, для размещения видеокамер, в основном, используется детерминистский способ.

- *Связность узлов сети.* Решение сетевой задачи, на которую ориентирована беспроводная сенсорная сеть, предполагает сбор данных узлами сети, их обработку и взаимный обмен в соответствии с требованиями алгоритмов. Поэтому очень часто сенсорам необходимо объединяться в связанные ad-hoc сети, связь между узлами которых осуществляется посредством беспроводных передатчиков, имеющих ограниченный радиус действия. И если полнота информации о ситуации в сцене обусловлена покрывтием, то именно связность узлов сети обеспечивает эффективную пересылку данных в пределах беспроводной сети. Обеспечить наличие постоянной связи между сетевыми узлами можно лишь при соблюдении обязательного условия – каждый активный узел сети должен постоянно находиться в радиусе передачи данных одного или нескольких других активных узлов. Только при таком условии все активные узлы сети могут сформировать связанную магистральную линию связи, которая в состоянии обеспечить от одного до нескольких маршрутов пересылки данных между узлами сети.

В отличие от «традиционных» сенсорных сетей, которые объединяют все-направленные сенсоры, фиксирующие данные в пределах зоны их действия, сети с видеокамерами оборудованы направленными сенсорами, которые вводят и

дополнительные сложности в вопрос их размещения. Применить алгоритмы оптимизации покрытия для «традиционных» сенсорных сетей в сетях ИВК можно лишь при введении ряда упрощений: линзы камер имеют одинаковое фиксированное фокусное расстояние, камеры установлены на одной плоскости и контролируют параллельную плоскость. При этом для обеспечения покрытия необходимо, чтобы поля зрения камер, контролирующих общую зону интереса, частично перекрывались, а сами камеры были предварительно взаимно откалиброваны. Примером такого сценария может служить контроль пола помещения камерами, установленными на потолке и направленными вниз (рис. 2). Только с такими упрощениями алгоритмы оптимизации покрытия, разработанные для «традиционных» беспроводных сетей, могут быть применены к сетям ИВК. Причина в том, что механизмы обеспечения покрытия «традиционных» сетей связаны с протоколами маршрутизации, так как покрытие и связность узлов – проблемы, оказывающие взаимное влияние [8]. А вот в сетях ИВК эти проблемы – полностью независимы одна от другой. Две камеры, покрывающие один и тот же участок области интереса, могут находиться на значительном расстоянии одна от другой и поле зрения каждой из этих камер непредсказуемо (рис. 2).

В работе [9] на примере протокола DARP (DAPR от англ. Distributed Activation based on Predetermined Routes, Распределенная активизация на основе предварительно определенных маршрутов), непосредственно разработанного для «традиционных» сенсорных сетей, показано, что для сетей с видеосенсорами, необходимы иные протоколы маршрутизации, нежели для «традиционных» сетей. Это обусловлено иным способом получения данных и необходимостью контролировать большее число параметров, нежели в обычных сенсорах.

