



Universidade Federal do ABC

INF-111

Redes Sem Fio

Aula 08

Redes de Sensores Sem Fio

Prof. João Henrique Kleinschmidt

Santo André, março de 2016

Roteiro

- **Introdução**
- **Aplicações**
- **Características**
- **Nó sensor**
- **Protocolos**

Introdução

- Redes de Sensores Sem Fio (RSSF)
- Têm sido viabilizadas pela rápida convergência
 - Microeletrônica
 - Comunicação sem fio
 - Micro sistemas eletro-mecânicos(MEMS)
- Considerada como uma vertente da computação ubíqua. Um tipo especial de rede ad hoc que impõe novos desafios e oportunidades de pesquisa
- O objetivo de uma RSSF é monitorar e eventualmente controlar um ambiente

Introdução

- Formada por elementos computacionais de pequenas dimensões, dotados de sensores, processadores e dispositivos de comunicação sem fio



UC Berkeley: COTS Dust



UC Berkeley: COTS Dust



UC Berkeley: Smart Dust



UCLA: WINS



UC Berkeley: DOT



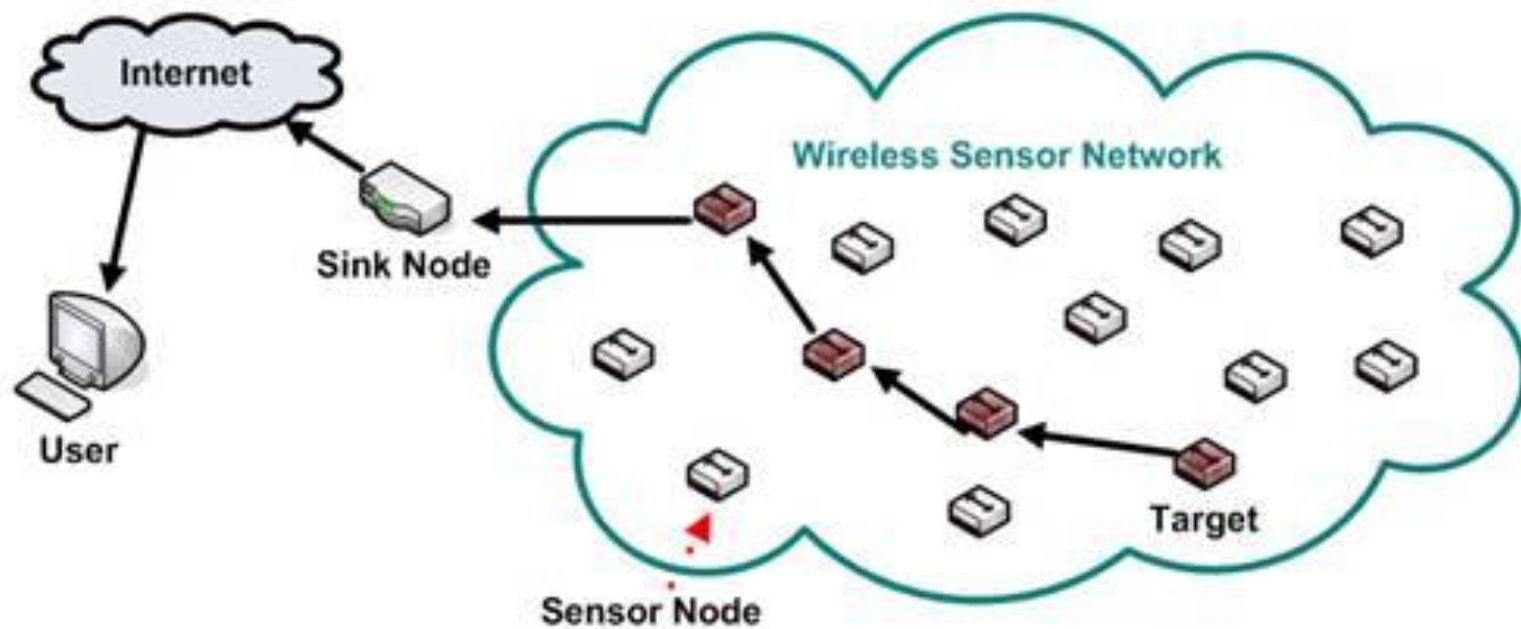
JPL: Sensor Webs



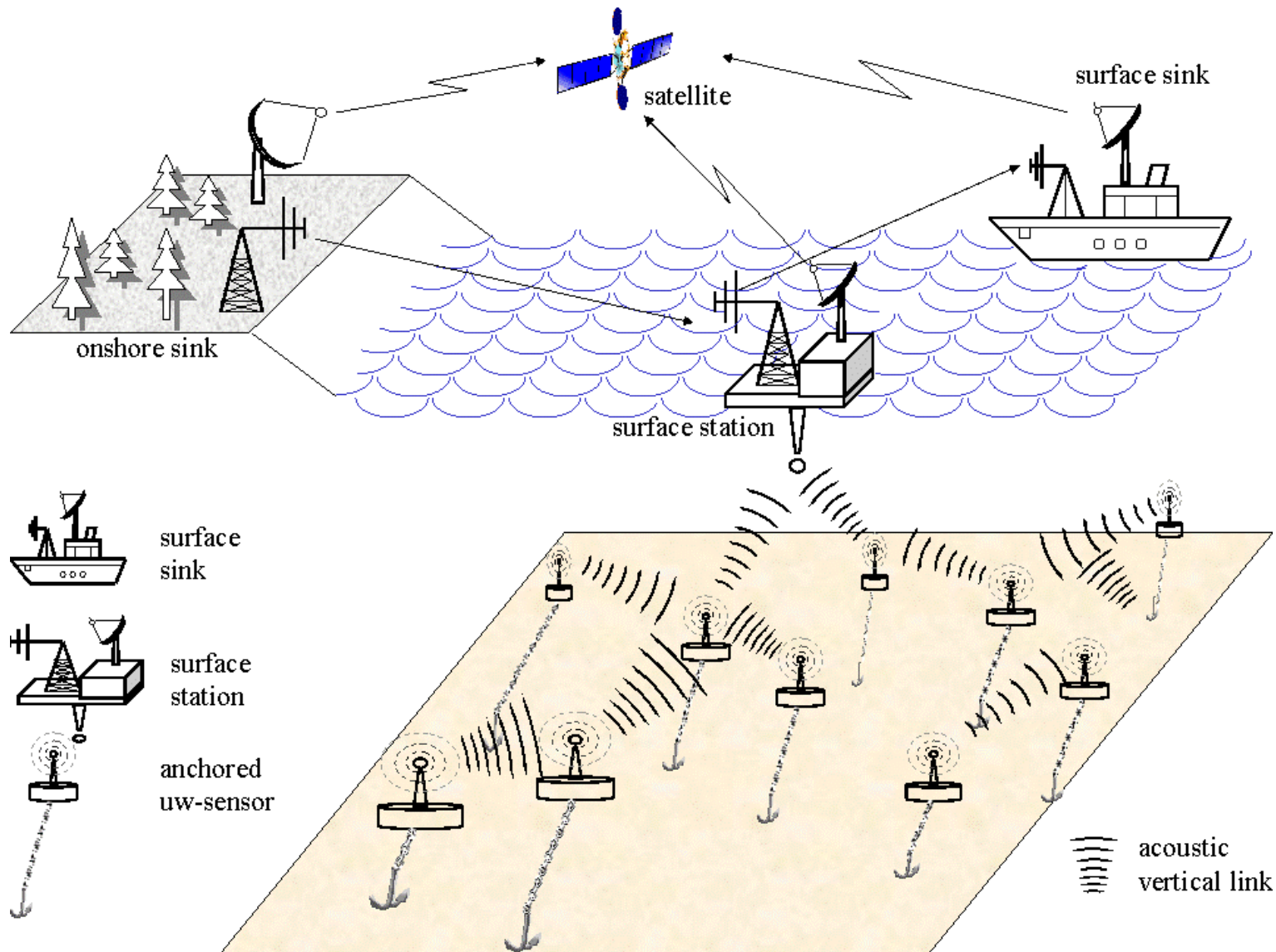
Mica2 Mote

Arquitetura - Redes de sensores

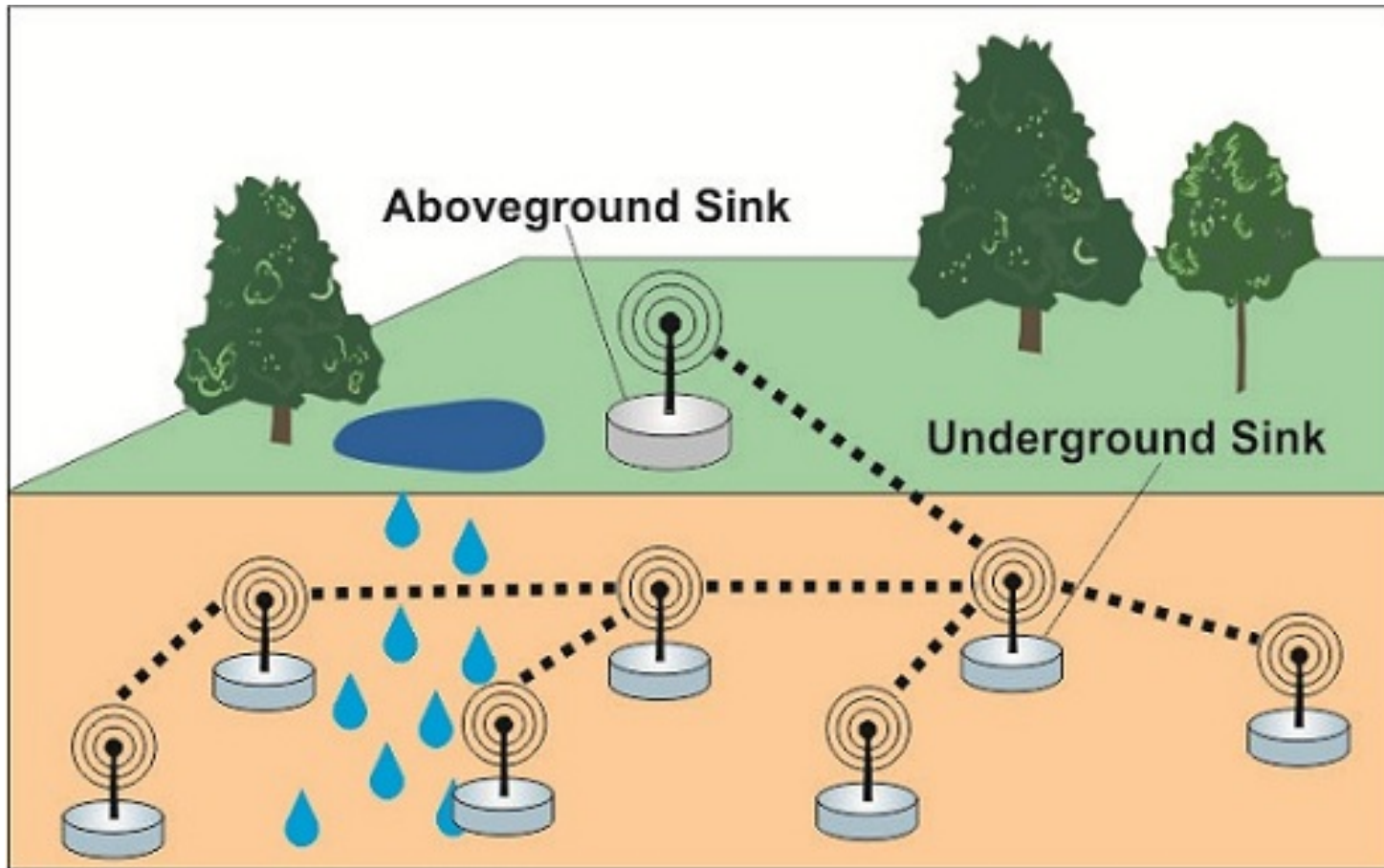
- Nós sensores
- Estação base (sorvedouro, coletor, ponto de acesso...)



