

Беспроводные сенсорные сети

Сайт курса:

<http://www.sumkino.com/wsn/course>

Садков Александр

Аспирант РФ

axel@wl.unn.ru

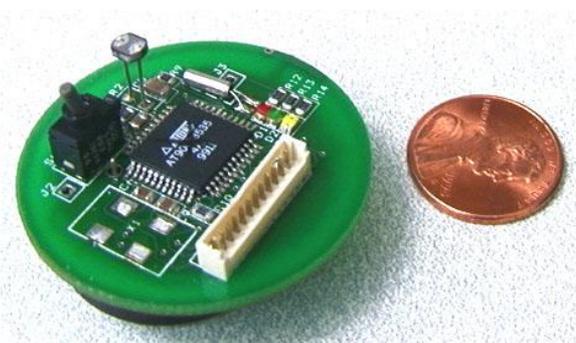
<http://www.wl.unn.ru>

План

- Беспроводные сенсорные сети (WSN)
 - Приложения WSN
 - Платформы
 - Требования и Вызовы
 - Описание курса
-

Беспроводные сенсорные сети

Беспроводные сенсорные сети



- Последние достижения микроэлектроники открыли путь к созданию новой технологии: Беспроводным сенсорным сетям.
 - малопотребляющие процессоры и трансиверы
 - миниатюрные, недорогие сенсоры (MEMS, RFID)

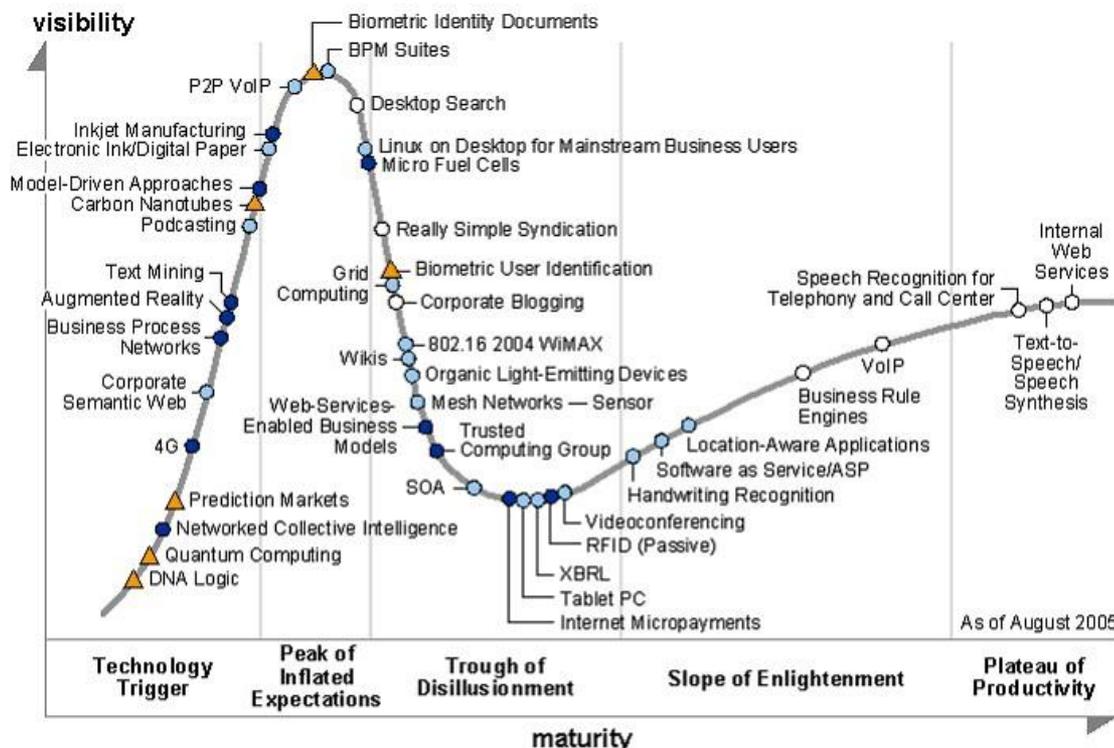
Беспроводные сенсорные сети

- Самоорганизующаяся ad hoc сеть.
 - Миниатюрные устройства, оснащенные сенсорами.
 - Большое количество узлов.
 - Сбор информации с больших площадей, в течении длительного времени
-

Беспроводные сенсорные сети

- More than half a billion nodes will ship for wireless sensor applications in 2010 for an end user market worth more than \$7 billion.
- On World
 - By 2008, there could be 100 million wireless sensors in use, up from about 200,000 today, market-research company Harbor Research says. The worldwide market for wireless sensors, it says, will grow from \$100 million this year to more than \$1 billion by 2009.
-InformationWeek Magazine
 - The oil and gas industry will spend \$200 million on wireless sensing networks (WSN) over the next three years.
- On World
-

Беспроводные сенсорные сети



Plateau will be reached in:

○ less than 2 years ● 2 to 5 years ● 5 to 10 years ▲ more than 10 years ⊗ obsolete before plateau

Acronym Key

4G fourth generation
ASP application service provider
BPM business process management
P2P peer to peer
RFID radio frequency identification

SOA service-oriented architecture
VoIP voice over Internet Protocol
WiMAX Worldwide Interoperability for Microwave Access
XBRL Extensible Business Reporting Language

Беспроводные сенсорные сети



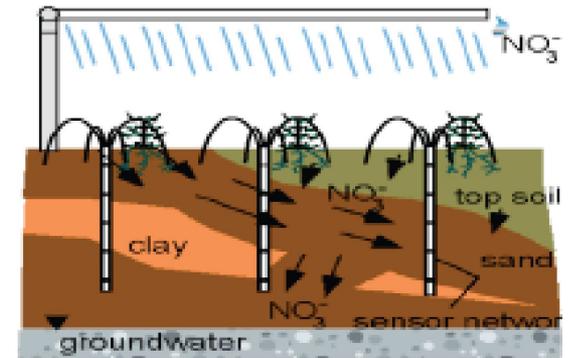
Приложения WSN

Приложения WSN



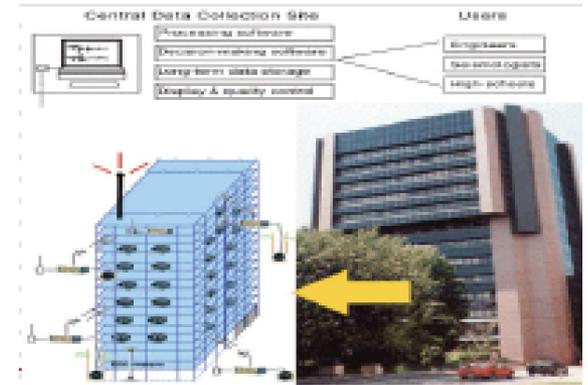
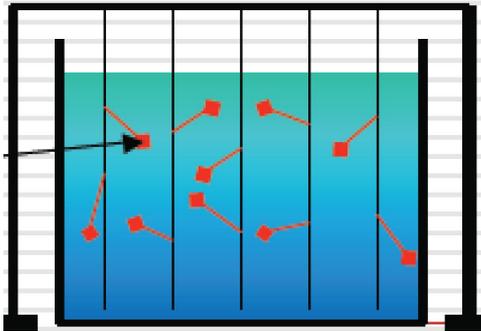
Мониторинг Экосистем

- Микросенсоры, обработка данных, беспроводной интерфейс, объединенные в небольшие устройства, могут мониторировать явления «изнутри».



