

# 1. ОПИСАНИЕ

Беспроводные сенсорные сети (wireless sensor networks) состоят из миниатюрных вычислительно-коммуникационных устройств — мотов (от англ. motes — пылинки), или сенсоров. Мот представляет собой плату размером обычно не более одного кубического дюйма. На плате размещаются процессор, память — флэш и оперативная, цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи, радиочастотный приемопередатчик, источник питания и датчики. Датчики могут быть самыми разнообразными; они подключаются через цифровые и аналоговые коннекторы. Чаще других используются датчики температуры, давления, влажности, освещенности, вибрации, реже — магнитоэлектрические, химические (например, измеряющие содержание CO, CO<sub>2</sub>), звуковые и некоторые другие. Набор применяемых датчиков зависит от функций, выполняемых беспроводными сенсорными сетями. Питание мота осуществляется от небольшой батареи. Моты используются только для сбора, первичной обработки и передачи сенсорных данных. Внешний вид мотов, выпускаемых различными производителями, приведен на рис. 1.



Рис.1.

Основная функциональная обработка данных, собираемых мотами, осуществляется на узле, или шлюзе, который представляет собой достаточно мощный компьютер. Но для того, чтобы обработать данные, их нужно сначала получить. Для этой цели узел обязательно оснащается антенной. Но в любом случае доступными для узла оказываются только моты, находящиеся достаточно близко от него; другими словами, узел не получает информацию непосредственно от каждого мота. Проблема получения сенсорной информации, собираемой мотами, решается следующим образом. Моты могут обмениваться между собой информацией с помощью приемопередатчиков, работающих в радиодиапазоне. Это, во-первых, сенсорная информация, считываемая с датчиков, а во-вторых, информация о состоянии устройств и результатах процесса передачи данных. Информация передается от одних мотов другим по цепочке, и в итоге ближайшие к шлюзу моты сбрасывают ему всю аккумулярованную информацию. Если часть мотов выходит из строя, работа сенсорной сети после реконфигурации должна продолжаться. Но в этом

случае, естественно, уменьшается число источников информации.

Для выполнения функций на каждый мот устанавливается специализированная операционная система. В настоящее время в большинстве беспроводных сенсорных сетей используется TinyOS — ОС, разработанная в Университете Беркли. TinyOS относится к программному обеспечению с открытым кодом; оно доступно по адресу: [www.tinyos.net](http://www.tinyos.net). TinyOS — это управляемая событиями операционная система реального времени, рассчитанная на работу в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. Эта ОС позволяет мотам автоматически устанавливать связи с соседями и формировать сенсорную сеть заданной топологии. Последний релиз TinyOS 2.0 появился в 2006 году.

Важнейшим фактором при работе беспроводных сенсорных сетей является ограниченная емкость батарей, устанавливаемых на моты. Следует учитывать, что заменить батареи чаще всего невозможно.

В связи с этим необходимо выполнять на мотах только простейшую первичную обработку, ориентированную на уменьшение объема передаваемой информации, и, что самое главное, минимизировать число циклов приема и передачи данных. Для решения этой задачи разработаны специальные коммуникационные протоколы, наиболее известными из которых являются протоколы альянса ZigBee. Данный альянс (сайт [www.zigbee.org](http://www.zigbee.org)) был создан в 2002 году именно для координации работ в области беспроводных сенсорных сетей. В него вошли крупнейшие разработчики аппаратных и программных средств: Philips, Ember, Samsung, IBM, Motorola, Freescale Semiconductor, Texas Instruments, NEC, LG, OKI и многие другие (всего более 200 членов). Корпорация Intel в альянс не входит, хотя и поддерживает его деятельность.

В принципе, для выработки стандарта, в том числе стека протоколов для беспроводных сенсорных сетей, ZigBee использовал разработанный ранее стандарт IEEE 802.15.4, который описывает физический уровень и уровень доступа к среде для беспроводных сетей передачи данных на небольшие расстояния (до 75 м) с низким энергопотреблением, но с высокой степенью надежности. Некоторые характеристики радиопередачи данных для стандарта IEEE 802.15.4 приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Характеристики радиопередачи данных для IEEE 802.15.4**

Полоса частот, МГц	Нужна ли лицензия	Географический регион	Скорость передачи данных, Кбит/с	Число каналов
868,3	Нет	Европа	20	1
902-928	Нет	Америка	40	1-10
2405-2480	Нет	Весь мир	250	11-26

На данный момент ZigBee разработал единственный в этой области стандарт, который подкреплен наличием производства полностью совместимых аппаратных и программных продуктов. Протоколы ZigBee позволяют устройствам находиться в спящем режиме большую часть времени, что значительно продлевает срок службы батареи.