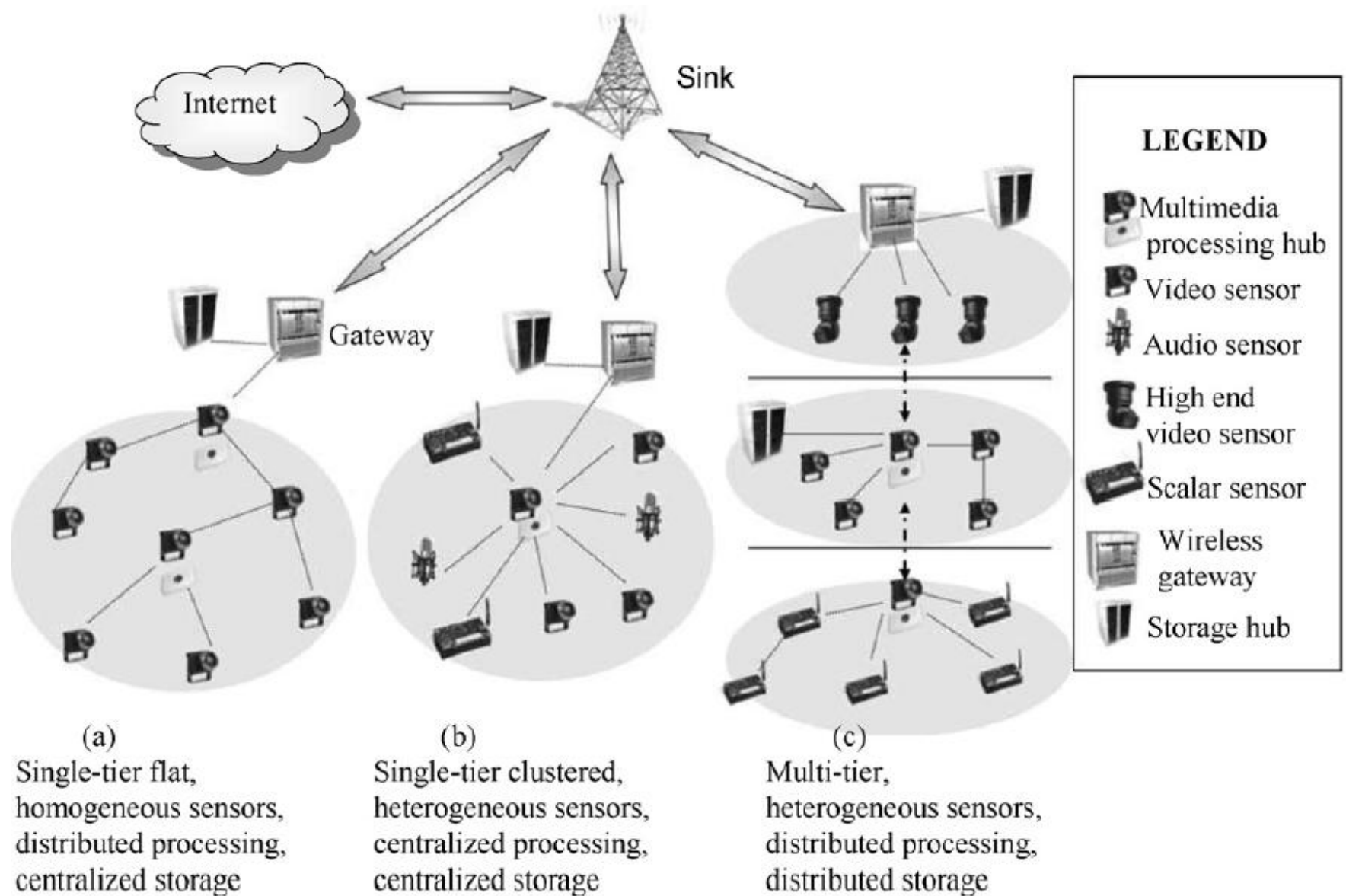
Redes de sensores subaquáticas



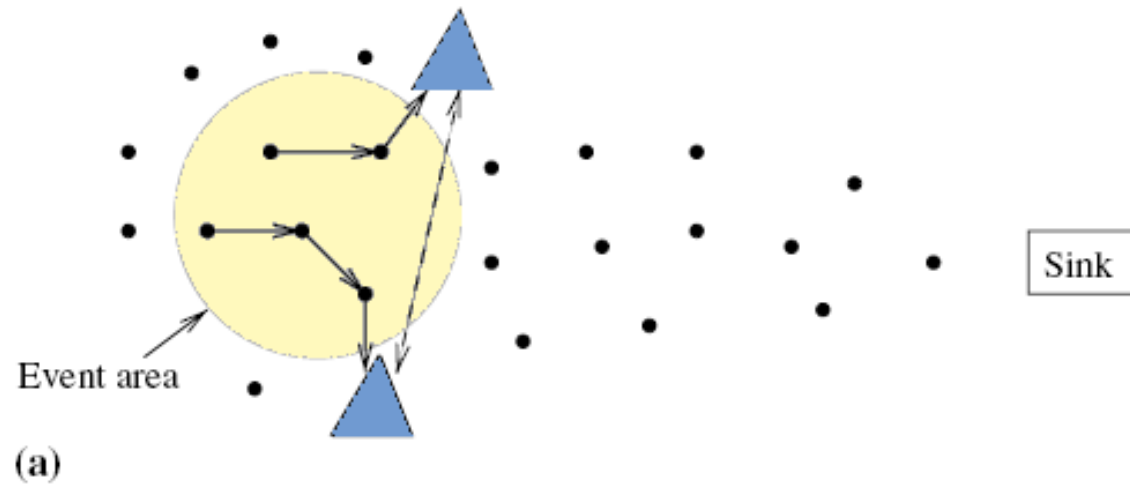
Redes de sensores subterrâneas



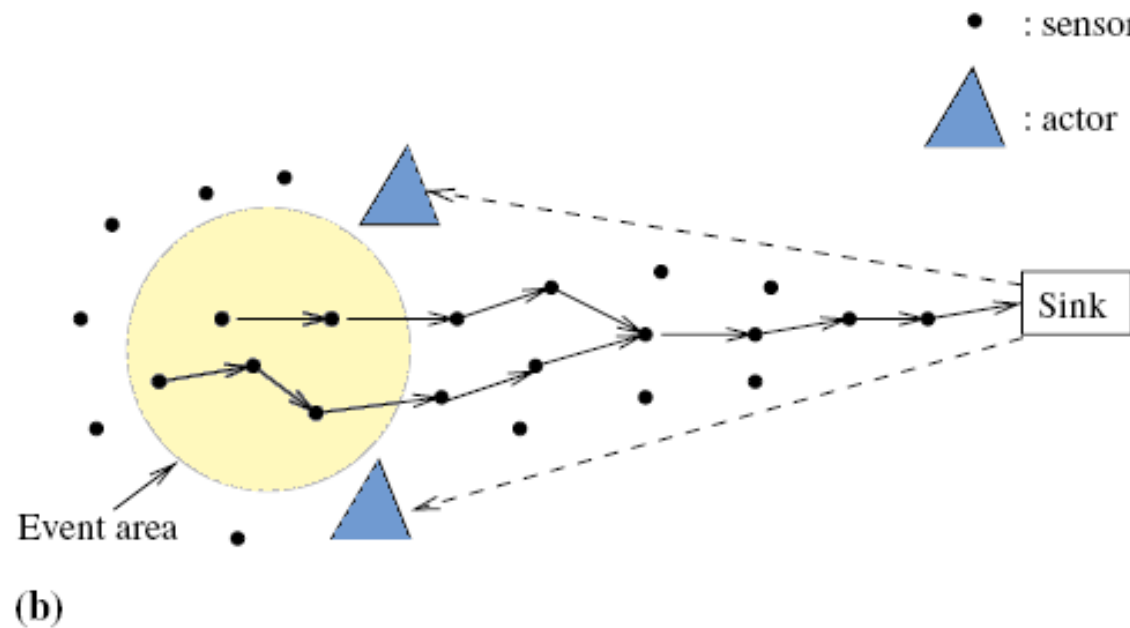
Redes de sensores multimídia



Redes de sensores e atuadores



Automatizado



Semi-automatizado

Características

RSSF com nós sensores



RSSF com nós sensores e atuadores



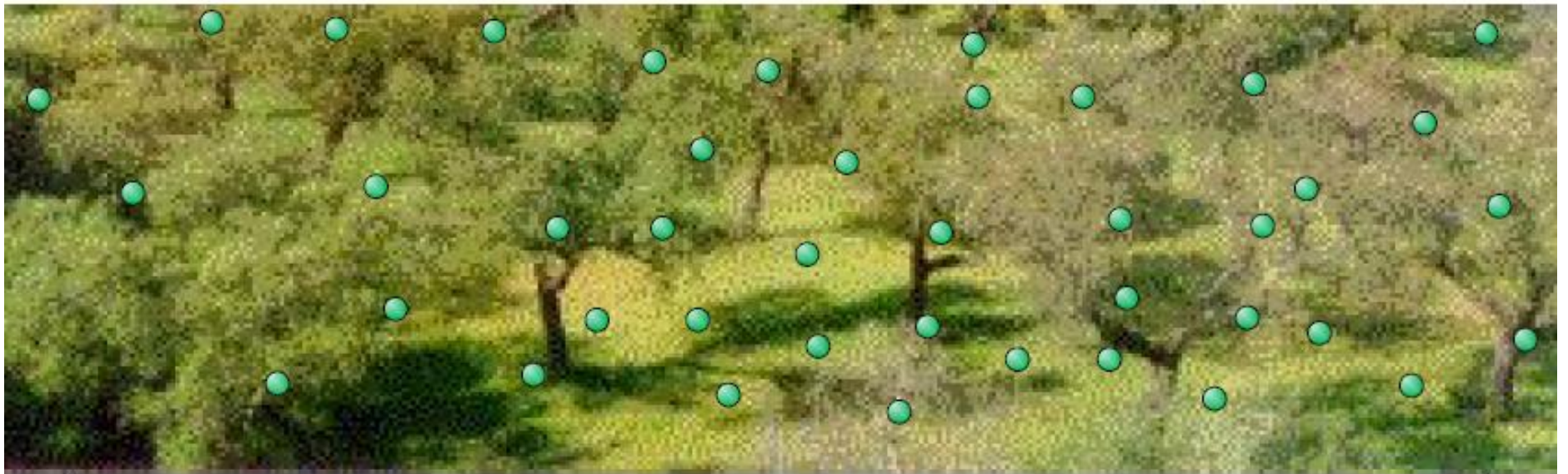
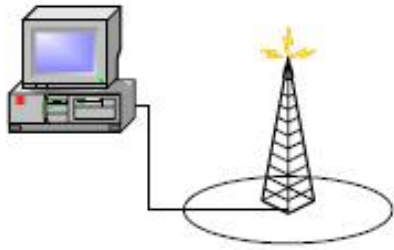
RSSF pode responder a consultas do observador



Aplicações

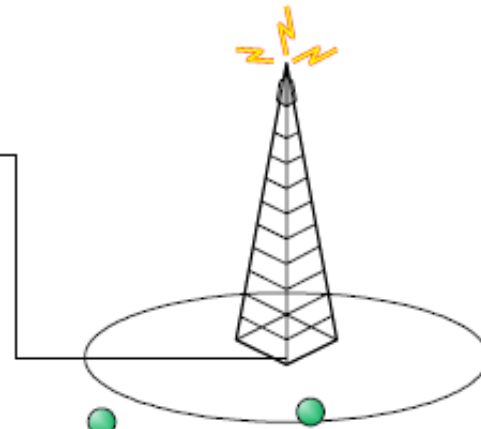
Capaz de registrar o microclima ao redor de determinadas áreas.