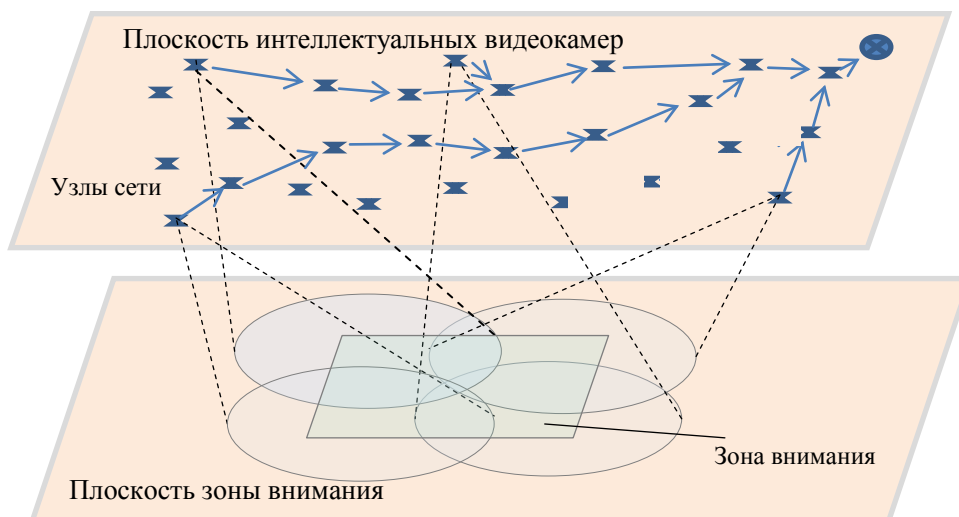


РИС. 2. Сеть ИВК и зона внимания

Беспроводные сети ИВК могут легко и быстро интегрироваться с существующими фиксированными инфраструктурами для улучшения и увеличения покрытия, а также быстрой перестройки существующих сетей. Отличительная характеристика беспроводных сетей ИВК – способность к самоконфигурации, что в первую очередь позволяет контролировать поле зрения видеокамеры и обеспечивать надежное покрытие объектов и областей интереса. В случае необходимости для достижения наилучшего покрытия камеры могут менять наклон, угол поворота и масштаб. При возрастании количества видеокамер в сети, обязательно возникает ситуация, требующая скоординированных действий. С одной стороны, поля зрения видеокамер должны перекрываться в такой степени, чтобы постоянно «видеть» всю область интереса и, с другой стороны, не дублировать мониторинг области интереса несколькими видеокамерами сети, тем самым неэффективно загружая ресурсы системы. А так как количество видеокамер в сети возрастает, то и полагаться в решении задачи покрытия области интереса эффективнее не на оператора, а на совместную и согласованную работу интеллектуальных видеокамер.

3. Локальная обработка. Выполнение отдельных алгоритмов обработки изображений непосредственно в местах их получения позволяет решать несколько задач: обработать изображение там, где его качество наивысшее; существенно снизить нагрузку на каналы передачи данных, снизить объем памяти, необходимый для хранения промежуточных данных. Локальная обработка может включать как простые алгоритмы (например, фильтрация, вычитание заднего фона или обнаружение контуров для последующего обнаружения движения или объектов), так и более сложные (например, выделение признаков, классификация объектов). Для обработки информации узлы сети могут предоставлять «интеллект» различного уровня в зависимости от уровня сложности задач. Следует заметить, что в сетях ИВК имеет место определенная зависимость уровня сложности этапов обработки изображений (от простой фиксации событий в сцене до генерирования описания событий, происходящих в сцене и принятия решений), требований к пропускной способности каналов передачи данных сети и уровня интеллекта, необходимого для решения сетевой задачи (рис. 3). На примере интеллектуальной системы видеонаблюдения локальная обработка, улучшающая изображение для восприятия (фильтрация), сводится к реализации алгоритмов на уровне пикселей и, как правило, выполняется в одном узле сети. Более сложные задачи, например, обнаружение, сопровождение и выделение характеристик объекта внимания относятся к среднему уровню сложности обработки и требуют соответственно более сложных алгоритмов для реализации в одном или нескольких узлах сети. А вот задачи распределенного мышления, относящиеся к наивысшему уровню сложности обработки, требуют применения уже высокоуровневых распределенных алгоритмов. На этом уровне обработки выполняются взаимный обмен данными и сравнение информации, полученной в различных узлах сети, а также принимается окончательное решение относительно события, происходящего в сцене. Анализ задач на каждом из приведенных этапов обработки показывает, что, с одной стороны, с увеличением уровня

сложности решаемой задачи возрастает потребность в «интеллекте» ИВК более высокого уровня, а с другой – с повышением уровня сложности задачи снижаются требования к пропускной способности канала обмена данными.

Конвергенция достижений в микроэлектронике, оптике, организации сетевых протоколов и прочее предоставила возможность использовать в качестве сетевых узлов ИВК, наделенные способностью фиксировать изображения, обрабатывать их и принимать соответствующие решения, перейти к выполнению сетевых задач более сложного уровня и реализовывать новую тенденцию в развитии беспроводных сетей «одно развертывание сети – множество реализованных приложений». К примеру, большая сеть видеонаблюдения, физически развернутая на большой территории, в идеале может решать множество сетевых задач, предоставляя многими пользователями различного типа услуги. И в таком случае, для извлечения информации из различных изображений, узел сети должен быть в состоянии реализовывать и различные алгоритмы. Если алгоритм эффективный для распознавания движущихся автомобилей, то это еще не значит, что он обязательно будет эффективным для распознавания лиц. К тому же, не всегда рационально держать в памяти узла сети, имеющего ограниченные ресурсы, весь возможный набор алгоритмов. В этом случае единственное решение проблемы – использование специальных программных модулей или мобильных агентов, которые делегируются приемником данных (стоком) сети в область интереса [10]. В одном случае мобильные агенты собирают и группируют данные, используя специальные алгоритмы обработки изображений и отправляют полученные результаты назад в приемник данных сети, а в другом – мобильные агенты мигрируют между узлами сети для выполнения в конкретном сетевом узле конкретного алгоритма. При такой организации вычислений, количество данных, отправляемых узлом сети и общий поток данных в самой сети может быть существенно сокращен [11].