Очевидно, что разработать схемы обмена данными между сотнями и даже тысячами мотов не так-то просто. Наряду с прочим необходимо учесть тот факт, что сенсорные сети работают в нелицензированных частотных диапазонах, поэтому в ряде случаев могут возникать помехи, создаваемые посторонними источниками радиосигналов. Желательно также избегать повторной передачи одних и тех же данных, а кроме того, учитывать, что

из-за недостаточной энергоемкости и внешних воздействий моты будут выходить из строя навсегда или на какое-то время. Во всех таких случаях схемы обмена данными должны модифицироваться. Поскольку одной из важнейших функций TinyOS является автоматический выбор схемы организации сети и маршрутов передачи данных, беспроводные сенсорные сети по существу являются самонастраиваемыми.

Чаще всего мот должен иметь возможность самостоятельно определить свое местоположение, по крайней мере по отношению к тому другому моту, которому он будет передавать данные. То есть сначала происходит идентификация всех мотов, а затем уже формируется схема маршрутизации. Вообще все моты — устройства стандарта ZigBee — по уровню сложности разбиваются на три класса. Высший из них — координатор — управляет работой сети, хранит данные о ее топологии и служит шлюзом для передачи данных, собираемых всей беспроводной сенсорной сетью, для дальнейшей обработки. В сенсорных сетях обычно используется один координатор. Средний по сложности мот является маршрутизатором, то есть может принимать и передавать данные, а также определять направления передачи. И наконец, самый простой мот может лишь передавать данные ближайшему маршрутизатору. Таким образом, получается, что стандарт ZigBee поддерживает сеть с кластерной архитектурой (рис. 2). Кластер образуют маршрутизатор и простейшие моты, у которых он запрашивает сенсорные данные. Маршрутизаторы кластеров ретранслируют данные друг другу, и в конечном счете данные передаются координатору. Координатор обычно имеет связь с IP-сетью, куда и направляются данные для окончательной обработки.

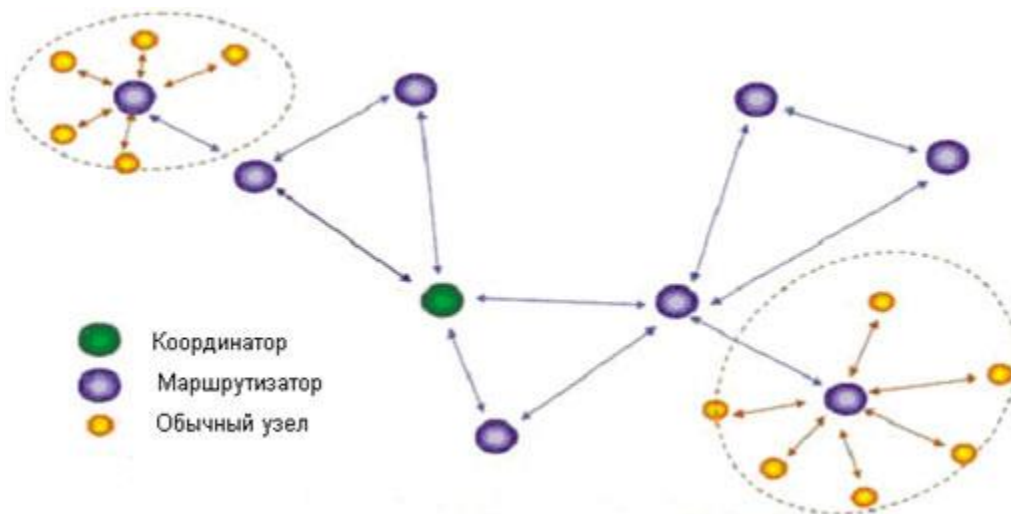


Рис.2.