Computar a vida selvagem.

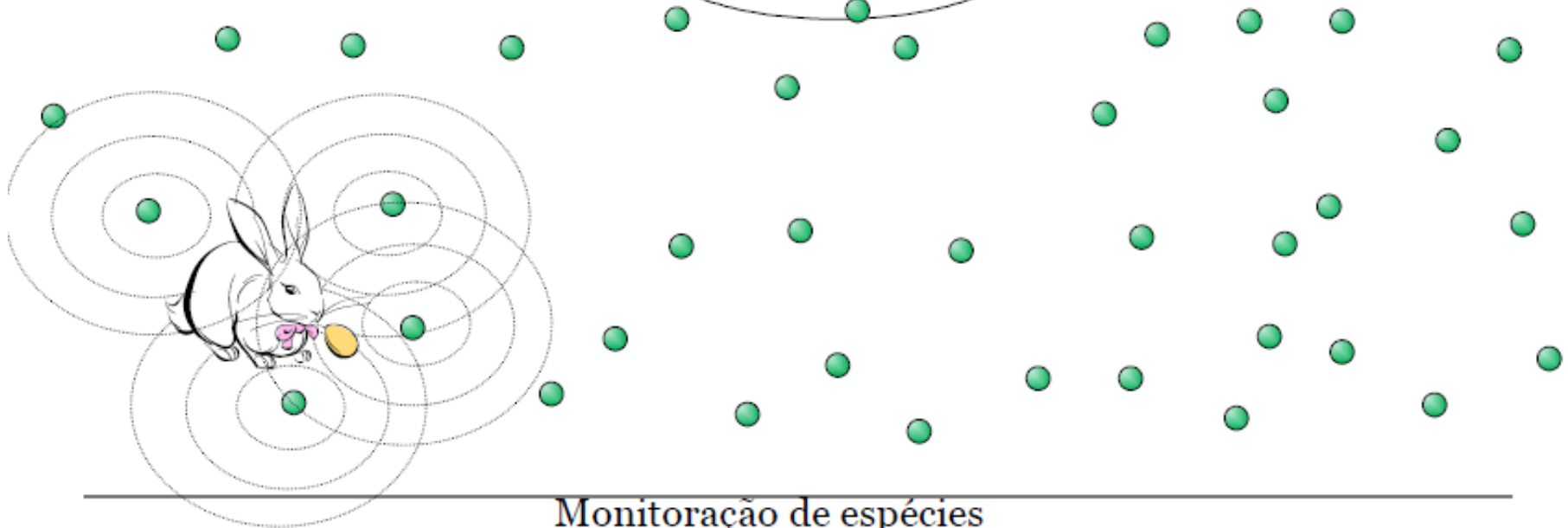


Coleta: temperatura, radiação, CO, umidade, atividade eólica...

Aplicações



Auxiliar biólogos e ecólogos a entender o comportamento da fauna e flora de determinada região.



Monitoração de espécies

Coleta: áudio, movimento, rastreamento

Exemplo real

Great Duck Island



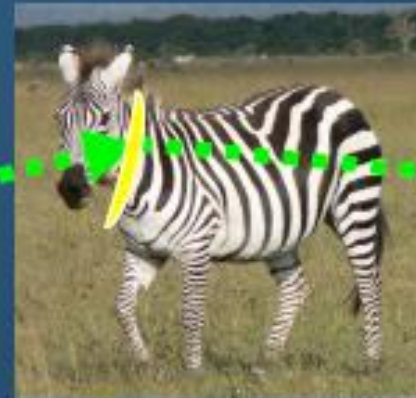
UC Berkeley/College
of the Atlantic



- 150 sensing nodes deployed throughout the island relay data (temperature, pressure, humidity, ...) to a central device.
- Data are made available on the Internet through a satellite link.

Exemplo real

Zebranet: a WSN to study the behavior of zebras

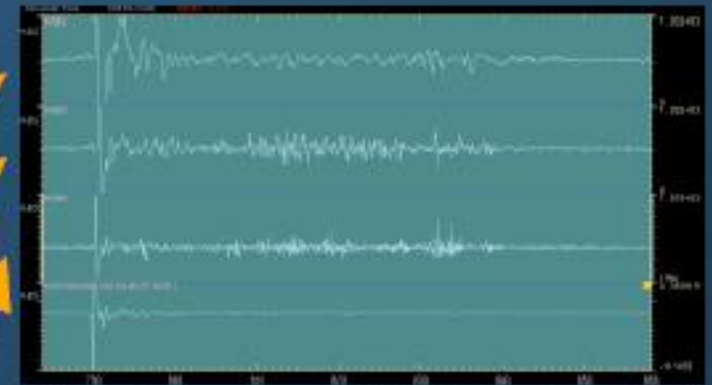
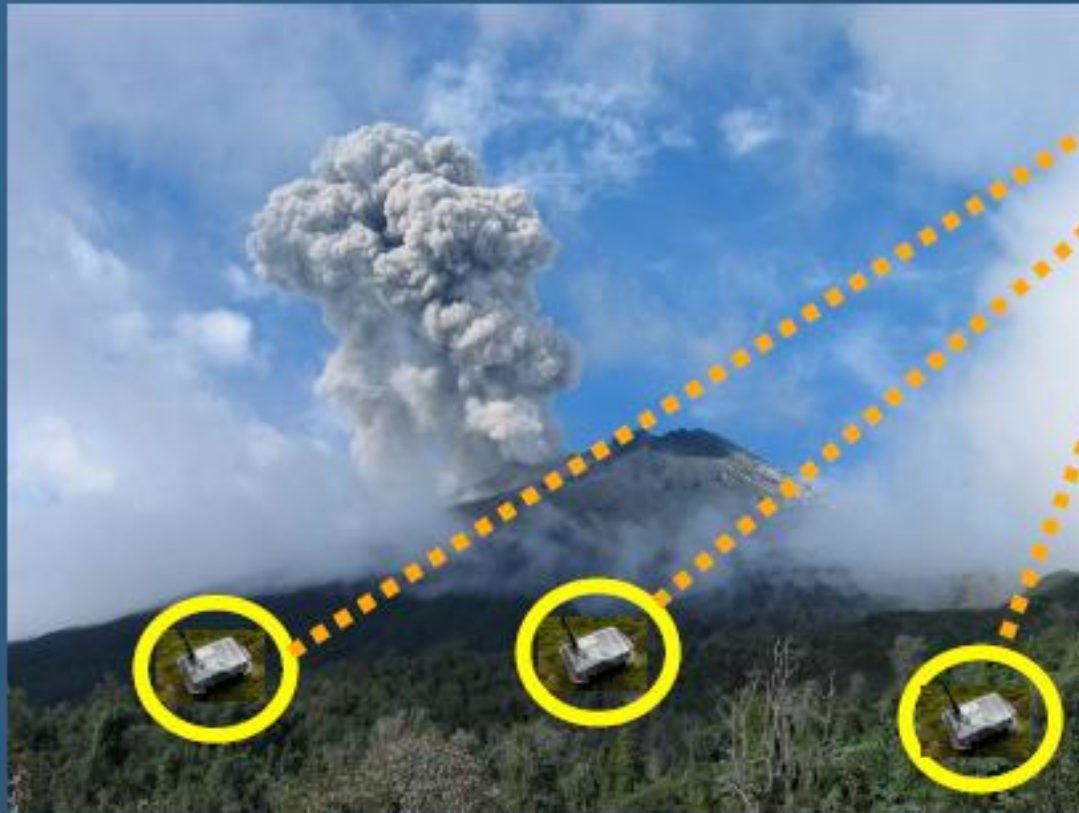


Princeton University

- Special GPS-equipped collars are attached to zebras
- Data exchanged with peer-to-peer info swaps
- Coming across a few zebras gives access to the data

Exemplo real

Volcano Monitoring in Ecuador



Phenomena whose monitoring discourages human presence are best observed with WSNs.

Harvard, Univ. of New Hampshire, Univ. of NC

Exemplos



- Fábrica de semicondutores da Intel



- Resposta ao vento da Ponte Golden Gate, São Francisco, EUA

Aplicações



Monitoração Ruído e Tráfego



Monitorando a Qualidade do Ar em área urbanas

Aplicações

- Agricultura de precisão
- Monitoração de infraestrutura (pontes, plataformas de petróleo, etc)
- Militares
- Medicina
- Robótica
- Interplanetárias
- Cidades Inteligentes
- Outras

Nó Estação base

- Em RSSFs é geralmente chamado de coletor ou sorvedouro (ponto de acesso, gateway, etc)
- Em comparação com um nó sensor:
 - Maior tamanho, capacidade de processamento e armazenamento
 - Maior alcance de transmissão
 - Energia fornecida por bateria de maior capacidade ou rede elétrica
 - Geralmente estacionária
 - Às vezes móveis (ex: drones)

