Беспроводные сенсорные сети

Сайт курса:
http://www.sumkino.com/wsn/course

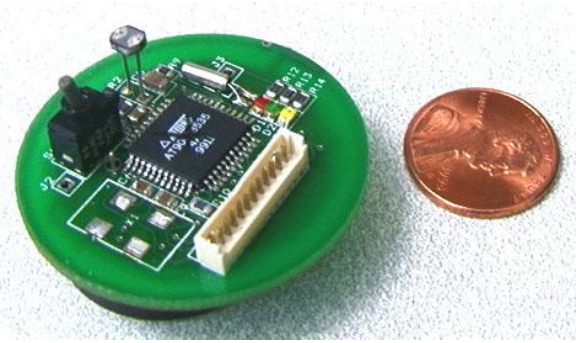
Садков Александр
Аспирант РФ
axel@wl.unn.ru
http://www.wl.unn.ru

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

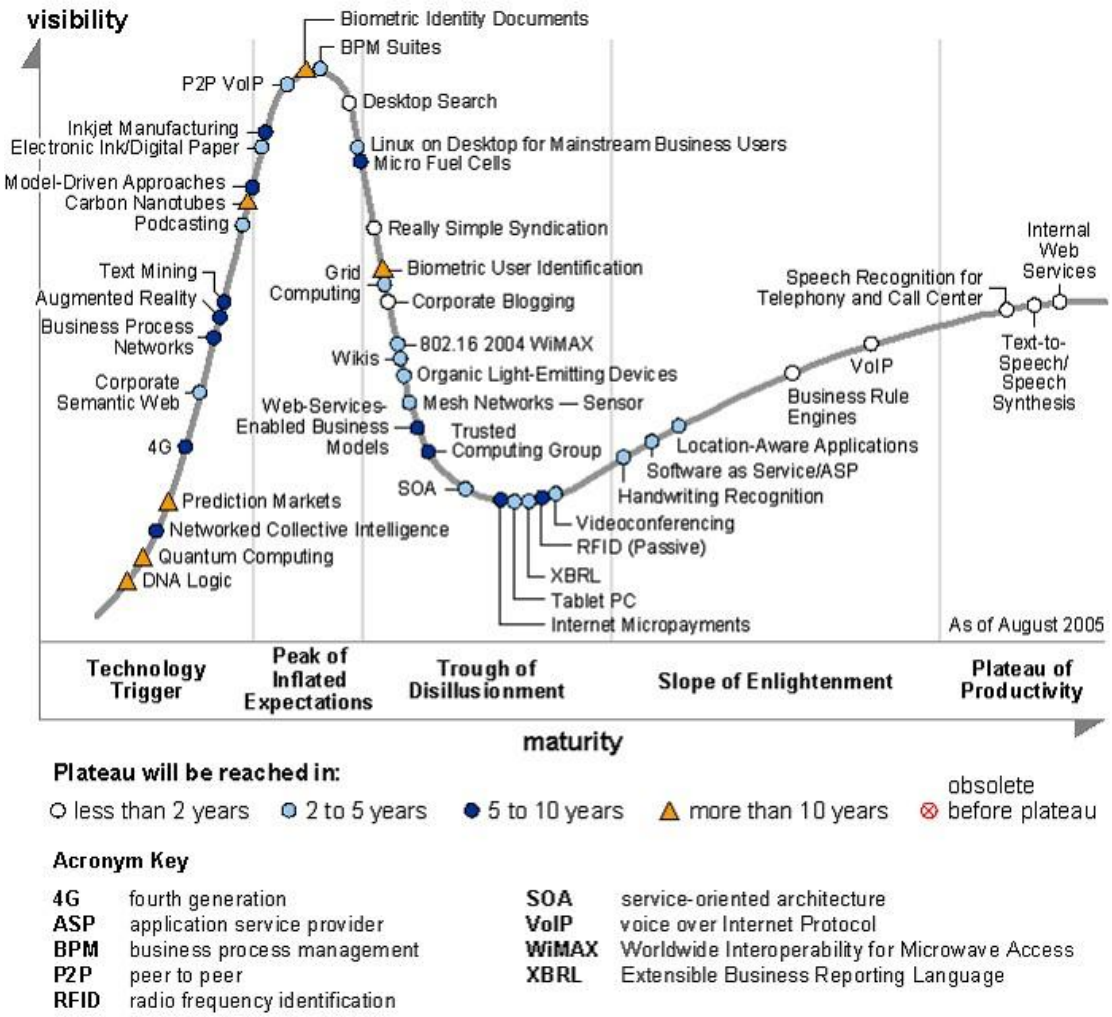
- By 2008, there could be 100 million wireless sensors in use, up from about 200,000 today, market-research company Harbor Research says. The worldwide market for wireless sensors, it says, will grow from $100 million this year to more than $1 billion by 2009.