В России тоже проводятся разработки, связанные с созданием беспроводных сенсорных сетей. Так, компания «Высокотехнологичные системы» предлагает свою аппаратно-программную платформу MeshLogic для построения беспроводных сенсорных сетей (сайт [www.meshlogic.ru](http://www.meshlogic.ru)). Основным отличием этой платформы от ZigBee является ориентация на построение одноранговых ячеистых сетей (рис. 3). В таких сетях функциональные возможности каждого мота одинаковы. Возможность самоорганизации и самовосстановления сетей ячеистой топологии позволяет в случае выхода части мотов из

строю спонтанно формировать новую структуру сети. Правда, в любом случае необходим центральный функциональный узел, принимающий и обрабатывающий все данные, или шлюз для передачи данных на обработку узлу. Спонтанно создаваемые сети часто называют латинским термином Ad Hoc, что означает «для конкретного случая».

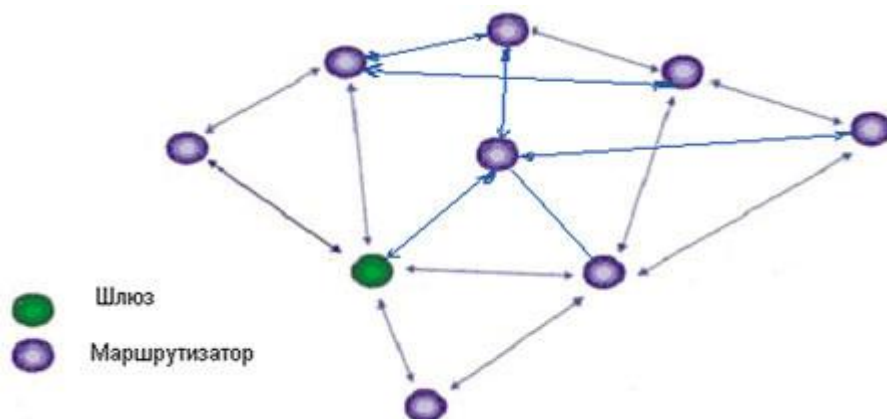


Рис.3.

В сетях MeshLogic каждый мот может выполнять ретрансляцию пакетов, то есть по своим функциям напоминает маршрутизатор ZigBee. Сети MeshLogic являются в полной мере самоорганизующимися: никакого узла-координатора не предусмотрено. В качестве радиочастотных приемопередатчиков в MeshLogic могут использоваться различные устройства, в частности Cypress WirelessUSB, которые так же, как и устройства стандарта ZigBee, работают в диапазоне частот 2,4... 2,4835 ГГц. Следует отметить, что для платформы MeshLogic существуют только нижние уровни стека протоколов. Считается, что верхние уровни, в частности сетевой и прикладной, будут создаваться под конкретные приложения. Конфигурации и основные параметры двух мотов MeshLogic и одного мота стандарта ZigBee приведены в табл. 2.

**Таблица 2. Основные характеристики мотов различных производителей**

Параметры	ML-Node-Z	ML-Node-U	ZigBit
Микроконтроллер			
Процессор	Texas Instruments MSP430		ATmega1281
Тактовая частота	От 32,768 кГц до 8 МГц		4 МГц
Оперативная память	10 Кбайт		8 Кбайт
Flash-память	48 Кбайт		128 Кбайт
Приемопередатчик			
Тип	IEEE 802.15.4	Cypress WirelessUSBTM LP	IEEE 802.15.4

Диапазон частот	2400-2483,5 МГц		2400-2483,5 МГц
Скорость передачи данных	250 Кбит/с	От 15,625 до 250 Кбит/с	250 Кбит/с
Выходная мощность	От –24 до 0 дБм	От –35 до 4 дБм	От –28 до 3 дБм
Чувствительность	–95 дБм	–93 дБм	–101 дБм
Антенна	Чип		1 или 2 чипа
Внешние интерфейсы			
АЦП	12-разрядный, 7 каналов		10-разрядный, 3 канала
Цифровые интерфейсы	I2C/SPI/UART/USB		I2C/SPI/UART/IRQ/JTAG
Другие параметры			
Напряжение питания	От 0,9 до 6,5 В		От 1,8 до 3,6 В
Размеры	44х33х10 мм		19х14х3 мм
Температурный диапазон	От –40 до 85 °С	От 0 до 70 °С	От 0 до 85 °С

Отметим, что интегрированных сенсорных датчиков на этих платах нет. Укажем, что в первую очередь отличает беспроводные сенсорные сети от обычных вычислительных (проводных и беспроводных) сетей:

- полное отсутствие каких бы то ни было кабелей — электрических, коммуникационных и т.д.;
- возможность компактного размещения или даже интеграции мотов в объекты окружающей среды;
- надежность как отдельных элементов, так и, что более важно, всей системы в целом; в ряде случаев сеть может функционировать при исправности только 10-20% сенсоров (мотов);
- отсутствие необходимости в персонале для монтажа и технического обслуживания.