Структурный и сейсмический мониторинг

Беспроводные сенсорные сети позволяют наблюдать за явлениями ранее не доступными!

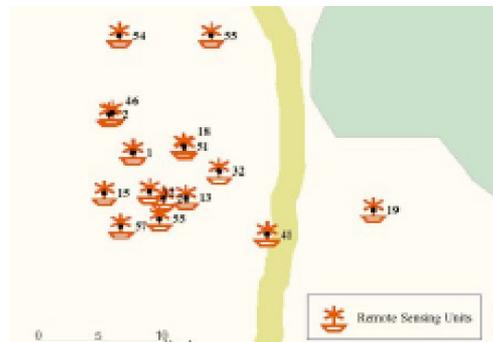


Приложения WSN

- Мониторинг живых организмов
 - Экологический мониторинг
 - Трэкинг цели
 - Мониторинг авто трафика
 - Мониторинг погоды
 - Структурный мониторинг
 - Безопасность
 - «Умный дом»
-

Приложения WSN

Great Duck Island



* Alan Mainwaring, Joseph Polastre, Robert Szewczyk, David Culler, John Anderson, «**Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring**»

Приложения WSN

Great Duck Island

- Основная задача: сбор данных о среде обитания буревестников.
- В течении 9 месяцев, 32 сенсорных узла были расположены на острове чтобы наблюдать и измерять следующие параметры:
 - Давление
 - Температура
 - Скорость ветра
 - Облачность



Приложения WSN

Storm Petrel Monitoring

■ Вопросы

- Какие факторы влияют на пригодность гнезд? Как сильно они могут изменяться?
- Как распределена занятость гнезд в инкубационный период?
- Какие экологические изменения происходят в норах в течении брачного периода?

■ Методология

- Желозо
 - Какие сенсоры использовать?
 - Какую платформу использовать?
- Программное обеспечение
 - Какую выбрать архитектуру системы?
 - Как управлять питанием?
 - Как обнаруживать и исправлять неисправности?
- Управление данными
 - Как откалибровать сенсоры?
 - Как хранить и обеспечить доступ к данным?



Приложения WSN

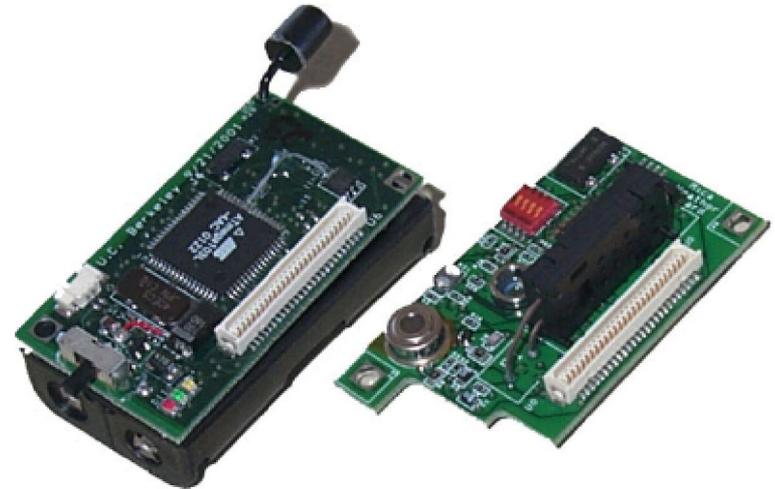
Storm Petrel Monitoring

- Железо
 - Какие сенсоры использовать?
 - Малопотребляющие
 - С высокой точностью
 - Какую платформу использовать?
 - Как упаковать?
- Программное обеспечение
 - Какую выбрать архитектуру системы?
 - Как управлять питанием?
 - Как обнаруживать и исправлять неисправности?
- Управление данными
 - Как откалибровать сенсоры?
 - Как хранить и обеспечить доступ к данным?

Приложения WSN

Storm Petrel Monitoring

Mica Weather Board



Sensor	Accuracy	Interchangeability	Sample Rate	Startup	Current
Photoresistor	N/A	10%	2000 Hz	10 ms	1.235 mA
I ² C Temperature	1 K	0.20 K	2 Hz	500 ms	0.150 mA
Barometric Pressure	1.5 mbar	0.5%	10 Hz	500 ms	0.010 mA
Barometric Pressure Temp	0.8 K	0.24 K	10 Hz	500 ms	0.010 mA
Humidity	2%	3%	500 Hz	500-30000 ms	0.775 mA
Thermopile	3 K	5%	2000 Hz	200 ms	0.170 mA
Thermistor	5 K	10%	2000 Hz	10 ms	0.126 mA

* Alan Mainwaring, Joseph Polastre, Robert Szewczyk, David Culler, John Anderson, «**Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring**»

Приложения WSN

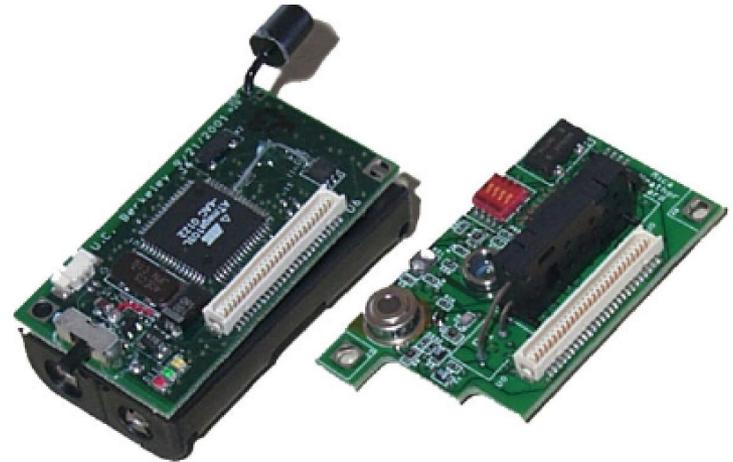
Storm Petrel Monitoring

- Железо
 - Какие сенсоры использовать?
 - Какую платформу использовать?
 - Low-power
 - Small form-factor
 - Как упаковать?
 - Защитить электронику, «выставить» сенсоры.
 - Уменьшить вероятность отказа в неблагоприятных условиях.
- Программное обеспечение
 - Какую выбрать архитектуру системы?
 - Как управлять питанием?
 - Как обнаруживать и исправлять неисправности?
- Управление данными
 - Как откалибровать сенсоры?
 - Как хранить и обеспечить доступ к данным?