Dispositivos de Sensoriamento

Poucos, grandes, caros

Poderosos em sensoriamento e interfaces de comunicação

Muitos, pequenos, baratos

Pouca capacidade de sensoriamento e interfaces de comunicação limitadas



Satélites



Data loggers,
Controladores de tráfego,
Sensores médicos

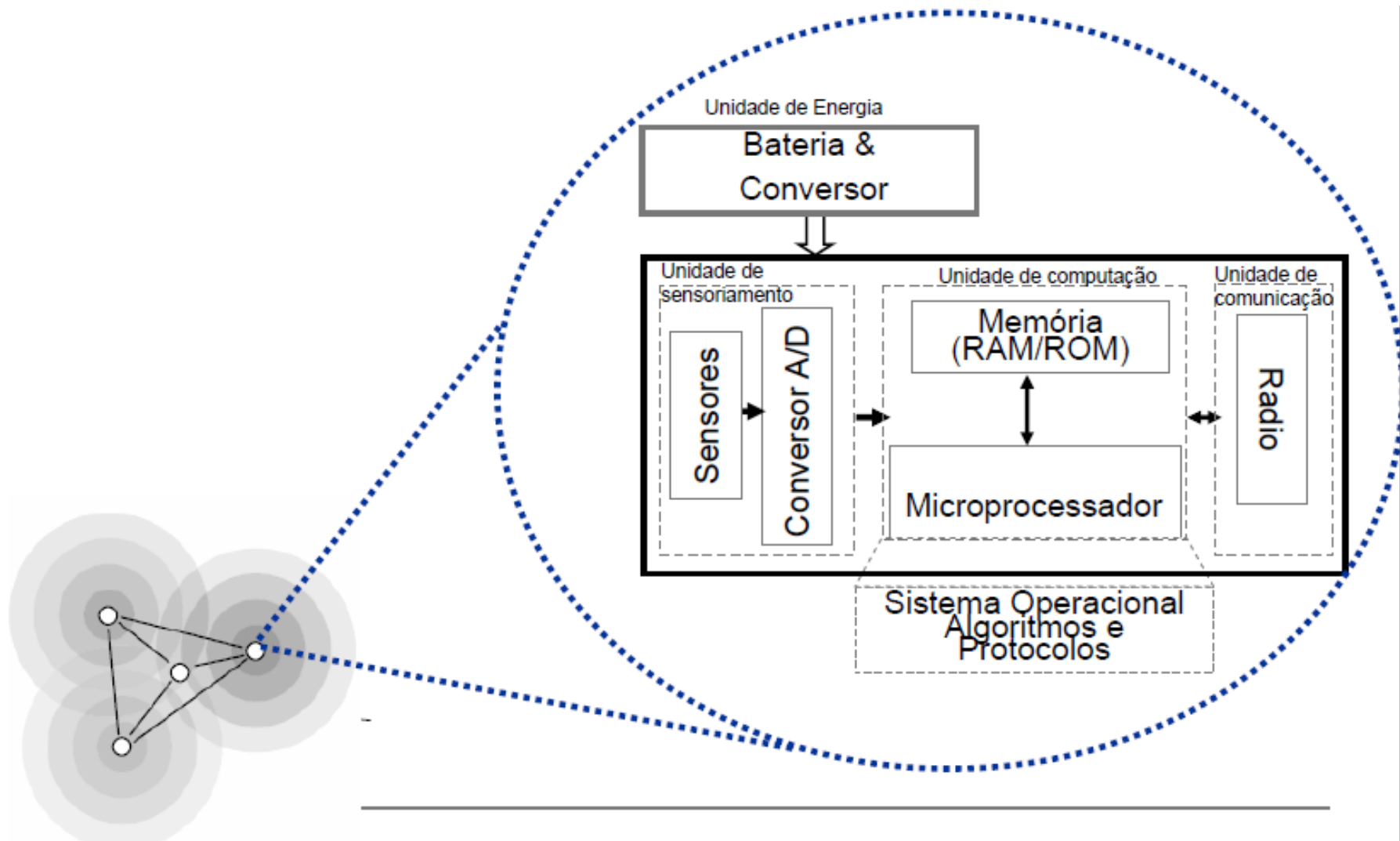


RSSFs

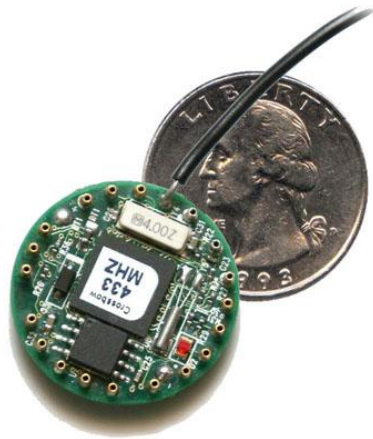
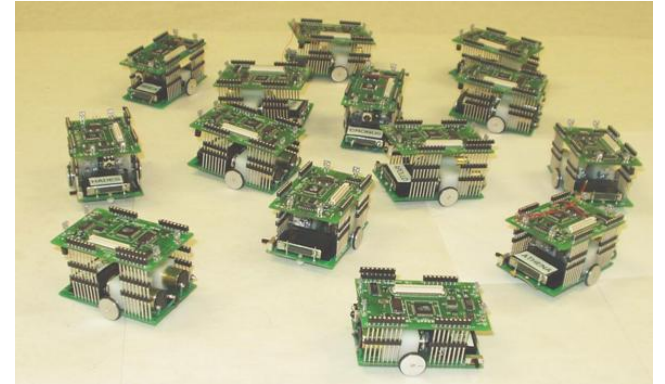
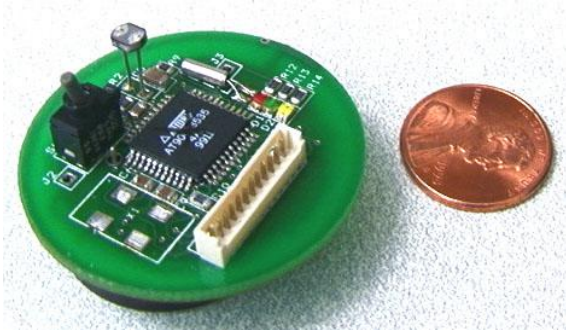


Etiquetas RFID






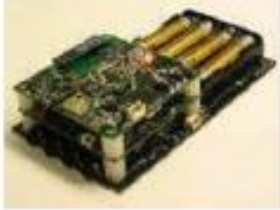



Arquitetura de um Nó Sensor (mote)



Nós sensores (motes) – estáticos ou móveis



Hardware

| | | |
|--|---|---|
|  <p>A small green microchip is shown next to a ruler for scale. The ruler has markings for millimeters and centimeters. The text "32 nds" is visible at the top of the ruler.</p> |  <p>Two images: on the left, a hand holds a small, round, metallic object; on the right, a blue rectangular device with a small antenna is shown.</p> |  <p>Three circular green microchips are shown, one of which is placed next to a silver coin for scale.</p> |
| <p>Smart Dust (Universidade de Berkeley)</p> | <p>WINS (UCLA)</p> | <p>Mica2Dot (Universidade de Berkeley)</p> |
|  <p>A green printed circuit board (PCB) with various electronic components, including a microcontroller and connectors.</p> |  <p>A hand holds a green PCB with a microcontroller and other components, showing its compact size.</p> |  <p>A green PCB with several yellow cylindrical components, likely capacitors or batteries, mounted on it.</p> |
| <p>BEAN (Universidade Federal de Minas Gerais)</p> | <p>EYES (Universidade de Twente)</p> | <p>uAMPS (MIT)</p> |
|  <p>A green PCB with a microcontroller and a small antenna, mounted on a black plastic housing.</p> |  <p>A hand holds a green PCB with a microcontroller and other components, showing its compact size.</p> |  <p>A green PCB with a microcontroller and other components, connected to a black cable.</p> |
| <p>Mica Z (Universidade de Berkeley)</p> | <p>PicoRadio (Universidade de Berkeley)</p> | <p>CodeBlue (TelosB) (Harvard Sensor Network Lab)</p> |

- E vários outros fabricantes comerciais (alguns baseados nestes projetos)

Hardware

- Dispositivos variam:
 - Microcontrolador
 - Frequência de operação do rádio
 - Taxa de transmissão
 - Consumo na transmissão e recepção
 - Consumo por instrução do processador
 - Memória
 - Tipos de sensores
 - Sistema operacional
 - etc

| Nó Sensor | Ano | Rádio | Microcontrolador | Memória de programa |
|-----------------------------|------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|
| Mica [MIC13a] | 2001 | TR1000 | ATmega 103L | 512 kB |
| WINS [WIN01] | 2001 | Connexant RDSSS9M | StrongARM (SA-1100) | 4 MB |
| Mica2Dot [MIC13b] | 2003 | CC1000 | ATmega128L | 128 kB |
| μAMPS [UAM13] | 2004 | LMX3162 | StrongARM (SA-1100) | 512 kB |
| TelosB [TEL04] | 2004 | CC2420 (ZigBee) | MSP430F1611 | 48 kB |
| IMote1 [IMO08] | 2005 | TC2001 (Bluetooth) | ARM7 TDMI | 512 kB |
| EYES [GEO11] | 2005 | TR1001 | MSP430F149 | 8 MBit |
| Tmote Sky [TMO13] | 2006 | CC2420 | MSP430 F1611 | 1 MB |
| BTnode3 [BTN07] | 2006 | CC1000 | ATMEGA 128L | 256 kB |
| IMote2 [NAC08] | 2007 | CC2420 (ZigBee) | PXA271 XScale | 32 MB |
| Cookies [COO13] | 2008 | ETRX2 TELEGESIS | MPS430 | 4kB |
| Egs [KO_10] | 2010 | CC2520 (Bluetooth) | ARM Cortex M3 | 128 kB |

Comparação – Sistemas operacionais para RSSFs

| | TinyOS [TIN06] | SOS [HAN05] | MANTIS [BHA05] | Contiki [DUN04] | YATOS [ALM04] | Nano-QPlus [PAR06] | EYES [DUL02] |
|--|--------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------|
| Programação dinâmica | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | ✓ |
| Escalonamento/ agendamento com prioridades | | | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ |
| Módulo de gerenciamento de energia | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Multithread</i> | | | ✓ | ✓ | | ✓ | |
| TCP/IP | | | | ✓ | | | |
| Linguagem de programação | nesC | C | C | C | C | C | C |
| Modelo de execução | Eventos e Tarefas | Módulos | Tarefas | Tarefas | Eventos e Tarefas | Tarefas | Eventos |

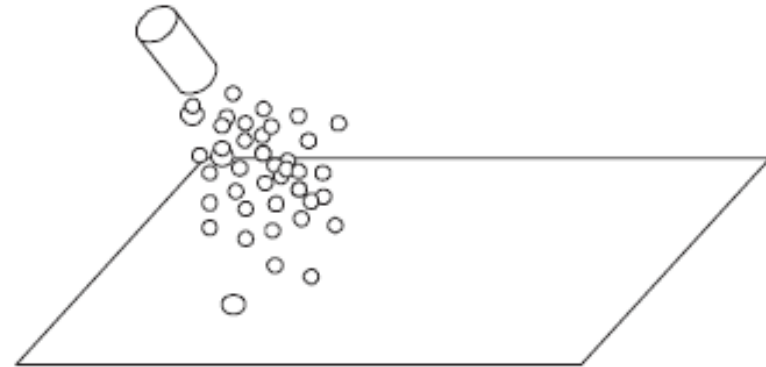
Sensor - parâmetros

- Na prática o que se espera de um sensor é que sua sensibilidade seja somente devido à grandeza de interesse.
- Porém, nenhuma medição é obtida em circunstâncias ideais e qualquer sensor sofre algum tipo de interferência e perturbação internas, por exemplo, efeitos de temperatura, pressão, interferência eletromagnética.
- Com o avanço tecnológico, várias técnicas de compensação foram desenvolvidas, minimizando estes efeitos.