  -InformationWeek Magazine

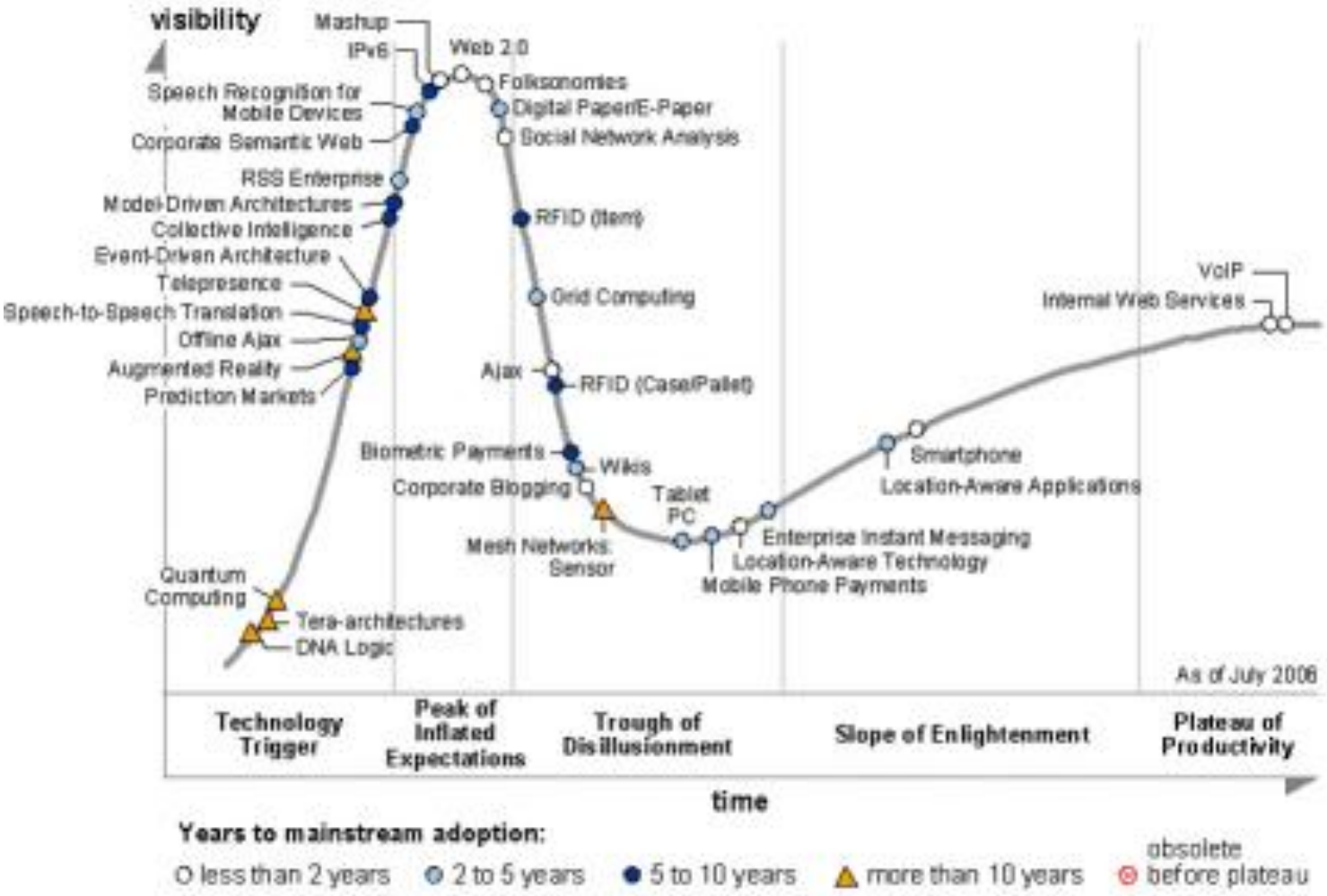
- The oil and gas industry will spend $200 million on wireless sensing networks (WSN) over the next three years.

  - On World

Беспроводные сенсорные сети



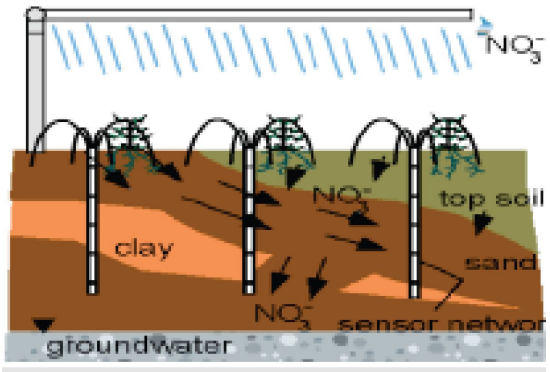
Беспроводные сенсорные сети



Приложения WSN

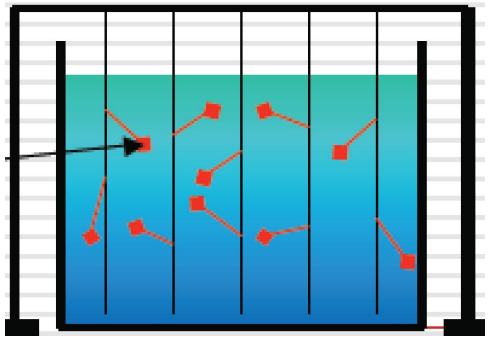
Приложения WSN

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

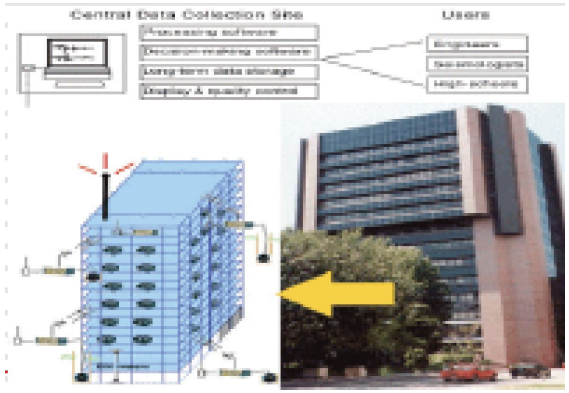


Мониторинг Экосистем

Струкрутрный и сейсмический мониторинг



Беспроводные сенсорные сети позволяют наблюдать за явлениями ранее не доступными!