Приложения WSN

Storm Petrel Monitoring

- Процессор
 - Atmel AVR w/ 512kB Flash
- Радио
 - 916MHz 40kbps RFM Radio
- Питание
 - GreatBatch Литиево-Фенол-Хлоридная батарейка 1 Ah
- Упаковка
 - Прозрачная акриловая упаковка



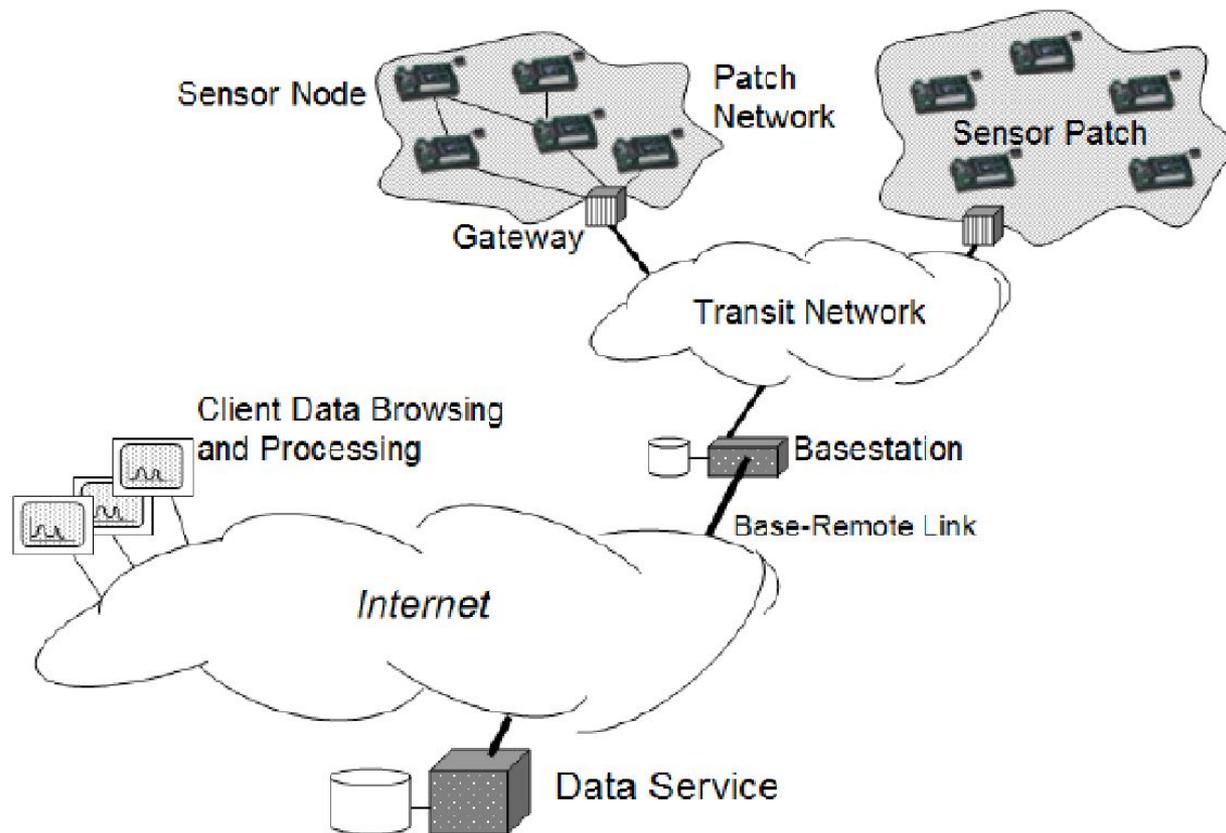
Приложения WSN

Storm Petrel Monitoring

- Железо
 - Какие сенсоры использовать?
 - Какую платформу использовать?
 - Как упаковать?
- Программное обеспечение
 - Какую выбрать архитектуру системы?
 - Удаленное администрирование
 - Как управлять питанием?
 - Как обнаруживать и исправлять неисправности?
- Управление данными
 - Как откалибровать сенсоры?
 - Как хранить и обеспечить доступ к данным?

Приложения WSN

Storm Petrel Monitoring



Приложения WSN

Storm Petrel Monitoring

- Железо
 - Какие сенсоры использовать?
 - Какую платформу использовать?
 - Как упаковать?
- Программное обеспечение
 - Какую выбрать архитектуру системы?
 - Как управлять питанием?
 - Duty-cycle radio, processor and sensor
 - BMAC: A duty-cycled MAC layer
 - Как обнаруживать и исправлять неисправности?
- Управление данными
 - Как откалибровать сенсоры?
 - Как хранить и обеспечить доступ к данным?

Приложения WSN

Storm Petrel Monitoring

- Железо
 - Какие сенсоры использовать?
 - Какую платформу использовать?
 - Как упаковать?
- Программное обеспечение
 - Какую выбрать архитектуру системы?
 - Как управлять питанием?
 - Как обнаруживать и исправлять неисправности?
 - Обнаружение аномальных значений сенсоров.
 - Пронаблюдать корреляцию.
- Управление данными
 - Как откалибровать сенсоры?
 - Как хранить и обеспечить доступ к данным?

Приложения WSN

Storm Petrel Monitoring

- Влажность
 - Высокие значения связаны с дождем.
 - Низкие значения (raw 0) связаны с ошибкой сенсора, часто фатальной
 - 26 sensors reported 0 RH readings
 - Освещенность
 - Потеря нескольких значений днем.
 - 7 случаев, 6 из которых коррелируют с ошибками сенсора влажности.
 - Температура
 - 22 сбоя, все коррелируют с отказом сенсора влажности. 2 отказа первый сенсор температуры, 2 отказа первый сенсор влажности, остальные отказы одновременно.
-