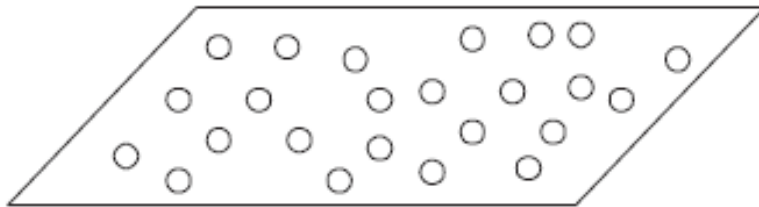
Estabelecimento da rede



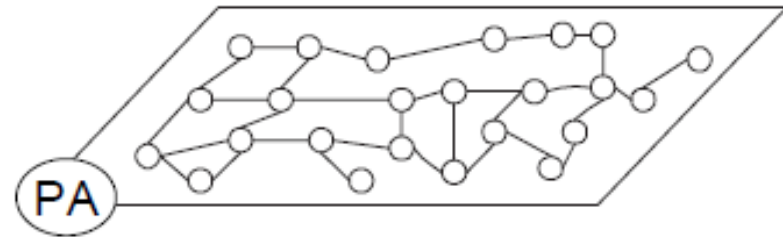
Região de interesse



Deposição dos nós



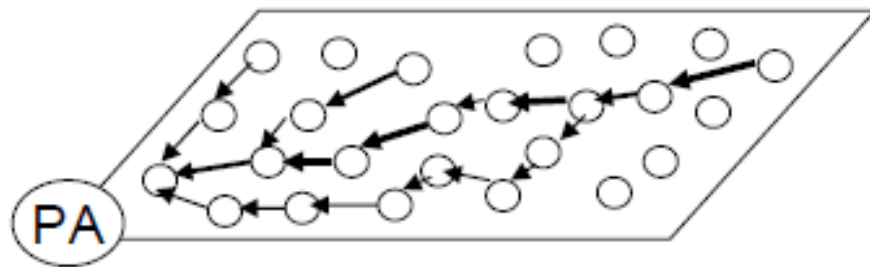
Descoberta de localização geográfica



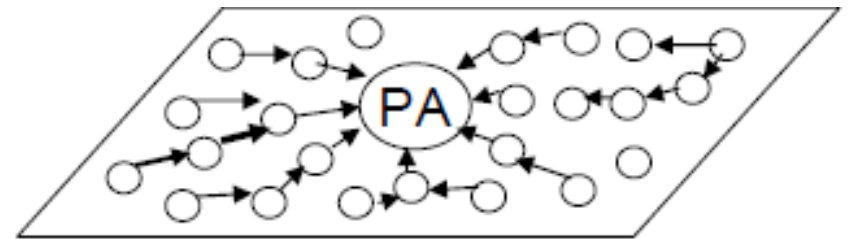
Auto-organização

PA-Ponto de acesso

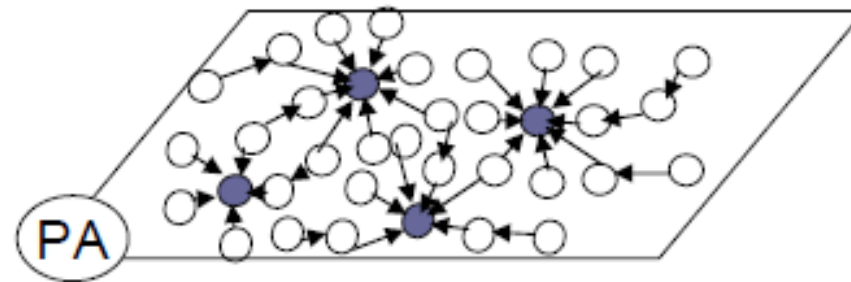
Comunicação múltiplos saltos



RSSF plana



RSSF plana



RSSF hierárquica

Características

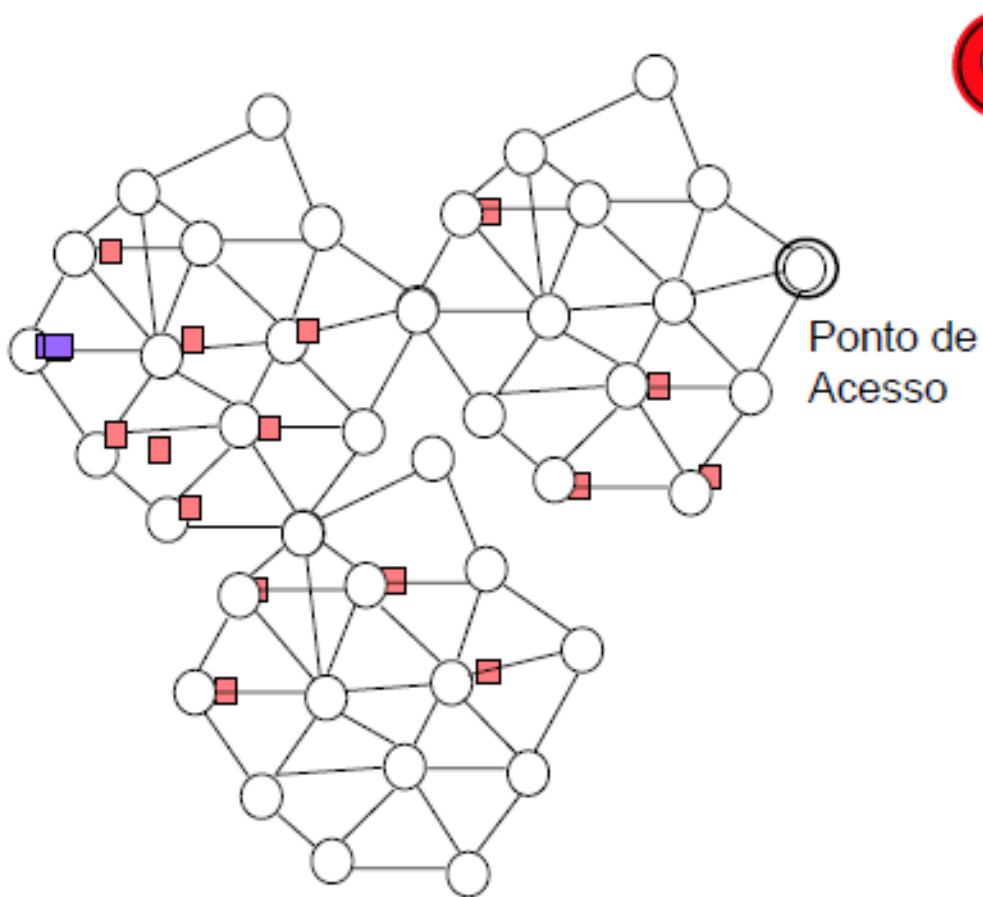
- Sérias restrições de hardware e software
- Falhas não são exceções
- Topologia dinâmica
- Alta densidade de nós
- Tolerância a falhas
- Nós descartáveis
- Nós realizam tarefas colaborativas
- Fluxo de dados é predominantemente unidirecional
 - Nó sensor ->Nó de monitoração
- Tempo de vida (deve ser alto)

Comparação

| Característica | WSN | <i>Ad hoc</i> sem fio |
|--|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Número de nós | Grande (centenas a milhares) | Pequeno a médio |
| Densidade dos nós | Alta | Relativamente baixa |
| Redundância de dados | Alta | Baixa |
| Suprimento de energia | Baterias insubstituíveis | Baterias recarregáveis |
| Taxa de dados | Baixas (1 a 100 Kps) | Alta |
| Mobilidade dos nós | Baixa | Pode ser muito alta |
| Direção de fluxos | Predominantemente unidirecional | Bidirecional |
| Encaminhamento de pacotes | Muitos para um (centrado em dados) | Fim-a-fim (centrado em endereços) |
| Natureza de consultas | Baseada em atributos | Baseada em nós |
| Disseminação de consultas | <i>Broadcast</i> | Nó a nó ou <i>broadcast</i> |
| Endereçamento | Ausência de ID global único | ID global único |
| Ciclo de atividade (<i>duty cycle</i>) | Pode ser tão baixo quanto 1% | Alto |

Características

- ❑ RSSF planas, homogêneas e estacionárias (distribuição uniforme)



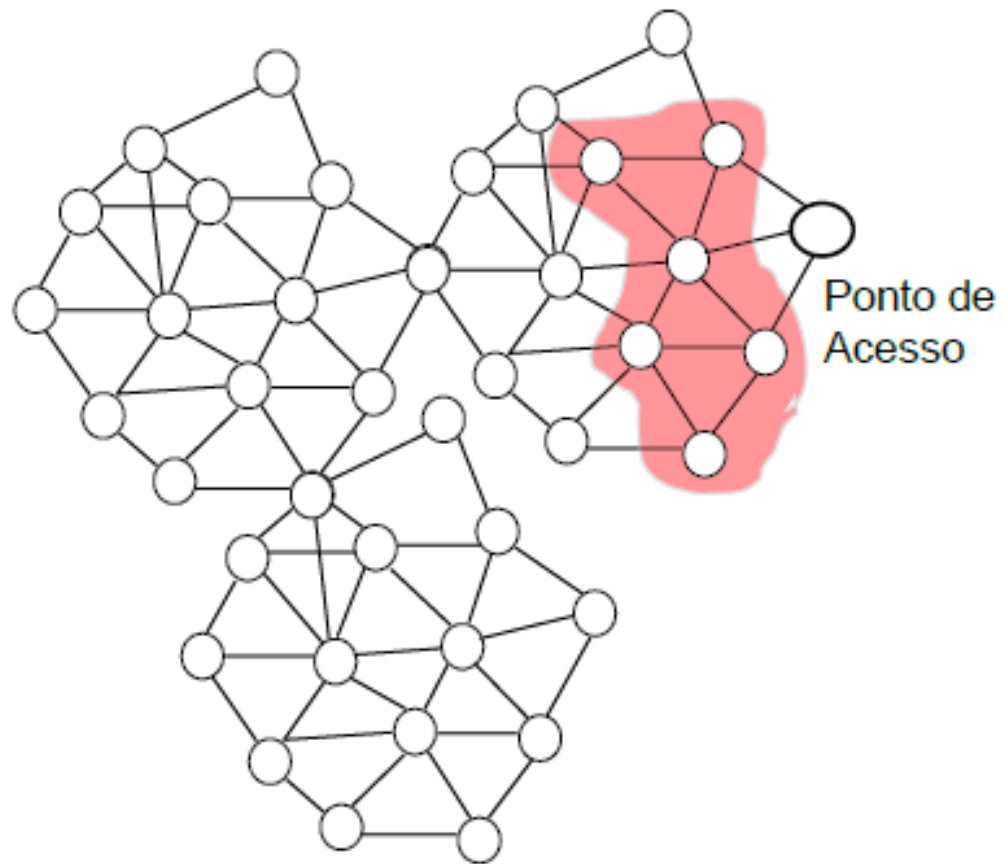
Esquema multi-saltos

Fluxo unidirecional

Flooding (tolerância a falhas)

Características

- ❑ RSSF planas, homogêneas e estacionárias (distribuição uniforme)