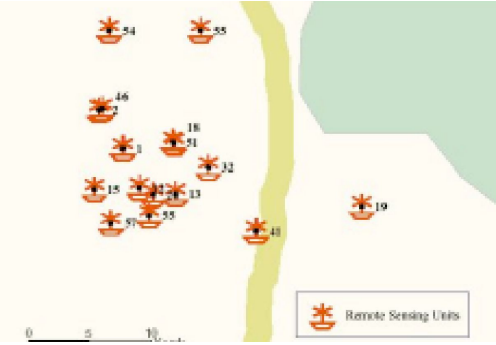


Приложения WSN

- 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

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

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
  - Железо
    - 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

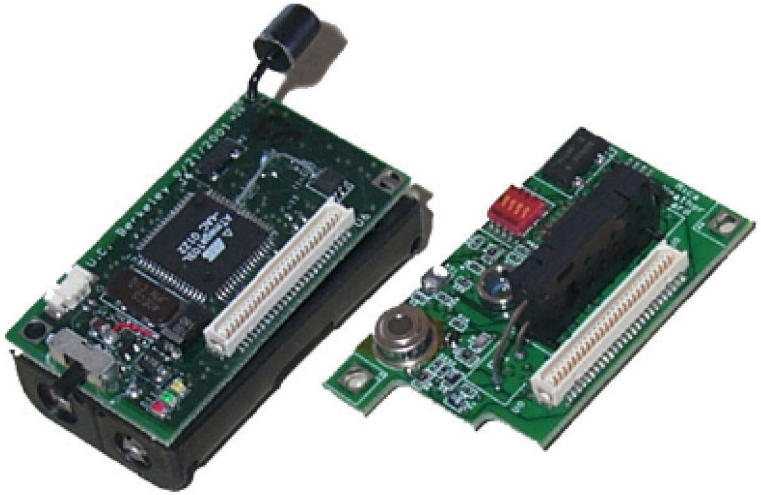
Storm Petrel Monitoring

- 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 отклибровать 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^2C 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»**

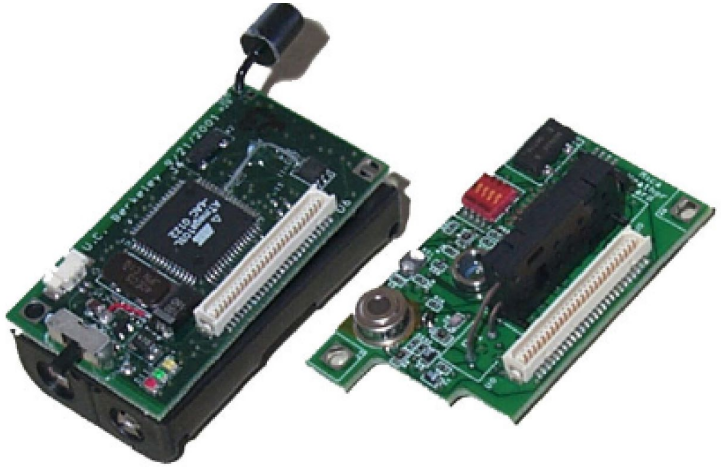
Приложения WSN

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 откликбровать 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