Приложения WSN

Storm Petrel Monitoring

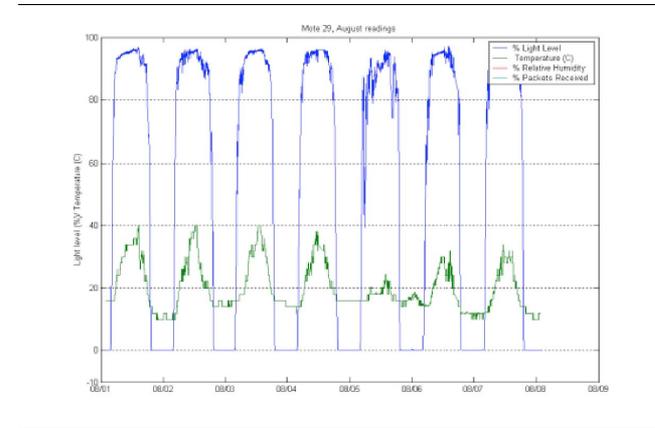
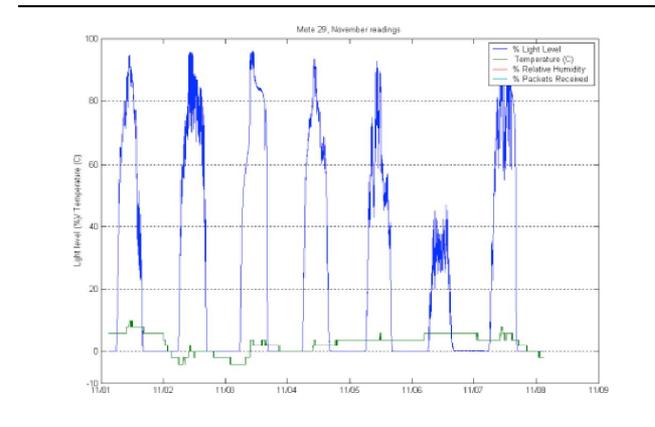
- Железо
 - Какие сенсоры использовать?
 - Какую платформу использовать?
 - Как упаковать?
- Программное обеспечение
 - Какую выбрать архитектуру системы?
 - Как управлять питанием?
 - Как обнаруживать и исправлять неисправности?
- Управление данными
 - Как откалибровать сенсоры?
 - Периодическое сравнение с наземным контролем данных.
 - Как хранить и обеспечить доступ к данным?

Приложения WSN

Storm Petrel Monitoring

- Температурные измерения
 - Цифровой сенсор.
 - Наблюдаемое разрешение 2 градуса, вместо ожидаемых 0.5
 - Измеренная температура внутри упаковки, больше чем температуры снаружи.
 - В облачные дни хорошая корреляция с другими наземными датчиками.
 - Собранные значения варьируются в пределах -10 до 60 градусов.

Калибровка и проверка значений сенсоров является необходимой!



Приложения WSN

Storm Petrel Monitoring

- Железо
 - Какие сенсоры использовать?
 - Какую платформу использовать?
 - Как упаковать?
- Программное обеспечение
 - Какую выбрать архитектуру системы?
 - Как управлять питанием?
 - Как обнаруживать и исправлять неисправности?
- Управление данными
 - Как откалибровать сенсоры?
 - Как хранить и обеспечить доступ к данным?
 - TinyDB: База данных для сенсорных узлов
 - TinySQL: Язык запросов для сенсорных сетей.

Приложения WSN

Wide-area WSN: CASA Project

Наблюдение, понимание, обнаружение и предсказание погодных стихий

- Торнадо
- Оползни
- Штормы

Статистика Торнадо (для США):

- >1300 ежегодно
- 70% вероятность обнаружить
- 70% ложная тревога
- 12 мин. среднее время эвакуации



Приложения WSN

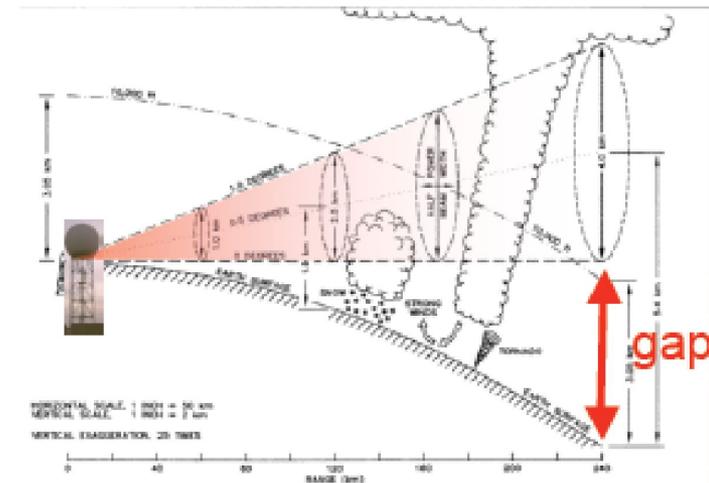
Wide-area WSN: CASA Project

CASA: Collaborative Adaptive Sensing of the Atmosphere

Плотная распределенная сеть
низкомощных атмосферных радаров:

- работает в нижних 3-х км земной атмосферы
- в кооперации с основными радарами дает улучшение детектирования и предсказания состояния атмосферы.
- отвечает нужнам конечных потребителей.

Атмосферный радар сегодня



Приложения WSN

Мониторинг трафика и дорог

- Структурный, сейсмический мониторинг:
 - Мосты, хайвеи.
- Умные дороги
 - Мониторинг дорожного трафика
 - Обнаружение аварий
 - Вызов помощи
 - Подсчет количества машин
 - Контроль «пробок»



Приложения WSN

BP Shipboard Project

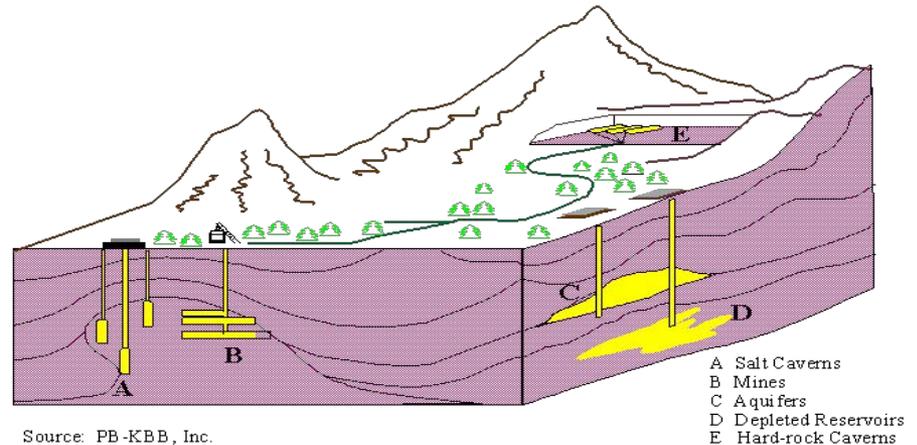
Мониторинг вибраций на борту танкеров BP Petroleum