Беспроводные сенсорные сети состоят из миниатюрных вычислительных устройств — мотов, снабженных сенсорами (температуры, давления, освещенности, уровня вибрации, местоположения и т.п.) и приемопередатчиками сигналов, работающими в радиодиапазоне. Поскольку размер мота должен быть небольшим, его питание осуществляется от маломощной батареи. Моты используются только для сбора и первичной обработки сенсорных данных, которые они пересылают по цепочке друг другу, а в конечном счете специальному устройству — шлюзу, имеющему соединение с корпоративной сетью. Основная обработка сенсорных данных осуществляется пользовательскими приложениями корпоративной сети.

За время, прошедшее с момента последней публикации (КомпьютерПресс № 8'2007), посвященной сенсорным сетям в идеологии их построения и принципах функционирования серьезных изменений не произошло. Но зато, что чрезвычайно важно, современный технологический уровень позволяет уже сейчас перейти к использованию

сенсорных сетей для решения широкого спектра задач. Последние технологические инновации относятся в первую очередь к программному обеспечению, а также к аппаратной части (увеличение области действия приемопередатчиков сигналов, продление срока службы батарей при уменьшении их размеров, появление новых сенсорных датчиков, дальнейшая миниатюризация устройств). Разработанные программные средства позволяют не только автоматически развертывать сенсорные сети, но и перепрограммировать их, удаленно управлять режимами функционирования, сбором и визуализацией данных.

Стандартами в области программного обеспечения беспроводных сенсорных сетей остаются стек протоколов ZigBee, базирующийся на технологии IEEE 802.15.4, и операционная система реального времени TinyOS. Эта ОС функционирует на микропроцессорах с разрядной сеткой от 8 до 32 бит и оперативной памятью 2 Кбайт и выше. В составе TinyOS имеется набор функций API, позволяющий организовать предварительную обработку данных непосредственно на mote. Большинство компаний-разработчиков выпускает и оборудование (моты, сенсоры, шлюзы), и программное обеспечение, соответствующие данным стандартам. Пожалуй, наибольшего успеха добились несколько компаний, среди которых глубиной и законченностью своих разработок выделяются Crossbow ([www.crossbow.com](http://www.crossbow.com)) и Sentilla ([www.sentilla.com](http://www.sentilla.com)).

Компания Sentilla сейчас осуществляет переход на новое поколение сенсорных устройств и будет использовать для их программирования не диалект языка C, как раньше, а Java (это определяется в основном потребностями американского рынка). В отличие от Sentilla, компания Crossbow не отказывается от выбранного пути и, поддерживая преемственность разработок, выпускает новые, более эффективные аппаратные средства и программное обеспечение, ориентируясь на языки C и C#. По нашему мнению, именно предлагаемая ею технология построения сенсорных сетей является наиболее подготовленной для практического применения. К тому же она полностью удовлетворяет стандартам ZigBee. Рассмотрим ключевые элементы этой технологии.

Сначала несколько слов по поводу поддерживаемых сетевых топологий. Основной является ячеистая топология (пример сети с ячеистой топологией приведен на рис. 4), где все моты обладают функциями маршрутизации. Возможности самовосстановления сетей ячеистой топологии в случае выхода из строя некоторых мотов позволяют достаточно быстро формировать сеть с новой конфигурацией. Вся информация, собираемая сетью, передается на шлюз, который по сути является таким же мотом, как и все остальные, но с расширенной функциональностью. Отличий шлюза от обычного мота три: шлюз связан с корпоративной сетью (например, с сервером) с помощью проводной или беспроводной связи; он не имеет в своем составе сенсоров; шлюз выполняет ряд координирующих функций, связанных с организацией работы беспроводной сети. В простейшем случае шлюз имеет соответствующий интерфейс (USB-порт, последовательный порт или Ethernet-порт) и подключается к компьютеру, выполняющему функции сервера беспроводной сети.