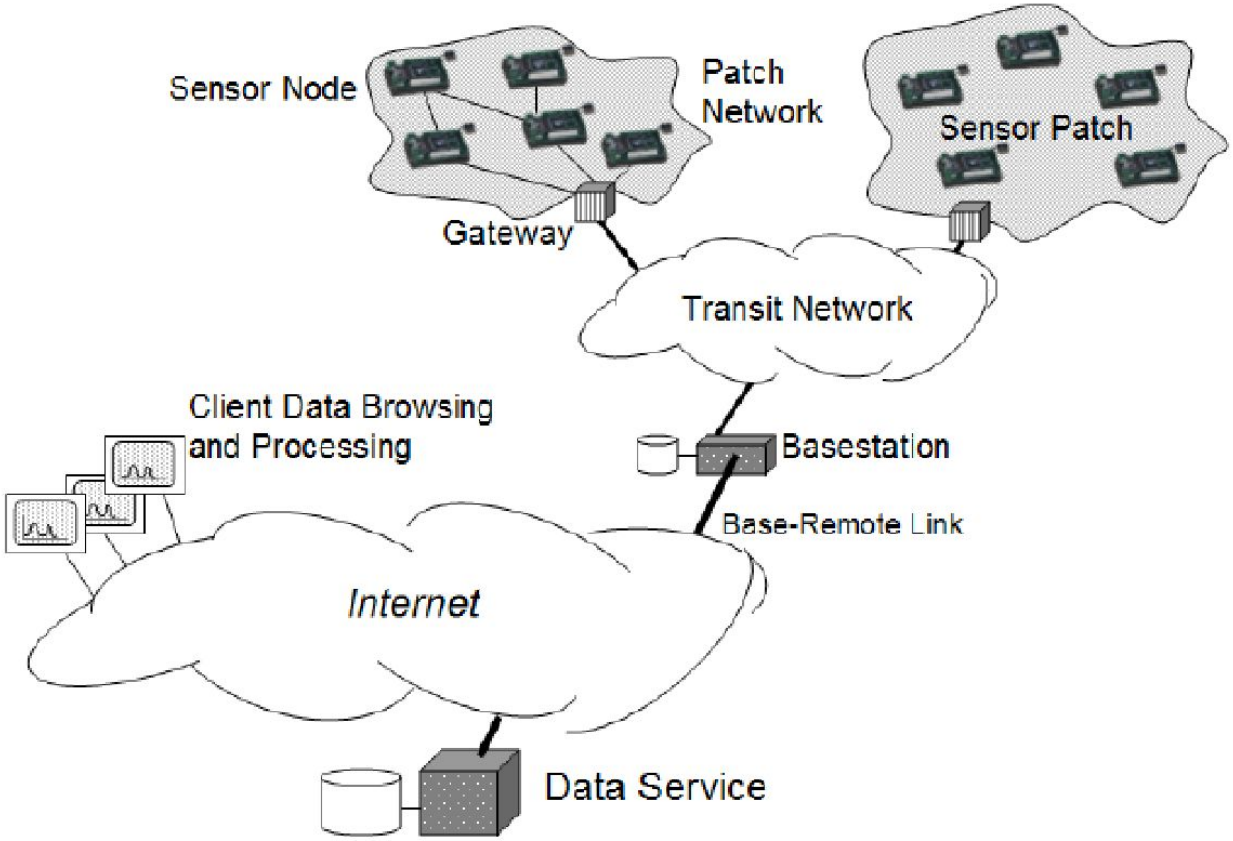
Приложения WSN

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 отклибровать 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 отклибровать 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 отклибровать 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

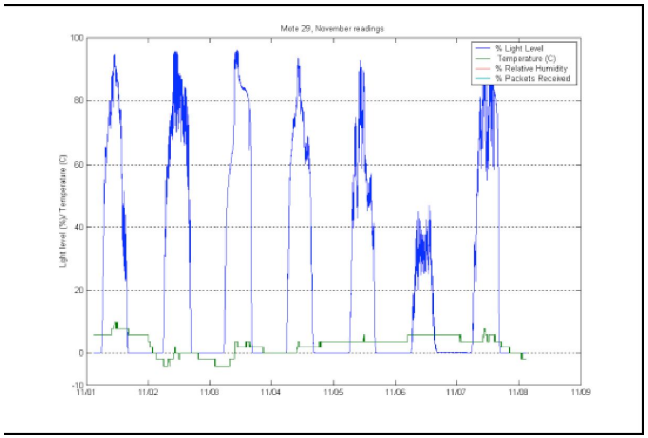
Storm Petrel Monitoring

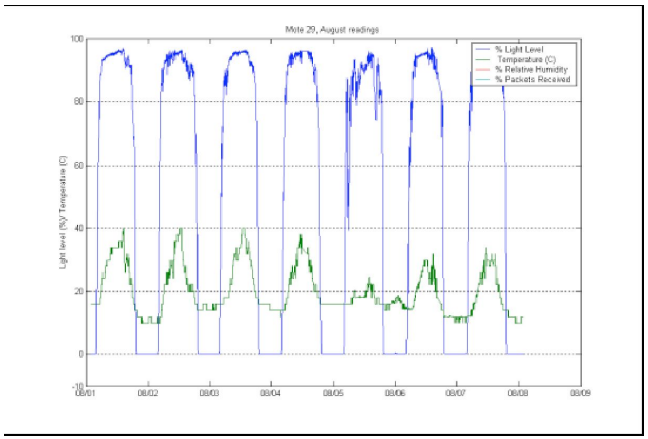
- Железо
  - Какие сенсоры использовать?
  - Какую платформу использовать?
  - Как упаковать?
- Программное обеспечение
  - Какую выбрать архитектуру системы?
  - Как управлять питанием?
  - Как обнаруживать и исправлять неисправности?
- Управление данными
  - Как отклибровать сенсоры?
    - Периодическое 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 варируются 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 отклибровать 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

CASA: Center for Adaptive Sensing of the Atmosphere, Jim Kurose et. al.