Приложения WSN

GazProm Project

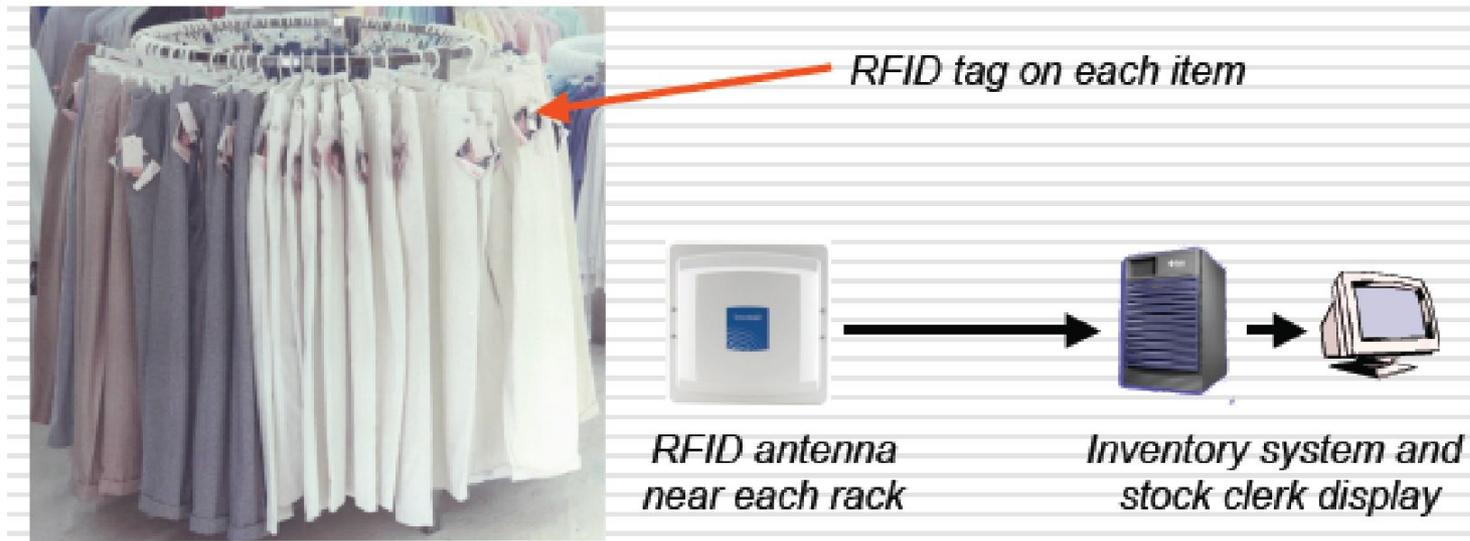
- Задача: Автоматический контроль параметров газовых хранилищ и передача этой информации на базовую станцию.
- Требования:
 - Расстояние между узлами > 500 м
 - Число узлов > 200 на площади ~ 5 км²
 - Время жизни сети > 1 year
 - Широкий диапазон температур
 - ISM диапазон частот
 - Небольшие скорости передачи



Source: PB-KBB, Inc.

Приложения WSN

RFID Sensors



- Отслеживание места положения товара
- Автоматическое считывания уникального ID номера товара
- Продавец всегда имеет информацию о:
 - Количества товара в магазине и на складе
 - Если товар в неположенном месте

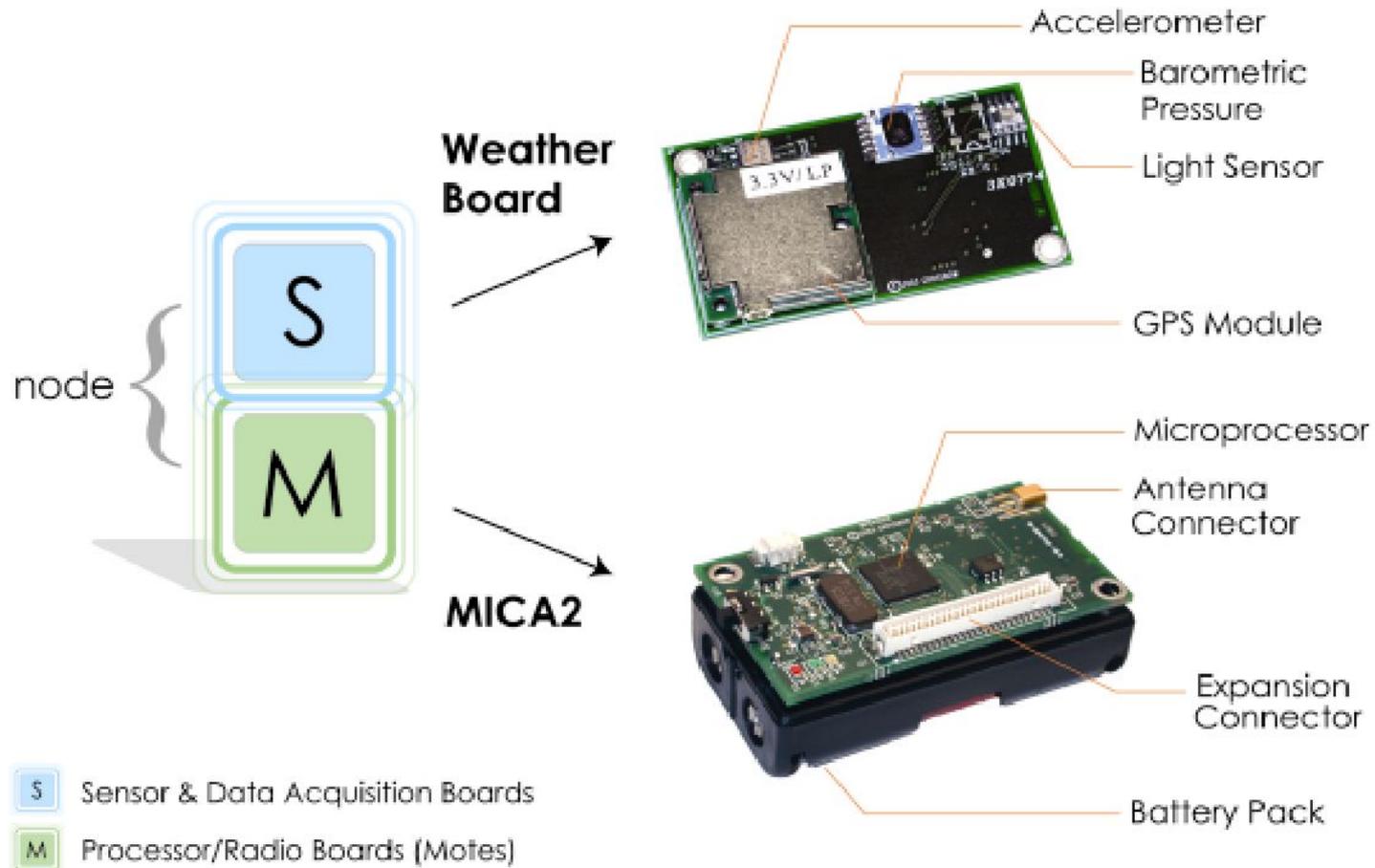
Приложения WSN

Другие приложения

- Системы «Умный дом»
 - Индустриальная автоматика
 - размещение сенсорнов на технологических линиях
 - раннее предупреждение аварий
 - Безопасность
 - Отслеживание цели
 - Оборонные применения
-