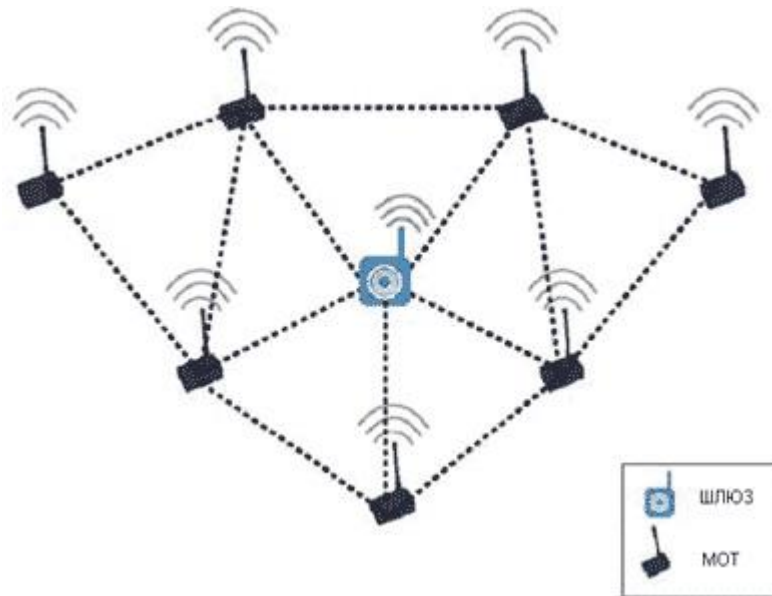


Рис.4.

Добавим, что компания Crossbow поддерживает еще две топологии: кластерную и топологию типа «звезда», о которых шла речь в первой части статьи. Однако наиболее гибкой и востребованной является именно ячеистая топология. Основные принципы, которых придерживается фирма Crossbow и которые реализованы в предлагаемой ею технологии построения сенсорных сетей, следующие:

- минимальный расход энергии на прием и передачу радиосигналов, что позволяет использовать компактные батареи;
- легкость самоорганизации и самовосстановления сенсорной сети;
- масштабируемость, обеспечивающая развертывание сетей с очень большим количеством узлов;
- быстрая реакция на изменение среды, то есть способность к постоянному оперативному изменению конфигурации сети;
- двунаправленная передача данных между шлюзом и мотами, с одной стороны, и между разными мотами — с другой;
- надежность при передаче данных (данные должны быть обязательно переданы и не искажены);
- очень маленький формфактор сенсорных модулей, что позволяет встраивать их или присоединять к различным устройствам.

Беспроводная сеть вместе со средствами контроля и управления ее работой может быть разделена на три уровня (рис. 5). В соответствии с терминологией Crossbow они носят следующие названия: уровень мотов, серверный уровень и клиентский уровень. Каждому уровню соответствуют свои аппаратные и программные средства. Аппаратные средства первого уровня — это собственно моты и шлюз. На втором, серверном уровне находится компьютер, выполняющий функции сервера беспроводной сети. Именно ему шлюз передает данные сенсоров, которые сохраняются в базе данных сервера.



Вычислительная нагрузка на него невелика, поэтому в качестве него может использоваться не полнофункциональный сервер, а обычный ПК. И наконец, на клиентском уровне находится терминал (ПК или ноутбук), оснащенный программными средствами визуализации и анализа функционирования сенсорной сети, который подключен к серверу (по локальной сети или по Интернету).



Рис.5.

Разработанное Crossbow программное обеспечение, необходимое для работы системы в такой конфигурации, называется MoteWorks. Его также можно разделить на три основные части, соответствующие уровням организации сенсорной сети:

- Xmesh — уровень мотов;
- XServe — серверный уровень;
- MoteView — клиентский уровень.

Кроме того, в состав MoteWorks входит еще несколько утилит и оболочек, используемых в процессе разработки, развертывания и эксплуатации сенсорной сети. Сначала более подробно рассмотрим основные компоненты MoteWorks:

- **уровень мотов.** На каждом моте, входящем в состав сенсорной сети, устанавливается специальное программное обеспечение XMesh, работающее под управлением операционной системы реального времени TinyOS. Это ПО предназначено для автоматического формирования сенсорной сети и организации передачи сенсорных данных шлюзу. По сути дела XMesh — это стек протоколов, поддерживающий ячеистую (или кластерную) архитектуру сети, то есть передачу данных по произвольной цепочке от одного узла сенсорной сети другому, а в конечном счете — шлюзу. Такой способ коммуникации расширяет общий диапазон передачи радиосигналов и уменьшает требуемую для передачи сообщений энергопотребность. Существуют три режима работы XMesh, ориентированные на батареи разной мощности: HP — высокой мощности, LP — низкой мощности и ELP — расширенной низкой мощности;
- **серверный уровень.** Программное средство XServe служит для организации взаимодействия между сенсорной сетью и приложениями, использующими ее данные, то есть можно сказать, что это ПО класса middleware. XServe обеспечивает сервисы маршрутизации данных от и к сенсорной сети вместе с сервисами более