Приложения WSN

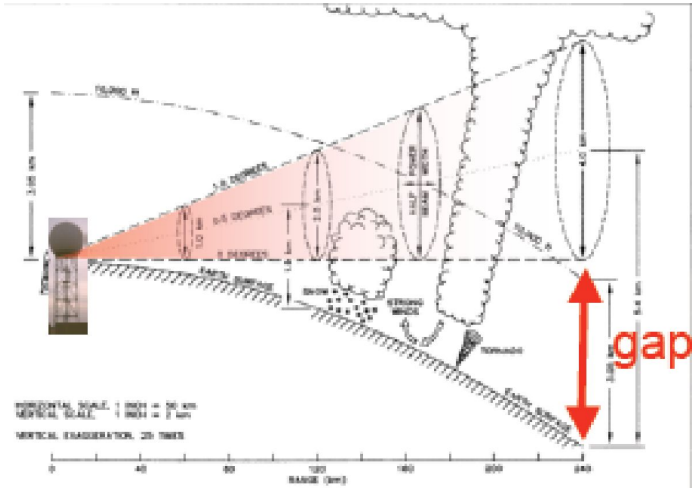
Wide-area WSN: CASA Project

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

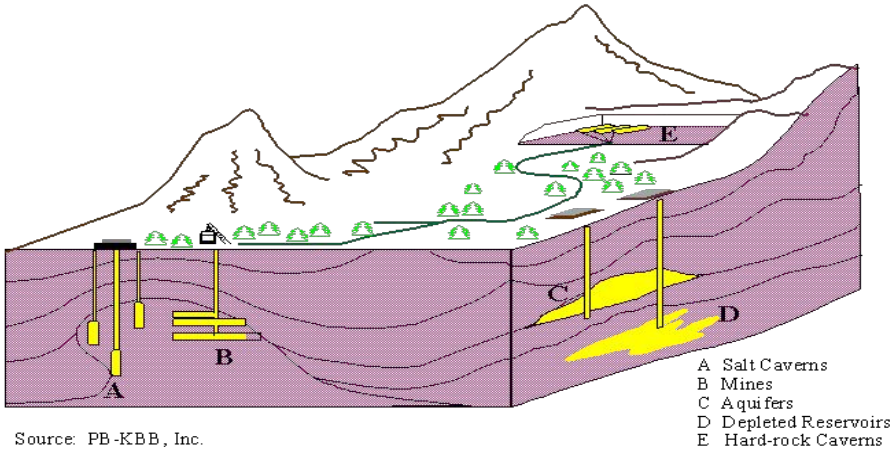
Мониторинг вибраций на борту танкеров BP Petroleum

Приложения WSN

GazProm Project

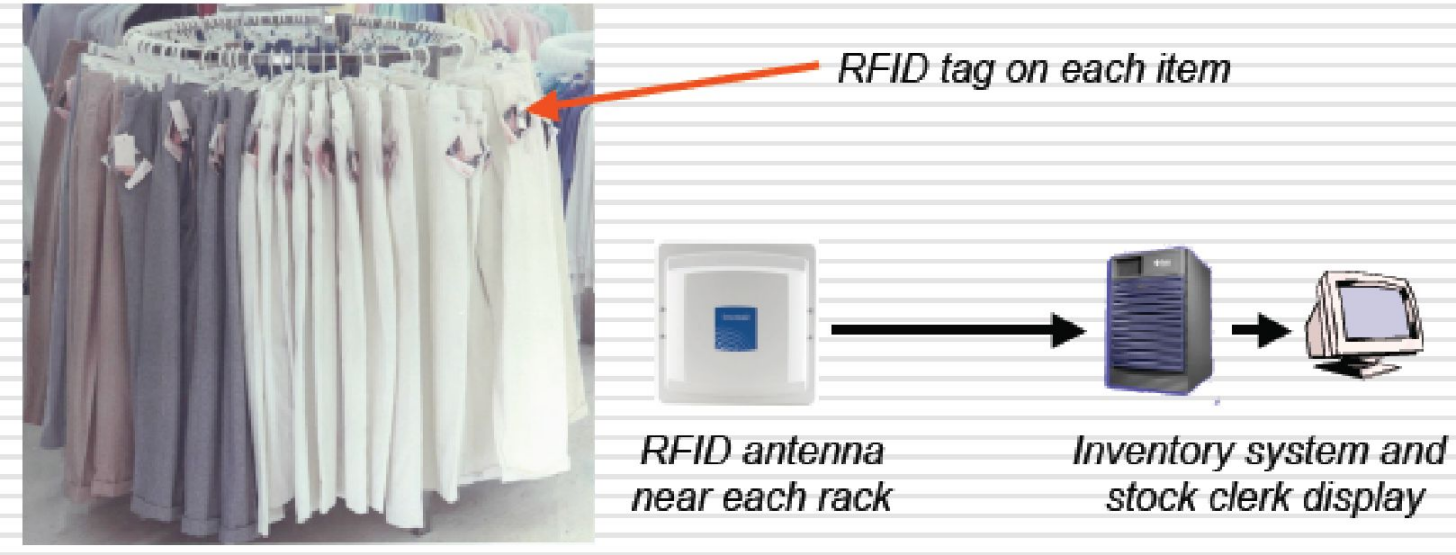
- Задача: Автоматический контроль параметров газовых хранилищ и передача этой информации на базовую станцию.