Платформы WSN

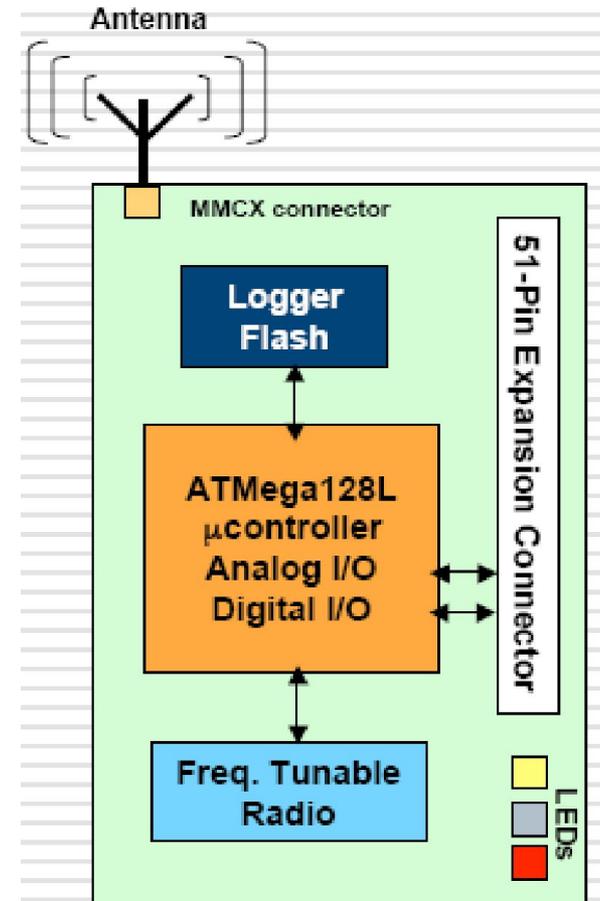
Платформы WSN



Платформы WSN

MicaZ Platform

- Микропроцессор: Atmel ATmega128L
 - 7.3728 Мгц частота
 - 128 Кб флеш-памяти для программ
 - 4 Кб SRAM для данных
 - 2 UART's
 - SPI шина
 - I²C шина
- Радио: ChipCon CC2420
- Флешная флеш-память: 512 Кб
- 51-pin дополнительный коннектор
 - восемь 10-битовых аналоговых I/O
 - 21 цифровых I/O
- Три программируемых LEDs
- JTAG порт
- Питание от двух батарей AA



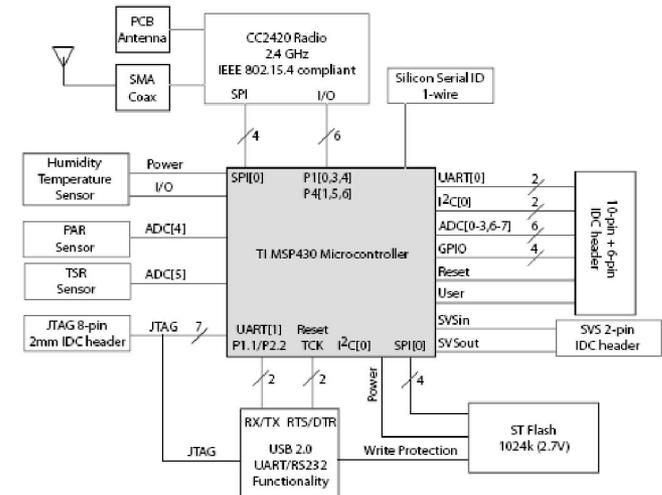
Платформы WSN

TelosB Platform

- Микропроцессор: MSP430 F1611
 - 8 Мгц частота
 - 48 Кб флеш-памяти для программ
 - 10 Кб RAM для данных
 - UART
 - SPI шина
 - Встроенный 12-битовый ADC/DAC
 - DMA контроллер
- Радио: ChipCon CC2420
- Фнешняя флеш-память: 1024 Кб
- 16-pin дополнительный коннектор
- Три программируемых LEDs
- JTAG порт
- Опционально: Сенсоры освещенности, влажности, температуры.
- Питание от двух батарей AA



Block Diagram



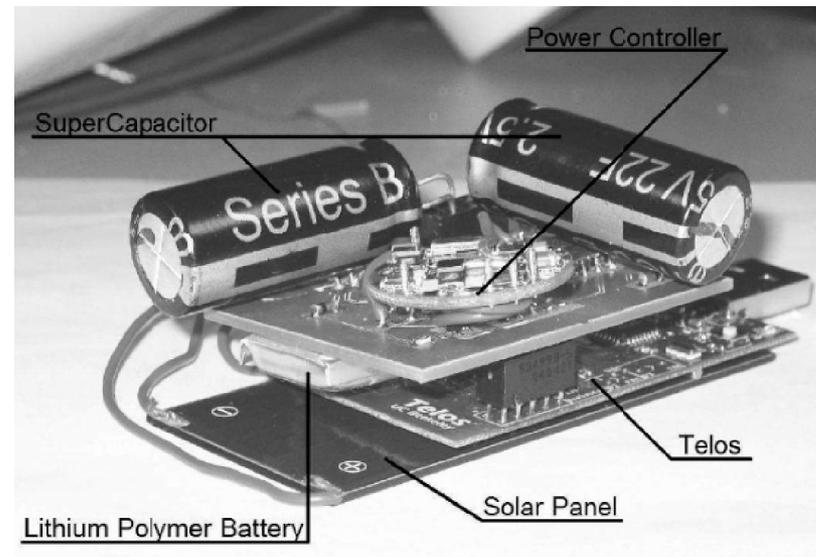
Платформы WSN

Prometheus

- Система питания от солнечной энергии для платформы TelosB
- Конденсаторы для накопления энергии
- Литиевые батареи, как запасная энергия(на экстренный случай)

Source: “Perpetual Environmentally Powered Sensor Networks”
To appear, IPSN/SPOTS, April 2005