высокого уровня по анализу, преобразованию и обработке данных в интересах приложений. В сервисах более высокого уровня применяются управляемые пользователями конфигурационные файлы, базирующиеся на XML и загружаемые plug-in-модули. Для хранения данных XServe использует реляционную СУБД PostgreSQL, а для журналирования — файлы формата CSV. Важно, что работа с PostgreSQL поддерживается многими языками программирования, в том числе C, C++, Java, Perl и PHP. Для передачи данных от сенсорной сети в обычную IP-сеть XServe применяет стандартный протокол TCP/IP.

- Средство XServe предоставляет несколько вариантов взаимодействия внешних приложений с XServe и сенсорной сетью. Пользователи могут взаимодействовать с XServe либо с помощью терминальных приложений, получая при этом непосредственный доступ к элементам сети, либо через мощный, базирующийся на XML командный интерфейс, служащий для удаленного вызова процедур;
- **клиентский уровень.** Средство MoteView позволяет отображать информацию, генерируемую сенсорной сетью, в удобной для разработчиков и пользователей форме. В MoteView используется Windows-подобный интерфейс, а также графические схемы и текстовый формат для представления данных (рис. 6). С помощью MoteView могут анализироваться данные, хранящиеся в базе данных и лог-файлах XServe и относящиеся к работе сети за определенный период времени. Также MoteView может генерировать сообщения электронной почты на PDA или на мобильный телефон в случае возникновения каких-то событий, например реконфигурации сенсорной сети или достижения считываемым с сенсора показателем порогового значения. Средство MoteView дает возможность оптимизировать структуру сети и изменять ее конфигурацию, физически не меняя позиций мотов. В составе MoteView есть средства удаленного конфигурирования каждого мота. Например, можно изменять периодичность считывания сенсорных данных, не прибегая к программированию. В MoteView входит встроенная библиотека, поддерживающая работу со всеми сенсорами, выпускаемыми компанией Crossbow. Допускается расширение этой библиотеки, то есть включение в нее новых сенсорных плат (необязательно Crossbow) с помощью операции прототипирования.

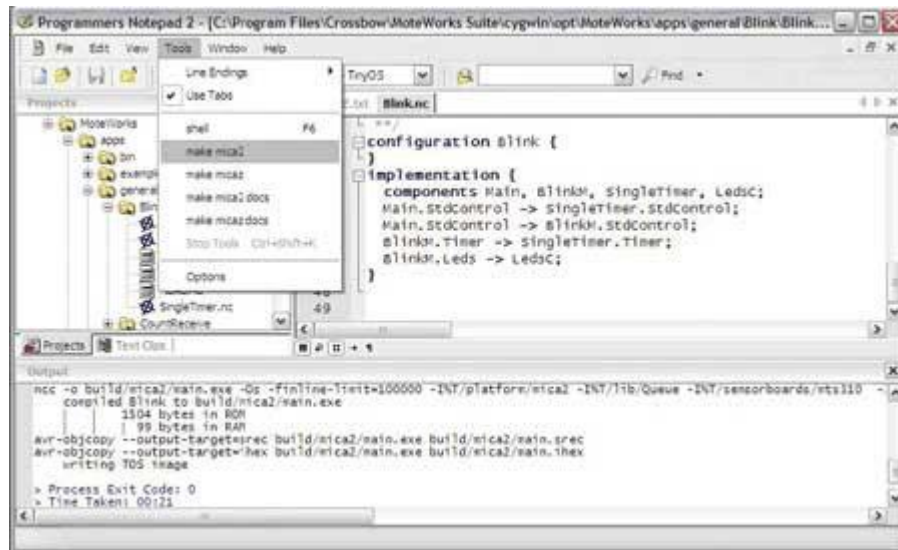


Рис.6.

Отметим, что программное обеспечение серверного (XServe) и клиентского (MoteView) уровней может быть размещено на одном ПК, выполняющем в данном случае функции локального хоста.