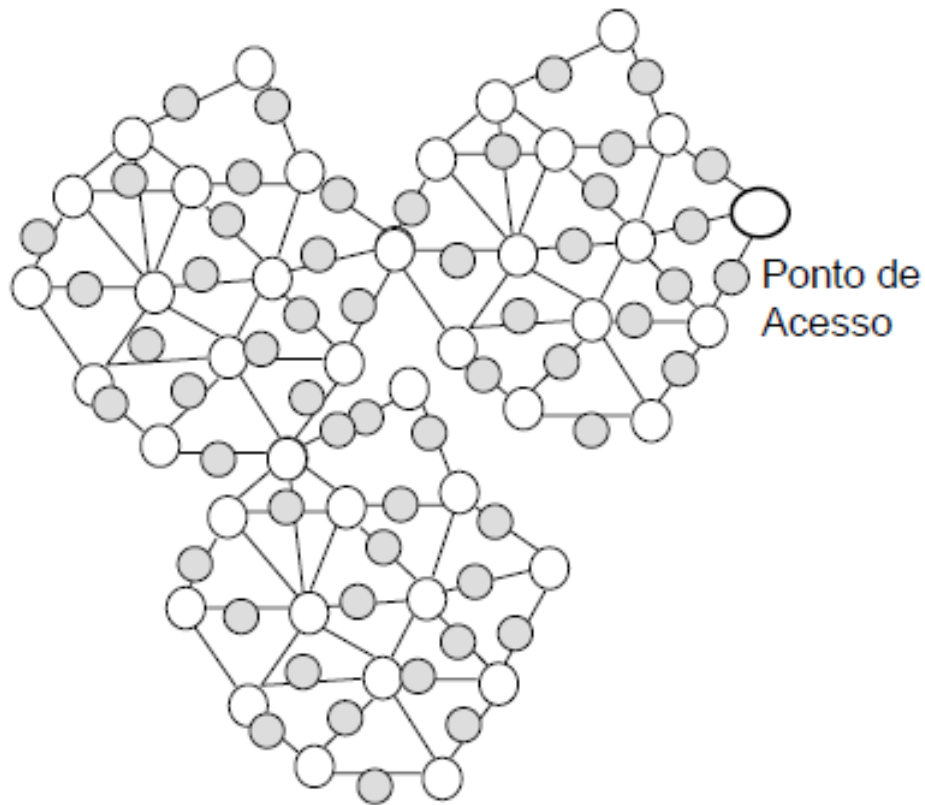
Problema da onda de energia

Desconexão do Ponto de acesso

Topologia Dinâmica

Características

❑ RSSF densas



👍 Maior resolução

👍 Tolerância a falhas

👎 Maior no. de nós disputando o meio

👎 Congestionamento

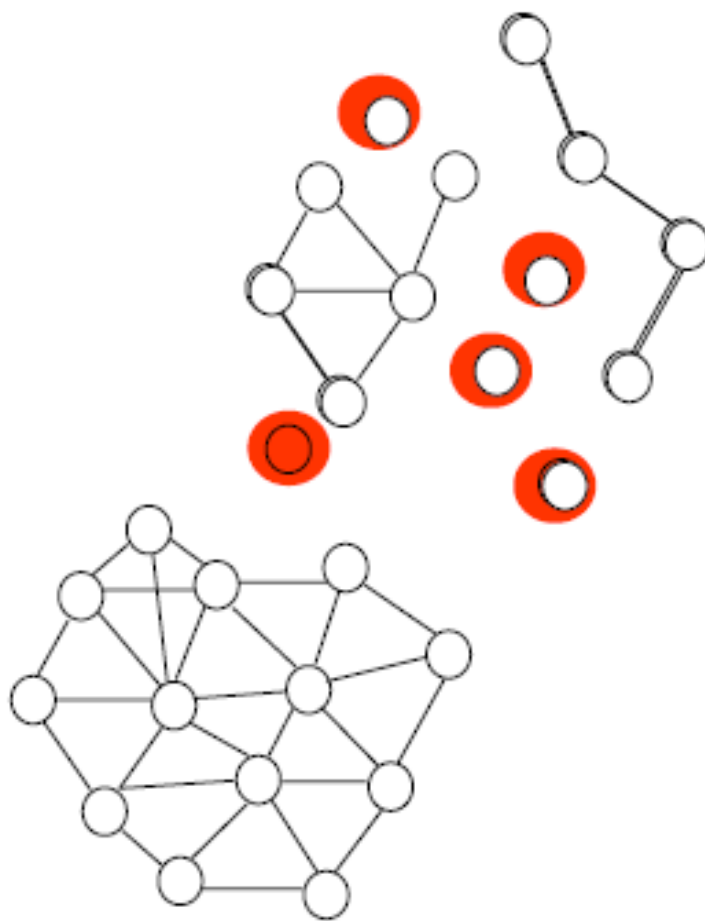
👎 Colisão

👎 Atraso da informação

👎 Perda da informação

Características

□ RSSF esparsas

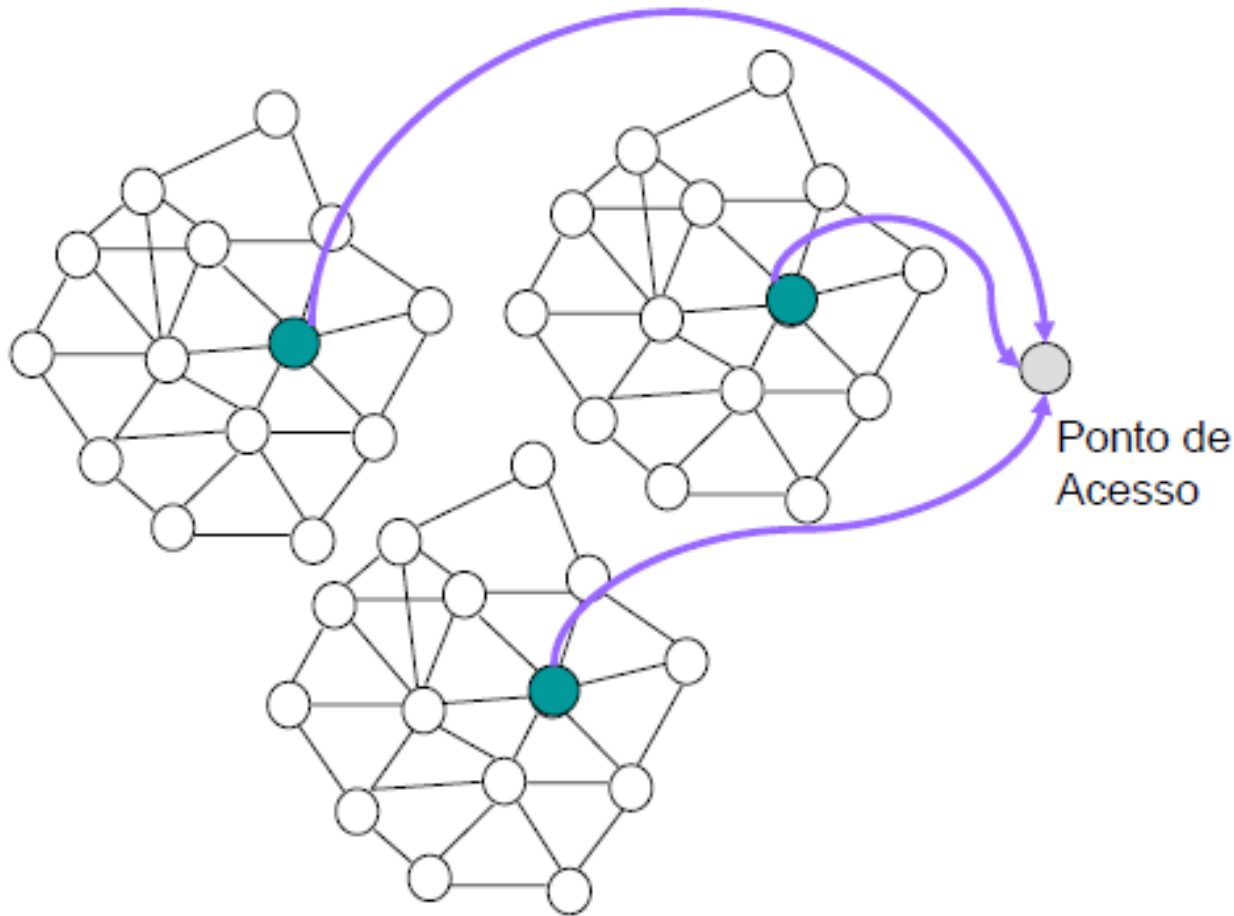


□ Topologia Dinâmica

□ Reconfigurar Alcance

Características

- ❑ RSSF Hierárquicas, homogêneas/heterogêneas



- ❑ Eleição dos líderes
- ❑ Formação do grupo
- ❑ Manutenção do grupo
- ❑ Esquema de Comunicação

Endereçamento

Dependendo da aplicação cada nós sensor pode ser endereçado individualmente

- Por exemplo, sensores embutidos em peças numa linha de montagem, sensores colocados no corpo humano

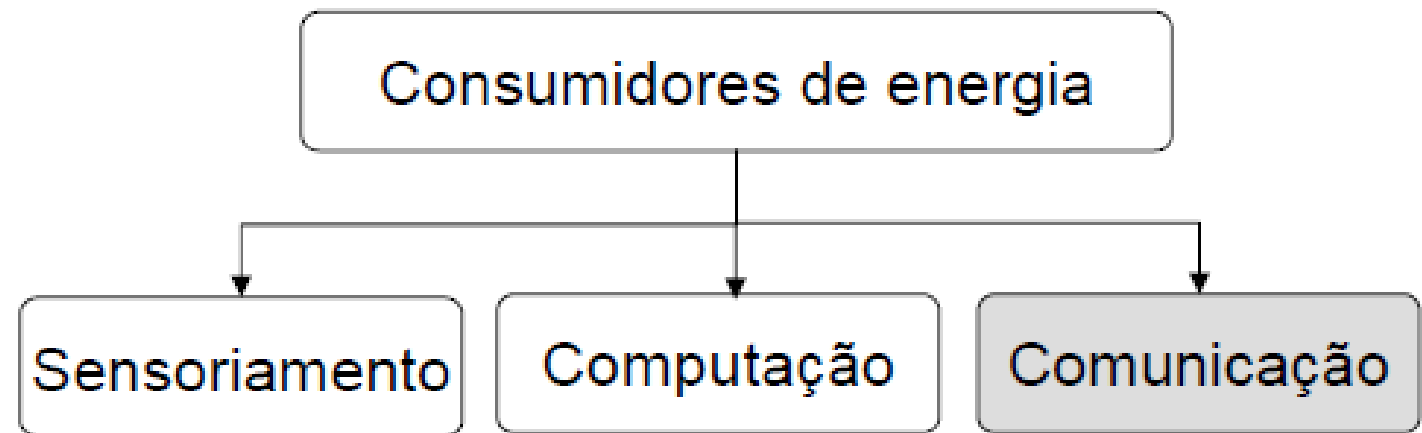
Em geral, as RSSFs são ditas serem *data-specific*, ou seja, são *dependentes dos dados*