- 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



Приложения WSN

RFID Sensors



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

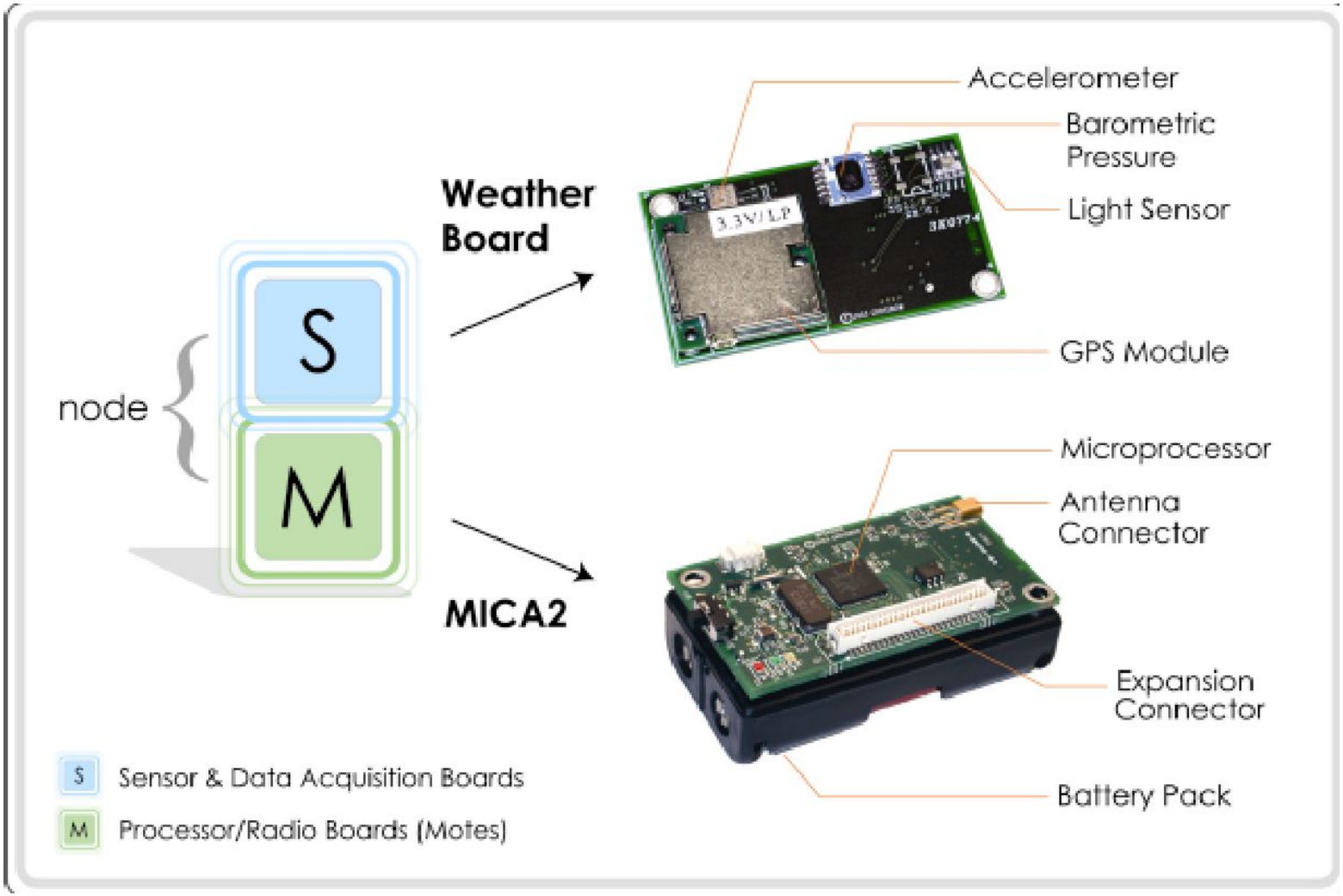
Приложения WSN

Другие приложения

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

Платформы WSN

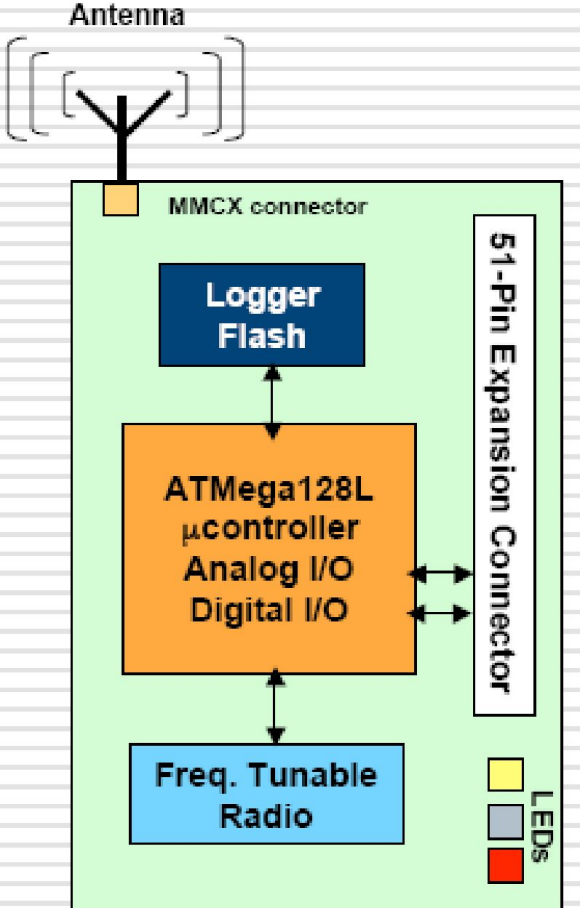
Платформы WSN



Платформы WSN

MicaZ Platform

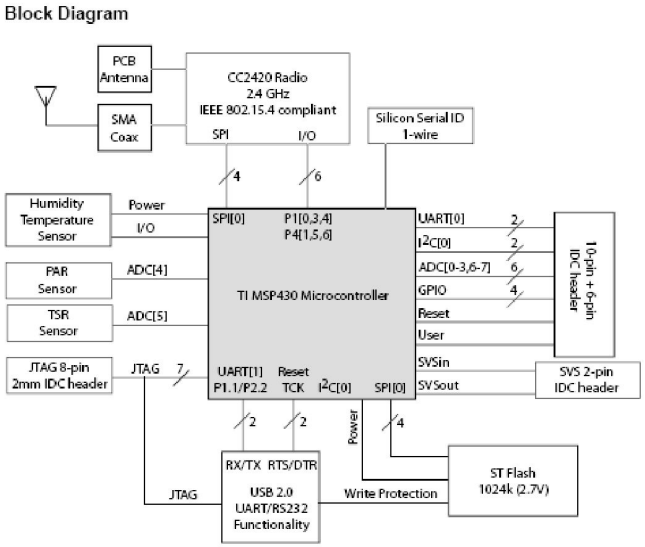
- Микропроцессор: Atmel ATmega128L
  - 7.3728 Мгц частота
  - 128 Кб флеш-памяти для программ
  - 4 Кб SRAM для данных
  - 2 UART's
  - SPI шина
  - I^2C шина
- Радио: ChipCon CC2420
- Фнешняя флеш-память: 512 Кб
- 51-pin дополнительный коннектор
  - восемь 10-битовых аналоговых I/O
  - 21 цифровых I/O
- 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
  - Втроенный 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