4. Информация о точном местоположении и ориентации. Для большинства алгоритмов обработки информации в сетях с видеокамерами необходимы данные о местонахождении и направленности видеокамер. Оснащение узлов сети GPS навигацией (глобальная система навигации, от англ. Global Positioning System) не решает полностью данную проблему, так как не позволяет получить сведения об ориентации видеокамер. Получение таких данных обычно достигается через процесс калибровки видеокамер, который сводится к определению характерных точек, которые «видит» камера. Однако направленность видеокамер может изменяться со временем под влиянием таких внешних факторов, как осадки, ветер, всевозможные вибрации и прочее [12]. По этой причине процесс развертывания узлов беспроводных сетей видеокамер и отсутствие последующего постоянного технического обслуживания с корректировкой направленности камер требует автономных алгоритмов калибровки камер. В идеале видеокамеры должны обладать возможностью самостоятельного выполнения такой процедуры. Она сводится к определению группы видеокамер, фиксирующих изображения одних и тех же точек сцены внимания, и установлению соответствия между выбранными характерными точками изображений с разных камер.

Определение соответствия между камерами сети требует дополнительных затрат энергии и увеличивает нагрузку на каналы обмена между узлами сети. По этой причине алгоритмы калибровки должны быть максимально облегченными, использовать максимально простые процедуры обработки и быть легко реализуемыми на аппаратных платформах существующих узлов видеокамер. Кроме того, очень важно, чтобы методы калибровки видеокамер были устойчивыми к динамическим изменениям сети, т. е. процесс калибровки видеокамер должен быть работоспособен как в случае появления дополнительных камер в сети, так и при выходе видеокамер из сети. При выборе методов калибровка видеокамер необходимо соблюдать баланс между энергопотреблением и нагрузкой на каналы передачи данных, с одной стороны, и точностью определения параметров калибровки, с другой стороны.

5. Автономность узлов сети ИВК. Сети видеокамер рассматриваются, прежде всего, как распределенные и автономные системы, где сетевые задачи решаются совместно всеми или только лишь несколькими узлами сети. Изначально пользователь накладывает множество ограничений как на топологию сети (количество камер, их расположение и направленность), так и на типологию событий (аномальные явления, автомобили, люди и др.), подлежащих обнаружению, идентификации и мониторингу во времени. При этом растущее число видеокамер в сетях требует интеллектуальной инфраструктуры, способной обеспечивать скоординированную совместную обработку изображений, выполнение локальной обработки изображений, извлечение необходимой информации с помощью пространственно рассредоточенных узлов сети, трансляцию или предоставление информации по запросу от других сетевых узлов и прочее.

Система, наделенная определенным уровнем распределенного интеллекта, должна обеспечивать не только высокий уровень обработки видеoinформации, но и быть в состоянии хорошо адаптироваться как к внутренним условиям (сгенерированных системой из-за сбоев в программной или аппаратной части сети), так и внешним ограничениям (например, изменение условий освещенности сцены внимания). И вполне естественно, что если интеллектуальная камера ориентирована на выполнение задач с минимальным вмешательством человека, то для сети, состоящей из большого количества интеллектуальных видеокамер, физически размещенных на большой площади, автономность является ключевой характеристикой. Такая система должна отвечать критериям автономных компьютерных систем [13], удерживать и приспосабливать свою работу под воздействием внутренних и внешних воздействий, нагрузок, запросов, а также под угрозой сбоев аппаратных и программных модулей и прочее. Иными словами такая система должна обеспечивать самостоятельное конфигурирование, самостоятельную оптимизацию, самовосстановление и условия безопасности.

6. Совместная работа узлов сети ИВК. Основное назначение сети ИВК не только сбор информации от сенсоров, рассредоточенных территориально, но и решение сетевых задач с использованием как самостоятельно полученных результатов, так и принятых от других узлов и головного ПК. А так как затраты на обработку данных существенно ниже, чем на передачу данных, то целесообразно

нее уменьшать объем данных, подлежащих передаче, смещая часть «интеллекта» как можно ближе к видеокамере. При этом в каждом конкретном случае необходимо решать вопрос «где и как выполнять обработку данных?». Ответ на первую часть вопроса подразумевает выполнение обработки данных на узлах одного уровня сети или на узлах сети различных уровней. Ответ на вторую часть вопроса подразумевает набор процедур над имеющимися данными (например, фильтрация, слияние и сжатие данных и др.). Для принятия такого решения, прежде всего, будет приниматься во внимание снижение нагрузки на каналы передачи данных.