- Neste caso, o endereçamento individual dos nós pode não ser preciso

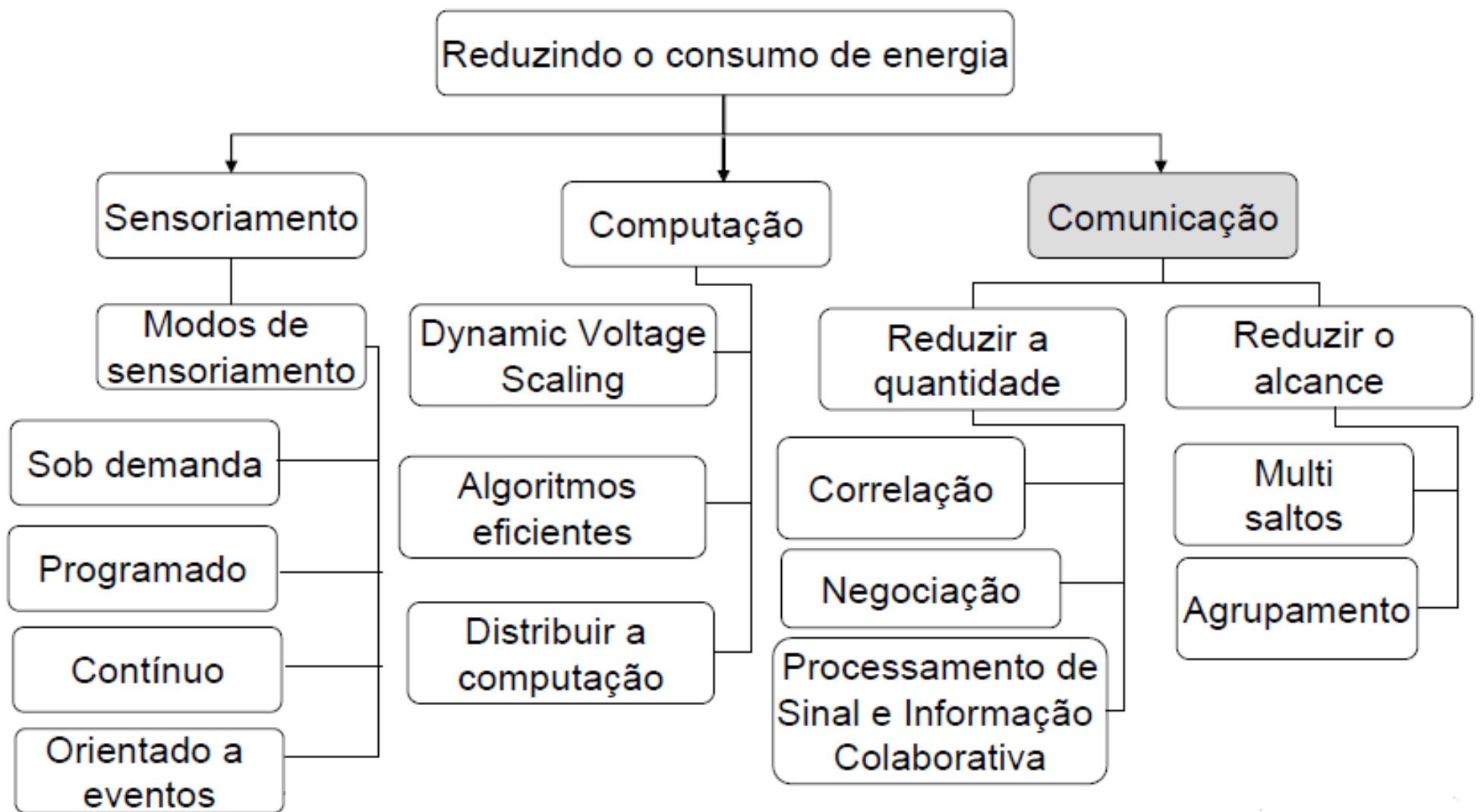
Uma RSSF trocar dados/informações com outras RSSFs ou com outras redes (ex: Internet)

Consumo de energia

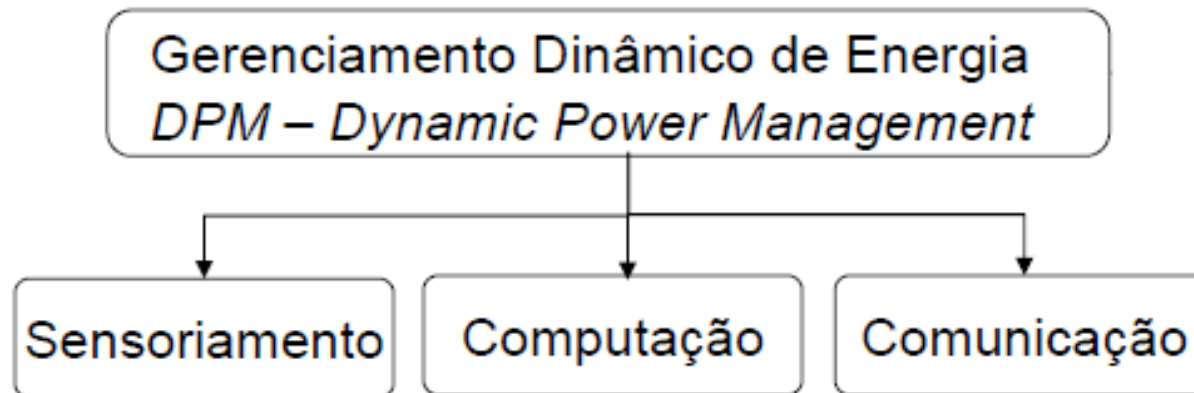
As RSSFs apresentam restrições severas de energia



- Hardware
 - Projeto *ultra-low power*
- Software
 - Operação eficiente em energia
- **As RSSFs são dependentes da aplicação**



Consumo de energia



| Estado do nó | MCU | Sensor | Radio |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| Transmitindo | Ativo | Ligado | TX |
| Recebendo | Ativo | Ligado | RX |
| Pronto | Idle | Ligado | RX |
| Observando | dormindo | Ligado | Rx |
| Dormindo | dormindo | Ligado | Desligado |
| Desligado | Desligado | Desligado | Desligado |



Consumo de energia

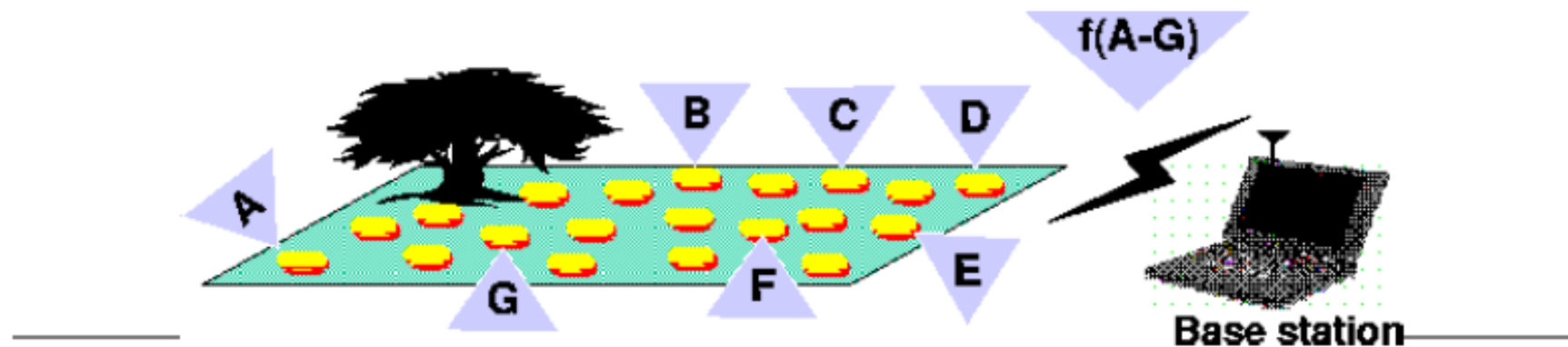
Métricas importantes

Exemplos:

- Tempo de vida
- Consumo de Energia
- Precisão
- Latência
- Prazo de validade da informação
- Tolerância a Falhas
 - A falha não é exceção mas ocorrência normal na rede
- Escalabilidade
- Perda de nós (nós órfãos)

Correlação

- ❑ Capacidade de uma RSSF de agregar ou sumarizar dados coletados pelos sensores
- ❑ Objetivo é reduzir o número de msgs que precisam ser transmitidas pela rede.

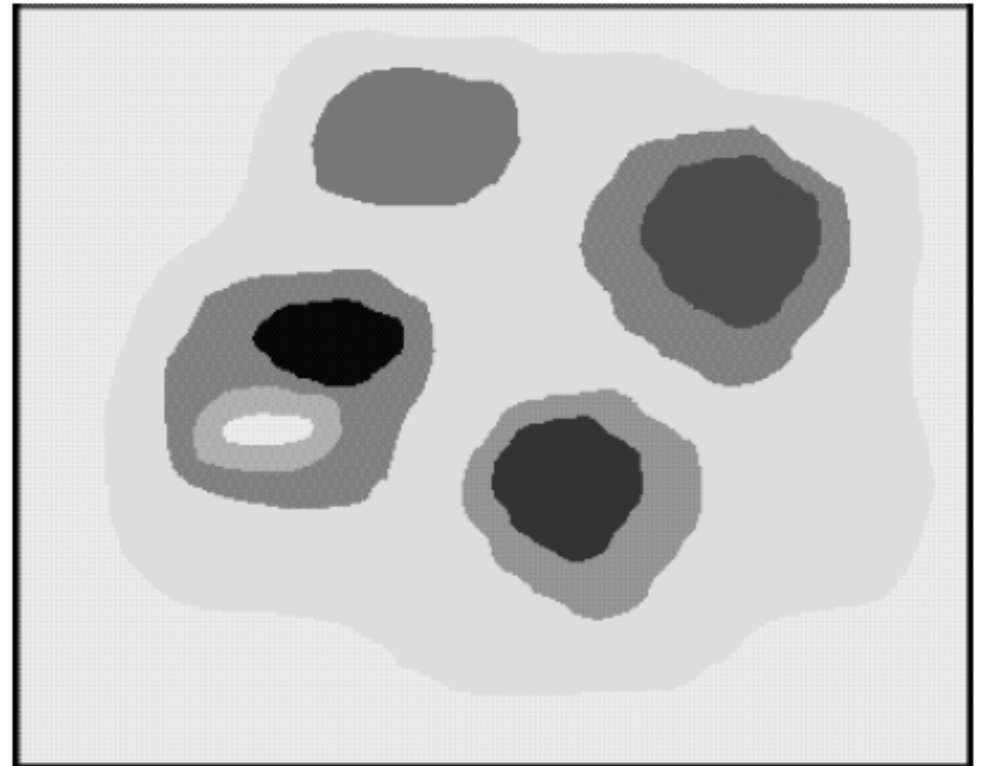


Manutenção

- Manutenção de sensores não é a regra
- Tempo de vida de um sensor depende da quantidade de energia disponível
- Solução (aplicações + SW + HW) não pode ser escolhida considerando apenas “elegância” e capacidade
- Fator decisivo é a quantidade de energia consumida
- Solução deve considerar:
 - Modelo de energia
 - Mapa de energia

Mapa de Energia

- ❑ Modelo de energia representa:
 - Recurso físico, modelo de função
- ❑ Resultado:
 - Mapa de energia
- ❑ Consequência:
 - É possível “escalonar” o que pode ser feito



Sensoriamento

| Sensoriamento | | |
|---------------|------------|--|
| Coleta | Periódica | Os nós sensores coletam dados sobre o(s) fenômeno(s) em intervalos regulares. Um exemplo são as aplicações que monitoram o canto dos pássaros. Os sensores farão a coleta durante o dia e permaneceram desligados durante a noite. |
| | Contínua | Os nós sensores coletam os dados continuamente. Um exemplo são as aplicações de exploração interplanetária que coletam dados continuamente para a formação de base de dados para pesquisas. |
| | Reativa | Os nós sensores coletam dados quando ocorrem eventos de interesse ou quando solicitado pelo observador. Um exemplo são as aplicações que detectam a presença de objetos na área monitorada. |
| | Tempo Real | Os nós sensores coletam a maior quantidade de dados possível no menor intervalo de tempo. Um exemplo são aplicações que envolvem risco para vidas humanas tais como aplicações em escombros ou áreas de desastres. Um outro exemplo são as aplicações militares onde o dado coletado é importante na tomada de decisão e definição de estratégias. |