Для управления режимами работы мотов, входящих в состав сенсорной сети, в частности для перепрограммирования мотов, понадобится специальное программное обеспечение. Оно включает среду программирования Programmers Notepad, кросс-компилятор C-подобного языка nesC, утилиту XOTar для радиопередачи программного кода через шлюз (базовую станцию) мотам и ряд других компонентов. Интегрированная среда программирования Programmers Notepad для nesC содержит редактор, кросс-компилятор для TinyOS и средства работы с файлами. Это вполне современная оболочка с Windows-интерфейсом (рис. 7). Среда Programmers Notepad может быть установлена на любом персональном компьютере, оснащенной операционной системой Windows XP или 2000. Чаще всего она устанавливается на том же компьютере, что и XServe.

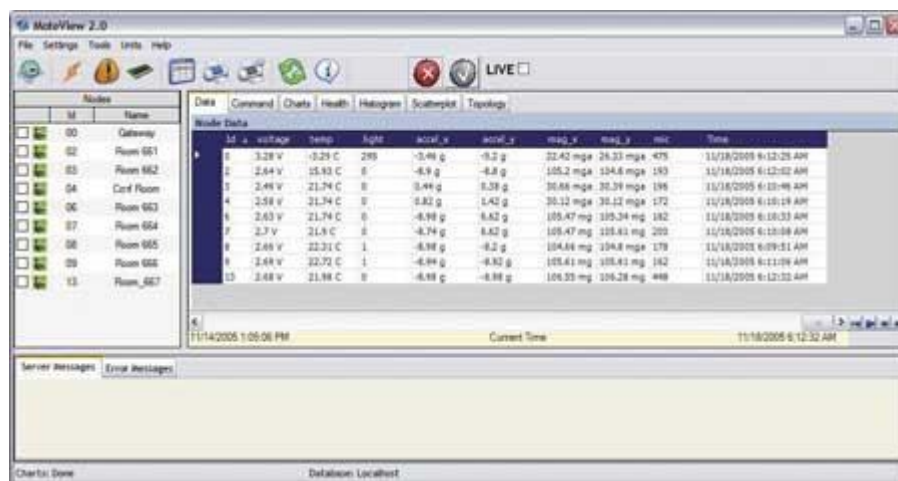


Рис.7.

Для осуществления разного рода управляющих операций, в том числе связывающих уровень мотов и серверный уровень, используется UNIX-подобная оболочка Cygwin, оперирующая командной строкой. Возможности Cygwin во многом дублируются средствами Programmers Notepad, но все же они шире, чем у последних. В частности, Cygwin содержит средства для работы с информацией, хранящейся в базе данных PostgreSQL.

Cygwin — это по сути среда эмуляции Linux на Windows, включающая эмулятор и набор функций Linux API. Cygwin представляет собой средство класса Open Source, которое (без эмулятора) может быть использовано и в среде Linux.

Утилита XOtap (Over The Air Programming) служит для организации удаленного перепрограммирования мотов сенсорной сети. Настройка частоты радиосигнала может осуществляться вручную, а может проходить автоматически. Работу XOtap отличает высокая надежность: обеспечивается обратная связь, подтверждающая, во-первых, завершение операции передачи данных, а во-вторых, результат операции, свидетельствующий об успехе или неудаче инсталляции кода. Утилита XOtap всегда устанавливается на сервере вместе с XServe. В схеме, реализующей процесс изменения программного кода мотов «по воздуху», естественно, присутствует шлюз (рис. 8).

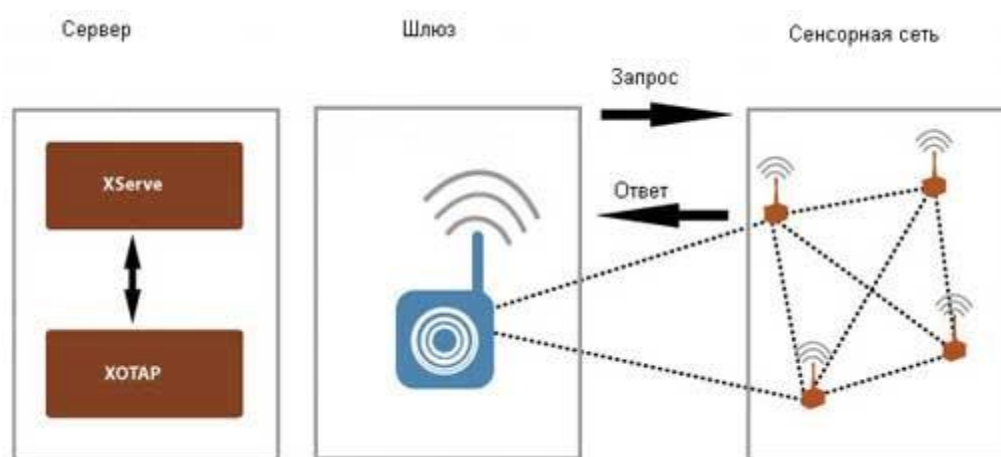


Рис.8.