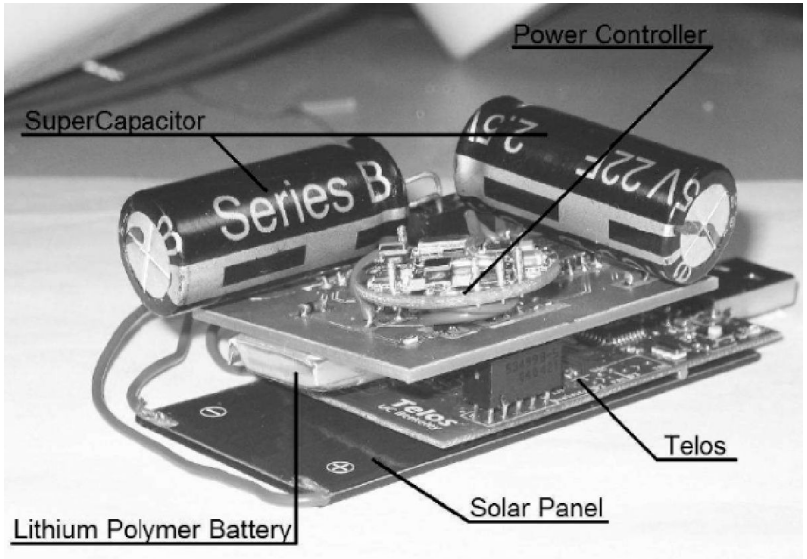
Платформы WSN

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

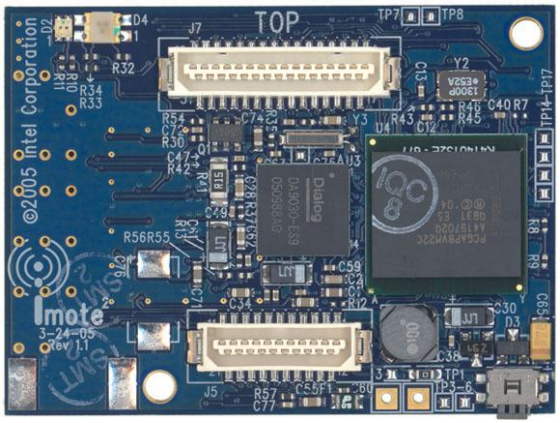
Duty Cycle	Light Required
1 %	5 hrs/ 1 mo
10 %	5 hrs/ 4 days
100 %	10 hrs/ 1 day



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 мквВт/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 электоэнергии.

  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.