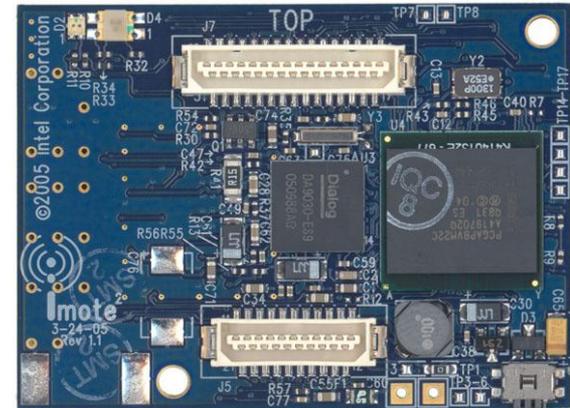
Duty Cycle	Light Required
1 %	5 hrs/ 1 mo
10 %	5 hrs/ 4 days
100 %	10 hrs/ 1 day



Платформы WSN

Intel Mote 2

- 320/416/520 МГц PXA271 XScale микропроцессор
- 32 Мбайта Флеш-памяти
- 32 Мбайта ОЗУ
- Mini-USB интерфейс
- I-Mote2 коннектор для внешних устройств(31+21 pin)
- Radio: ChipCon CC2420
- Светодиодные индикаторы
- Питание от трех батарей AAA



Платформы WSN

Cyclops Imager

- Agilent Imager
 - CMOS, среднее качество(128x128) и малопотребляющая (46 мкВт/100 нВт).
- Внешняя ОЗУ
- Внешняя Флеш-память.
- Примеры приложений:
 - Детектирование движений, безопасность.
 - Фонология.



128x128 Image

Ограничения и Вызовы

Ограничения в сенсорных сетях

- Автономность

Беспроводные сенсорные сети могут разворачиваться на удаленных труднодоступных территориях(леса, горы, места землетрясений), где невозможно обеспечить доставку электроэнергии.

Сенсорные узлы должны экономить энергию.

- Время жизни

Заменить батареи на сенсорных узлах очень дорого и требует много времени.

Необходимо обеспечить время жизни сети 1-2 года.

- Стоимость

Беспроводные сенсорные сети могут состоят из тысячи и десятков тысяч узлов.

Необходимо уменьшить стоимость узлов (<10\$)

- Форм-фактор

Многие приложения сенсорных сетей требуют небольших размеров узлов.

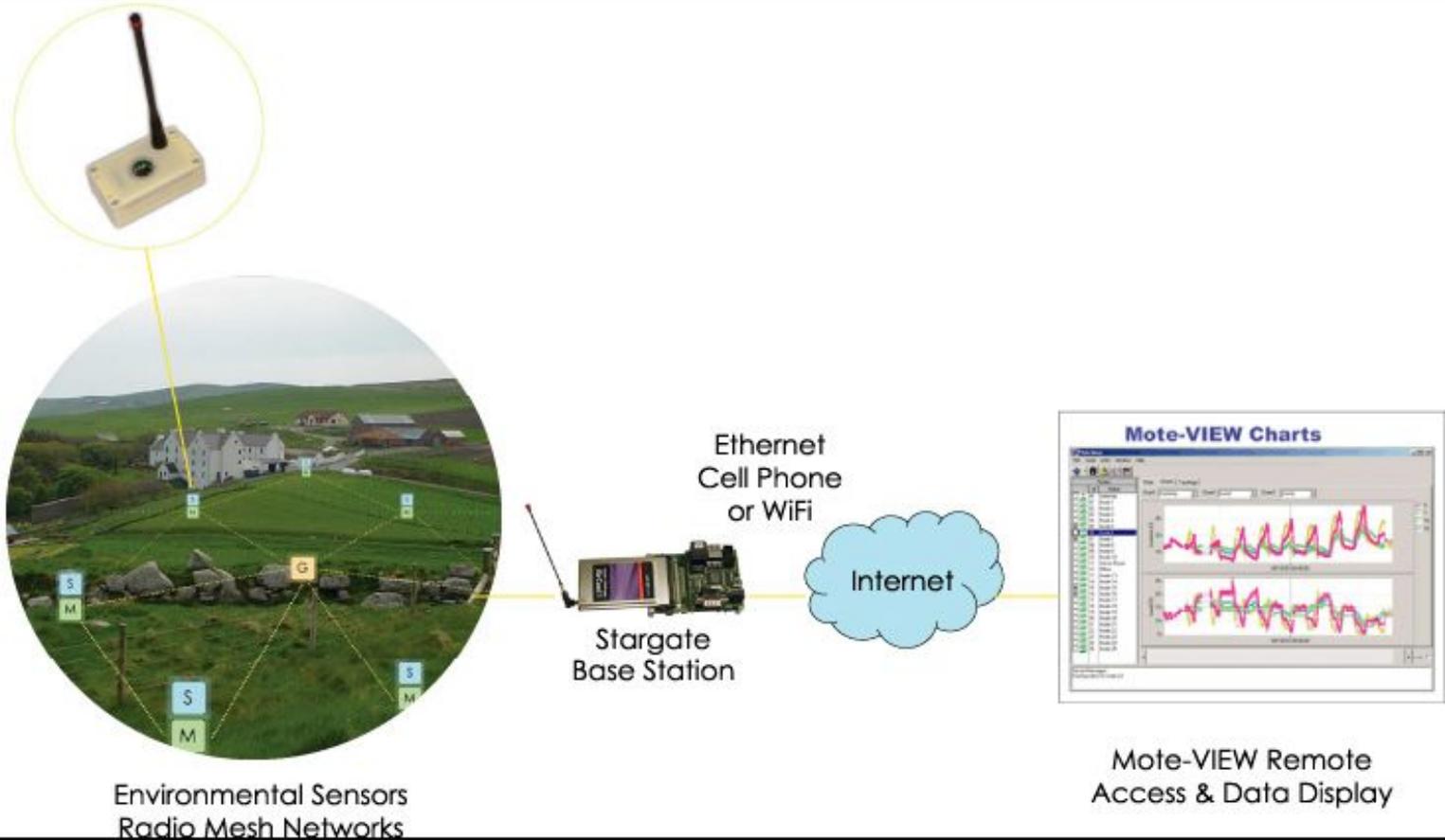
Challenges

- Радио
 - Обеспечить надежную связь в условиях сильной нестабильности беспроводных каналов 802.15.4
 - Временная синхронизация, работа по расписанию.
- Сенсоры
 - Калибровка, синхронизация, локализация.
 - Отслеживание явлений, зона покрытия(Sensing Coverage).
- Система
 - Программирование индивидуальных узлов и все системы в целом.
- Вычисления vs Передача информации
 - Обработка данных прямо на узле, чтобы уменьшить информацию для передачи по сети.
- Управление данными
 - Хранение, удаление, обработка, перераспределение.