- *Работа в реальном масштабе времени.* Выполнение требований режима реального времени для сети ИВК складывается из двух составляющих: первая – определяется характеристиками блока обработки и эффективностью алгоритмов обработки изображений отдельного взятого сетевого узла, а вторая – обусловлена архитектурой сети и процессами, происходящими в ней. С одной стороны, из-за жестких ограничений на потребление энергии многие сетевые узлы с камерами стремятся проектировать на основе процессоров, поддерживающих облегченные алгоритмы обработки [14]. А с другой – производительность всей сети ограничена возможностями беспроводных технологий и зависит от вариантов решения связанных с ними задач: обеспечение защиты транспортируемых данных, управление потоками данных, маршрутизация движения, покрытие зоны контроля и прочее. Например, экономия энергии за счет использования эффективного метода маршрутизации может существенно увеличить задержки в доставке пакетной информации от источника к приемнику.

- *Временная синхронизация.* Узлы как «традиционных» сенсорных сетей, так сетей с ИВК функционируют независимо. Однако последние требуют наличия единого для всех узлов сети механизма, определяющего моменты свершения событий. В противном случае могут возникнуть трудности с интегрированием или интерпретацией данных, полученных в различных сетевых узлах. Информации о событиях, происходящих в сцене, может стать совершенно бесполезной без данных, свидетельствующих о времени съемки. Для решения задач обработки с использованием нескольких камер очень важен момент фиксации события или объекта в сцене и как результат – такие задачи (например, положение объекта или его состояние) нуждаются в получении изображений, синхронизированных во времени. Как правило, для обеспечения временной синхронизации видеокамер в сети применяются те же протоколы временной синхронизации, что и для «традиционных» беспроводных сенсорных сетей [15].

7. Организация каналов обмена данными. Если для «традиционных» сенсорных сетей протоколы передачи данных, в основном, нацелены на обеспечение эффективной с точки зрения потребления энергии коммутации при невысокой пропускной способности каналов обмена, то визуальные сенсорные сети должны функционировать в условиях обеспечения качества сервиса. Среди требований качества сервиса [6] самые важные – высокая надежность и небольшая задержка передачи данных.

• *Надежность передачи данных* – проблема более критична для сетей ИВК, где ценность информации существенно возрастает с переходом на более сложный этап сетевой задачи, чем для «традиционных» сетей. В обычных сенсорных сетях случайные потери данных компенсируются за счет размещения избыточного количества сенсоров и более частых считываний данных с них. Возможно, поэтому в основе большинства протоколов обмена, отличающихся высоким уровнем надежности, лежат два основных принципа: подтверждение приема данных и их повторная передача [16]. Для сетей ИВК с взрывным и насыщенным трафиком такой подход к организации механизма, который обеспечивал бы надежную передачу данных по ненадежным каналам передачи внутри сети, – хотя и возможный, но не решающий все проблемы. Например, событие, зафиксированное видеокамерой, может инициировать внезапный ввод в сеть больших объемов информации из многих источников. В свою очередь, каждая ИВК сети генерирует свой объем данных, что может вызвать появление очередей («пробок») в промежуточных узлах передачи данных и, как результат, увеличение задержек и потерю данных при передаче данных. Этот факт свидетельствует, что контроль «пробок» – важная задача для обеспечения надежности в визуальных сенсорных сетях и часто используемые в «традиционных» сетях протоколы не справляются с проблемами, присущими сетям ИВК. Например, общепризнанный для обычных сетей протокол TCP не в состоянии различать потери данных, вызванные «пробками» в сети и низкой пропускной способностью беспроводного канала обмена. Контроль «пробок» в беспроводных сетях с небольшой нагрузкой и слабым трафиком – не проблема. В беспроводных сенсорных сетях ограниченные возможности транспортных уровней сетевых протоколов не позволяют контролировать «пробки» или спонтанные появления больших очередей в промежуточных узлах передачи данных в сети ИВК.

• *Задержки передачи данных.* Общее требование для основной массы практических приложений визуальных сенсорных сетей – доставка данных в реальном масштабе времени. Задержки данных возникают на всех этапах функционирования сетей. Связано это с асинхронным взаимодействием различных уровней протоколов обмена данными и поэтому для устранения или снижения таких задержек очень важно соответствующее проектирование всех коммутационных уровней сетевых протоколов. Растущая потребность в приложениях, чувствительных к задержкам на передачу данных, вызвала появление эффективных с точки зрения экономии потребляемой энергии MAC протоколов: SMAC, DSMAC, DMAC и др. [17]. Главная идея этих протоколов – снизить задержки, вызванные переходами сенсорных узлов из одного режима работы в другой, и приспособить дежурные режимы узлов к трафику в сети.