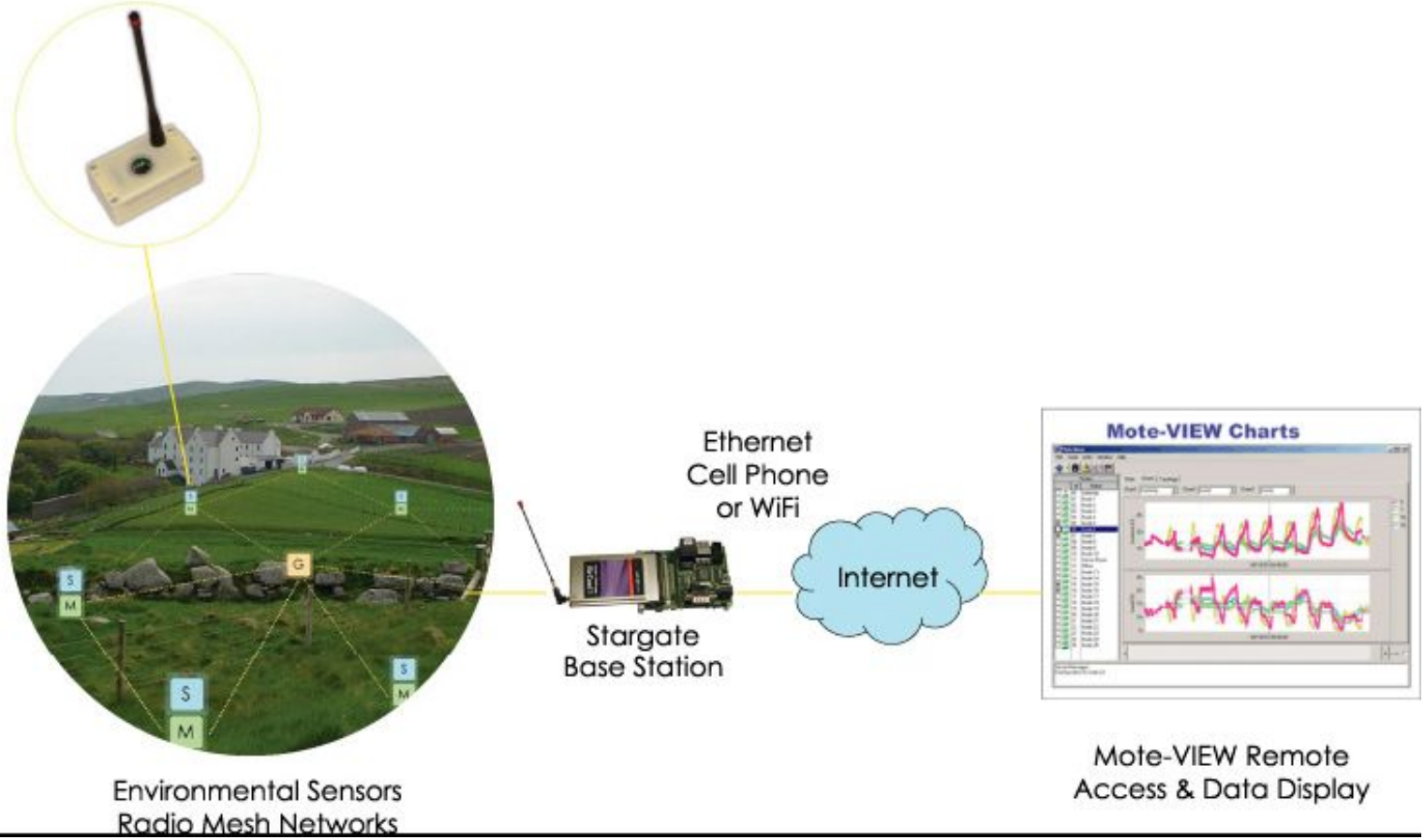
Challenges

- 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 индивидульных 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.

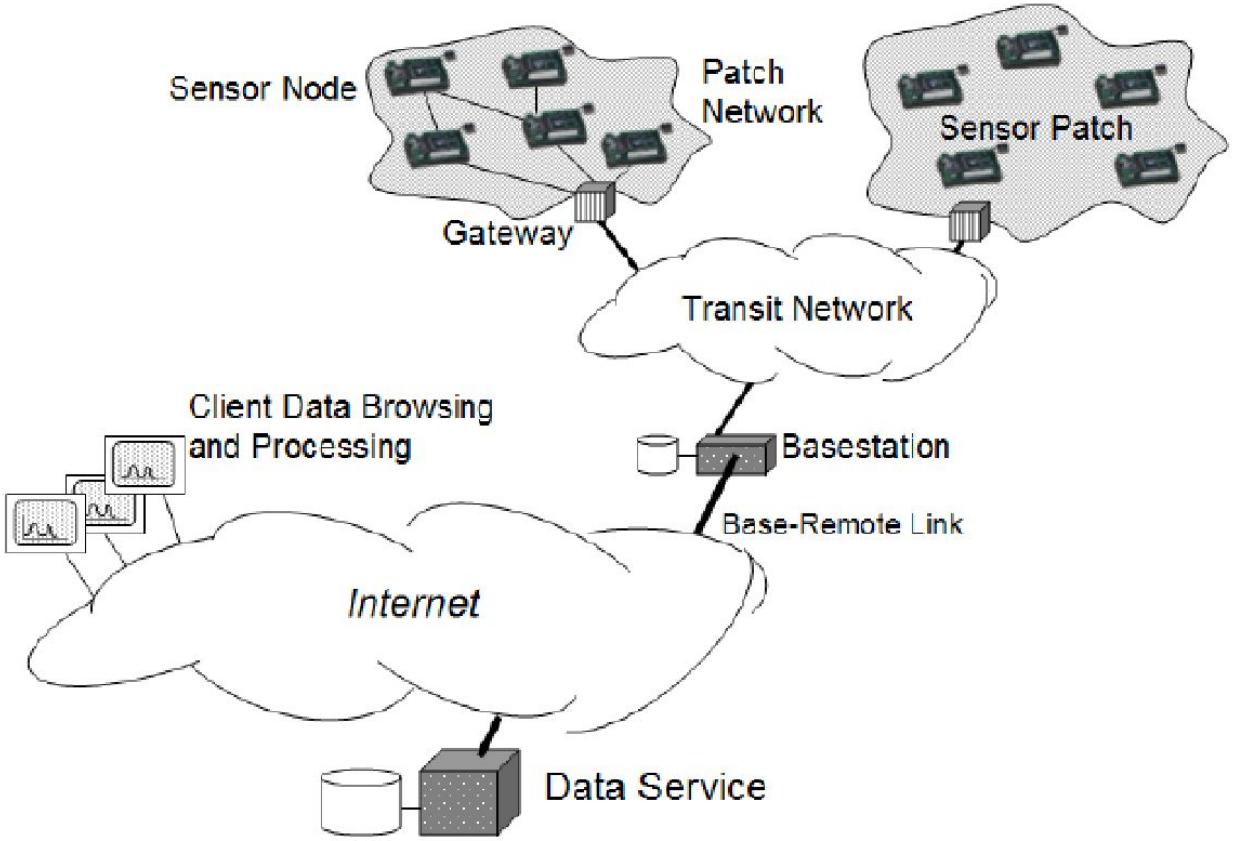
Отличие от других распределенных систем

- Энергия, энергия и еще раз энергия.
  - Сокращение эренгозатрат 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, интелектуальность, 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 програмиирования 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. Szewcyk, 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