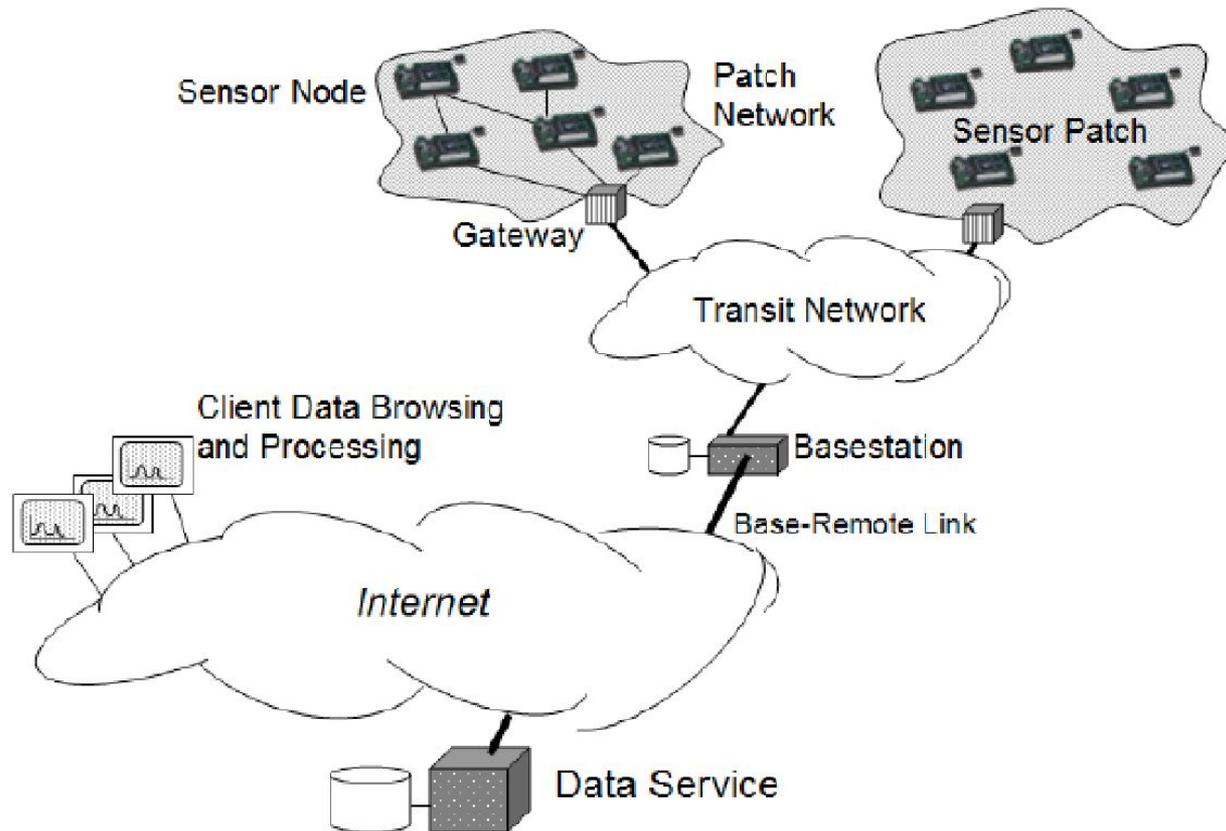
Отличие от других распределенных систем

- Энергия, энергия и еще раз энергия.
 - Сокращение энергозатрат во всем, эффективная оптимизация.
 - Распределенные системы не имеют дела с коррелированными данными
 - Задачи комбинирования маршрутной информации и обработки данных в узлах уникальны для сенсорных сетей.
 - Намного более серьезные ограничения
 - Малые скорости, малые объемы информации.
 - Самоорганизация, интеллектуальность, автономность.
 - Нет IP адресов, нет DNS.
-

Типичные решения



Типичные решения



Описание курса

Цели курса

- Ознакомить слушателей с технологиями беспроводных сенсорных сетей, понять алгоритмы их работы, какие существуют ограничения.
 - Дать основные навыки программирования в операционной системе TinyOS.
 - Ознакомить с задачами, которые интересны и актуальны.
 - Развить навыки самостоятельной работы с научными статьями.
 - Дать практический опыт работы с сенсорными узлами.
-

Охваченные темы

- Приложения сенсорных сетей
 - Беспроводные каналы связи
 - Канальный уровень сенсорных сетей
 - Протоколы маршрутизации
 - Связность. Зоны покрытия. Локализация.
 - Временная синхронизация.
 - Программирование в TinyOS.
 - Системы моделирования сенсорных сетей.
-

Guest Speakers

Guest Speaker: Жеденов Вадим – основной разработчик сенсорных систем компании «Лаборатория Беспроводных Сетей».

Краткая аннотация: Проект Газпрома. Какие стояли задачи, какие были проблемы, как они решались.

Guest Speaker: Мишагин Костя – к.ф.-м.н .

Краткая аннотация: Связность в беспроводных сенсорных сетях, методы анализа связности, метода повышения связности.

Презентация статей

- Подготовка обзора научной статьи из предложенного списка на 10-15 мин.
 - Обзор должен включать подробный анализ статьи, необходимо выделить основную проблему, методы ее решения и выводы которые сделали авторы.
 - Необходимо провести критический анализ выбранной работы, указать на ее достоинства и недостатки. Если возможно сравнить с другими работами в этой области.
 - Если Вы присутствуете на курсе – участвуйте!
-

Лабораторная работа

- Написание программы в TinyOS для узлов Tmote Sky.

Программа должна состоять из двух частей, одна из которых устанавливается на узел-базовую станцию(БС) другая на узел-сенсор(УС). Алгоритм работы программы состоит в следующем: БС периодически посылает запрос на данные, УС по получению этого запроса, считывает данные с датчика температуры и посылает полученное значение на БС. БС выводит полученное значение на экран компьютера или в файл.

- Работа Mote-PC, Mote-to-Mote, работа с датчиками.

Сайт курса

<http://www.sumkino.com/wsn/course>

Литература

- Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring, A. Mainwaring, J. Polastre, R. Szewczyk, D. Culler, and J. Anderson, WSNA 2002. .
- A Survey on Sensor Networks Ian F. Akyildiz, WellJan Su, Yogesh Sankarasubramaniam, Erdal Cayirci .
- Sensor Networks Evolution, Opportunities, and Challenges CHONG AND KUMAR
- Connecting the Physical World with Pervasive Networks Deborah Estrin, David Culler and Kris Pister, Gaurav Sukhatme
- Sensor Networks for Emergency Response: Challenges and Opportunities, K. Lorincz, D. Malan, T. Fulford-Jones, A. Nawoj, A. Clavel, V. Shnayder, M. Welsh and S. Moulton, IEEE Pervasive Computing, 2004.

Конец