Следует заметить, что режим совместной работы сетевых узлов способствует не только эффективной реализации алгоритмов обработки изображений, но его применение целесообразно для организации обмена между узлами сети ИВК (особенно камерами с перекрывающимися полями зрения). В действующих протоколах обмена узлы видеокамер в большей степени конкурируют за доступ к сетевым ресурсам, чем за совместное использование имеющихся ресурсов, ко-

торое снижает перемещение избыточной информации в сети и эффективно распределяет имеющиеся ресурсы между сетевыми узлами.

Беспроводная сенсорная сеть предлагает множество маршрутов доставки пакетов данных от источника к потребителю, каждый из которых в разной степени оказывает влияние не только на уровень потребления энергии, но и на время доставки пакетных данных.

Выводы. Проведенные исследования подходов к организации беспроводных сетей и интеллектуальных видеокамер выделяют ряд признаков, указывающих на существенные отличия сетей с интеллектуальными видеокамерами от «традиционных» сенсорных сетей.

1. Головин А.Н. Интеллектуальные видеокамеры: состояние, определение и классификация // Управляющие системы и машины. – 2013. – № 3. – С. 46 – 53.
2. Smart video surveillance: exploring the concept of multiscale spatiotemporal tracking/ A. Hampapur, L. Brown, J. Connell et al // IEEE Signal Processing Mag., 2005. – 22(2). – P. 38 – 51.
3. The Presidential Information Technology Advisory Committee, Information Technology Research: Investing in Our Future, Washington, DC, 1999. – 80 p. – http://www.nitrd.gov/pitac/report/pitac_report.pdf
4. Kumar S., Shepherd D. SensIT: Sensor information technology for the warfighter // Proc. 4th Int. Conf. on Information Fusion, 2001. – P. TuC1-3 – TuC1-9.
5. Smart Camera Mote with High Performance Vision System. R.Kleihorst, D.Schueler, A.Danilin et al // ACM SenSys 2006 Workshop on Distributed Smart Cameras. – Boulder, CO, Oct. 2006.
6. <http://ru.wikipedia.org/wiki/QoS>
7. A survey on coverage and connectivity issues in wireless sensor networks. C.Zhu, C. Zheng, L.Shu et al // Journal of Network and Computer Applications, – 2012. – 35(2). – P. 619 – 632.
8. Integrated coverage and connectivity configuration in wireless sensor networks. X.Wang, G. Xing, Y. Zhang et al // Proc. of the First International Conference on Embedded Networked Sensor Systems. – Los Angeles, CA. 2003. – P. 28 – 39.
9. Soro S., Heinzelman W. On the coverage problem in video-based wireless sensor networks // Proc. of the 2nd International Conference on Broadband Networks. – 2005. – P. 9 – 16.
10. Chen M., Gonzalez S., Leung V. Applications and design issues for mobile agents in wireless sensor networks // IEEE Wireless Communications. – 2007. – 14(6). – P. 20 – 26.
11. Mobile agent-based directed diffusion in wireless sensor networks / M. Chen, T. Kwon, Y. Yusan et al // EURASIP Journal on Advances in Signal Processing. – 2007. – 13 p.
12. Devarajan D., Radke R., Chung H. Distributed metric calibration of ad hoc camera networks // ACM Transactions on Sensor Networks. – 2006. – 2(3). – P. 380 – 403.
13. Horn P. Autonomic Computing: IBM's perspective on the State of Information Technology. – <http://www.research.ibm.com/autonomic>
14. Lau F., Oto E., Aghajan H. Color-based multiple agent tracking for wireless image sensor networks // Proc. of the Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems. – 2006. – P. 299 – 310.
15. Romer K., Blum P., Meier L. Time synchronization and calibration in wireless sensor networks // Handbook of Sensor Networks: Algorithms and Architectures. – JohnWiley & Sons, New York, NY, USA, 2005. – 553 p.
16. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – СПб.: Питер, 2002. – 672 с.
17. Misra S., Reisslein M., Xue G. A survey of multimedia streaming in wireless sensor networks // IEEE Communications Surveys and Tutorials. – 2008. – 10. – P. 18 – 39.

Получено 23.04.2013