Для упрощения работы пользователей с XOtap используется специальная среда с Windows-интерфейсом, создаваемая программной оболочкой MoteConfig. Главное достоинство применения MoteConfig заключается в том, что программирование мотов можно осуществлять без установки среды TinyOS. Работая с MoteConfig, можно запрашивать состояние каждого мота, перепрограммировать его с помощью XOtap и в случае необходимости перезагружать ПО мота.

Более подробное описание аппаратных и программных средств работы с сенсорными сетями, предлагаемыми компанией Crossbow, можно найти на ее сайте. Все упомянутые в этой статье программные средства относятся к классу Open Source и являются свободно распространяемыми.

## 2. БИЗНЕС-ПОТЕНЦИАЛ

Сенсорные сети могут быть использованы во многих прикладных областях. Беспроводные сенсорные сети — это новая перспективная технология, и все связанные с ней проекты в основном находятся в стадии разработки. Укажем основные области применения данной технологии:

- системы обороны и обеспечение безопасности;
- контроль окружающей среды;
- мониторинг промышленного оборудования;
- охранные системы;
- мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий;
- управление энергоснабжением;
- контроль систем вентиляции, кондиционирования и освещения;
- пожарная сигнализация;
- складской учет;
- слежение за транспортировкой грузов;
- мониторинг физиологического состояния человека;
- контроль персонала.

Из достаточно большого числа примеров использования беспроводных сенсорных сетей выделим два. Наиболее известным является, пожалуй, развертывание сети на борту нефтяного танкера компании BP. Там с помощью сети, построенной на основе оборудования Intel, осуществлялся мониторинг состояния судна с целью организации его профилактического обслуживания. Компания BP проанализировала, может ли сенсорная сеть работать на борту судна в условиях экстремальных температур, высокой вибрации и значительного уровня радиочастотных помех, имеющих в некоторых помещениях судна. Эксперимент прошел успешно, несколько раз автоматически осуществлялись реконфигурация и восстановление работоспособности сети.

Примером еще одного реализованного пилотного проекта является развертывание сенсорной сети на базе военно-воздушных сил США во Флориде. Система продемонстрировала хорошие возможности по распознаванию различных металлических объектов, в том числе движущихся. Применение сенсорной сети позволило обнаруживать проникновение людей и автомобилей в контролируемую зону и отслеживать их перемещения. Для решения этих задач использовались моты, оснащенные магнитоэлектрическими и температурными датчиками. В настоящее время масштабы проекта расширяются, и беспроводная сенсорная сеть устанавливается уже на полигоне размером 10000x500 м. Соответствующее прикладное программное обеспечение разрабатывается несколькими американскими университетами.

## 3. БАРЬЕРЫ

Некоторые эксперты заявляют, что беспроводные технологии, функционирующие на частоте 2.4 ГГц, являются объектом интерференции из-за использования в этом диапазоне

иных беспроводных технологий, например Wireless LAN. Альянс ZigBee провел специальные испытания, по результатам которых заявил, что все устройства эффективно работают даже при условиях повышенной интерференции.

## **4. Значимость для развития бизнеса операционных компаний**

Пожалуй, наибольшего успеха добились несколько компаний, среди которых глубиной и законченностью своих разработок выделяются Crossbow ([www.crossbow.com](http://www.crossbow.com)) и Sentilla ([www.sentilla.com](http://www.sentilla.com)).

Компания Sentilla сейчас осуществляет переход на новое поколение сенсорных устройств и будет использовать для их программирования не диалект языка C, как раньше, а Java (это определяется в основном потребностями американского рынка). В отличие от Sentilla, компания Crossbow не отказывается от выбранного пути и, поддерживая преемственность разработок, выпускает новые, более эффективные аппаратные средства и программное обеспечение, ориентируясь на языки C и C#.

## **5. ИСТОЧНИКИ**

1. [www.crossbow.com](http://www.crossbow.com)
2. [www.compress.ru](http://www.compress.ru)
3. [www.intel.ru](http://www.intel.ru)