Configuração

| | | |
|---------------------|--------------|--|
| Composição | Homogênea | Rede composta de nós que apresentam a mesma capacidade de hardware. Eventualmente os nós podem executar software diferente. |
| | Heterogênea | Rede composta por nós com diferentes capacidades de hardware. |
| Organização | Hierárquica | RSSF em que os nós estão organizados em grupos (<i>clusters</i>). Cada grupo terá um líder (<i>cluster-head</i>) que poderá ser eleito pelos nós comuns. Os grupos podem organizar hierarquias entre si. |
| | Plana | Rede em que os nós não estão organizados em grupos |
| Mobilidade | Estacionária | Todos os nós sensores permanecem no local onde foram depositados durante todo o tempo de vida da rede. |
| | Móvel | Rede em que os nós sensores podem ser deslocados do local onde inicialmente foram depositados. |
| Densidade | Balanceda | Rede que apresenta uma concentração e distribuição de nós por unidade de área considerada ideal segundo a função objetivo da rede. |
| | Densa | Rede que apresenta uma alta concentração de nós por unidade de área. |
| | Esparsa | Rede que apresenta uma baixa concentração de nós por unidade de área. |
| Distribuição | Irregular | Rede que apresenta uma distribuição não uniforme dos nós na área monitorada. |
| | Regular | Rede que apresenta uma distribuição uniforme de nós sobre a área monitorada |

Comunicação

| | | |
|---------------------|-------------|---|
| Disseminação | Programada | Os nós disseminam em intervalos regulares. |
| | Contínua | Os nós disseminam os dados continuamente. |
| | Sob Demanda | Os nós disseminam os dados em resposta à consulta do observador e à ocorrência de eventos. |
| Tipo Conexão | Simétrica | Todas as conexões existentes entre os nós sensores, com exceção do nó sorvedouro têm o mesmo alcance. |
| | Assimétrica | As conexões entre os nós comuns têm alcance diferente. |
| Transmissão | Simplex | Os nós sensores possuem transceptor que permite apenas transmissão da informação. |
| | Half-duplex | Os nós sensores possuem transceptor que permite transmitir ou receber em um determinado instante. |
| | Full-duplex | Os nós sensores possuem transceptor que permite transmitir ou receber dados ao mesmo tempo. |

Comunicação e Protocolos

| Camada | Protocolos |
|------------|--|
| Física | Transmissão por rádio frequência, ótica, infravermelho |
| Enlace | S-MAC, T-MAC, ARC, TRAMA |
| Rede | Flooding, Gossiping, Direct Difusion, Rumour Routing, SPIN, LEACH, PEGASIS, TEEN, SPEED, SAR, GEAR |
| Transporte | PFSQ, ESRT |

* Camada física/enlace: Padrões IEEE 802.15.x

Camada de Enlace

- Objetivo em RSSFs: garantia de uma cobertura de sinal que abranja todos os nós sensores, além do uso reduzido da energia disponível nos nós
- Parâmetros como vazão, atraso e *fairness* são secundários
- Ponto crítico: acesso ao meio
- Impacto na energia consumida:
 - Colisão
 - *Overhearing* – (nó recebe dados destinados para outros nós)
 - Escuta ociosa (nó permanece escutando o canal que não possui tráfego)
 - Sobrecarga de pacotes de controle

Protocolos de Acesso ao Meio

- Específicos para RSSFs:
- **S-MAC (Sensor-MAC)**
 - RTS-CTS-DADOS-ACK para evitar colisões
 - Nós entram em estado SLEEP quando recebem RTS não destinados à ele (minimiza *overhearing*)
 - *os nós permanecem mais tempo no estado SLEEP que no estado LISTENING* (minimiza escuta ociosa)
 - o esquema de cabeçalho do S-MAC é reduzido
- **T-MAC (Time-out-MAC)**
 - *é uma variação do protocolo S-MAC.*
 - *Altera o ciclo de trabalho (duty cycle) dos nós de acordo com o tráfego da rede. Com isso, ele tenta reduzir a latência e aumentar a economia de energia nos nós.*
 - T-MAC sofre do problema conhecido como “dormir cedo”, isto é, um nó pode dormir enquanto o outro ainda tenta transmitir dados para ele, uma vez que o ciclo de trabalho de cada nó é variável de acordo com a atividade da rede perceptível no nó.

Protocolos de Acesso ao Meio

- **ARC (*Adaptive Rate Control*)**

- Realiza o ajuste na largura de banda com o objetivo de alocar as transmissões a serem realizadas pelos nós sensores.
- Ele se baseia no protocolo CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*).
- Permite que o nó entre em estado de SLEEP antes de “escutar” o meio.
- Menos complexo e sem sinais de controle

- **TRAMA (*Traffic Adaptive Multiple Access*)**

- Baseado em um algoritmo de eleição distribuído que leva em consideração o tráfego da rede para nomear o nós que tem direito de acesso ao meio.
- Ele utiliza o protocolo de alocação estática do canal TDMA (*Time Division Multiplexing Access*).
- Devido ao processo de eleição e ao protocolo TDMA, este tipo de abordagem pode gerar uma alta latência na rede.

- Alocação de canal estática: FDMA, TDMA, CDMA

- Protocolos dos padrões existentes (IEEE 802.15.x)

Camada de Rede - Endereçamento

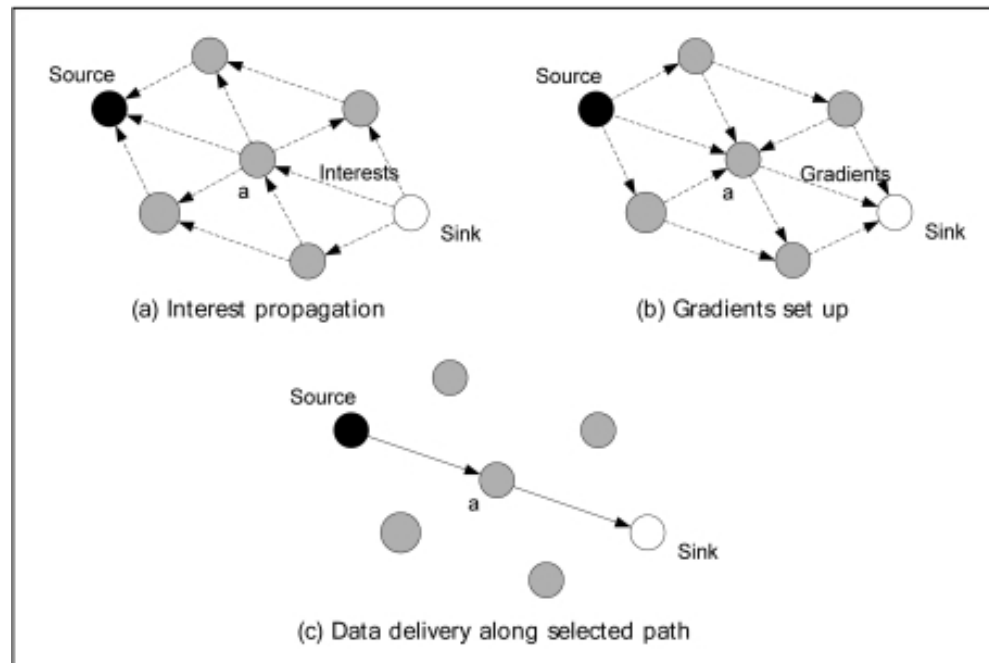
- Dependendo da aplicação cada nós sensor pode ser endereçado individualmente
 - Por exemplo, sensores embutidos em peças numa linha de montagem, sensores colocados no corpo humano
- Em geral, as RSSFs são ditas serem *data-specific, ou seja, são dependentes dos dados*
 - Neste caso, o endereçamento individual dos nós pode não ser preciso
- Uma RSSF trocar dados/informações com outras RSSFs ou com outras redes (ex: Internet)

Camada de Rede - Roteamento

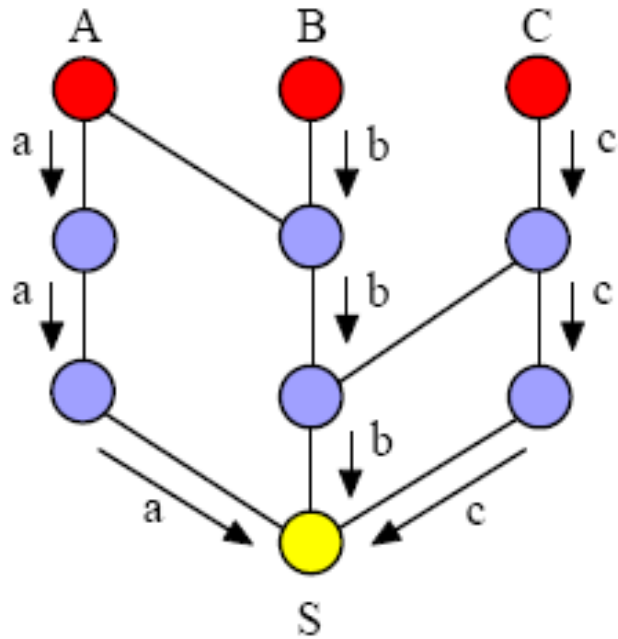
- Mesma classificação de redes ad hoc
 - Protocolos plano, hierárquico ou geográfico
 - Reativo, pró-ativo ou híbrido
- Operação do protocolo: baseado em consultas, localização, negociação, multi-rotas.
- ***Flooding*** – já visto na aula de redes ad hoc
- ***Gossiping***
 - O *Gossiping* busca economizar a energia reduzindo o número de nós que recebem as mensagens. Quando um nó recebe uma mensagem, ele a retransmite somente para alguns nós vizinhos, sendo essa escolha realizada de forma aleatória.
- ***Bargaining***
 - um nó só transmite se houver requisição dos seus dados por outro nó (requer um processo de negociação).

Directed Diffusion – Difusão Direta

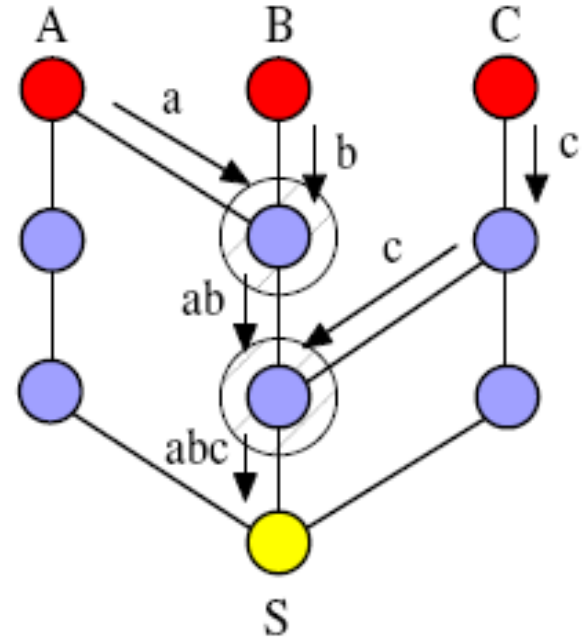
- 4 tipos de elementos: *interests*, *data messages*, *gradients* e *reinforce*.
- As ***interests*** são mensagens nas quais os usuários da rede fazem requisição de dados (*query*) aos nós sensores
- ***Data messages*** são mensagens que contém os dados dos nós.
- A trajetória das mensagens de ***interests*** criam os ***gradients*** que interligam os nós entre o nó de origem e o nó destino. A rede reforça (***reinforce***) uma ou algumas dessas trajetórias, determinando rotas mais favoráveis para o tráfego das mensagens.



Fusão de dados



Roteamento tradicional



Roteamento centrado em dados

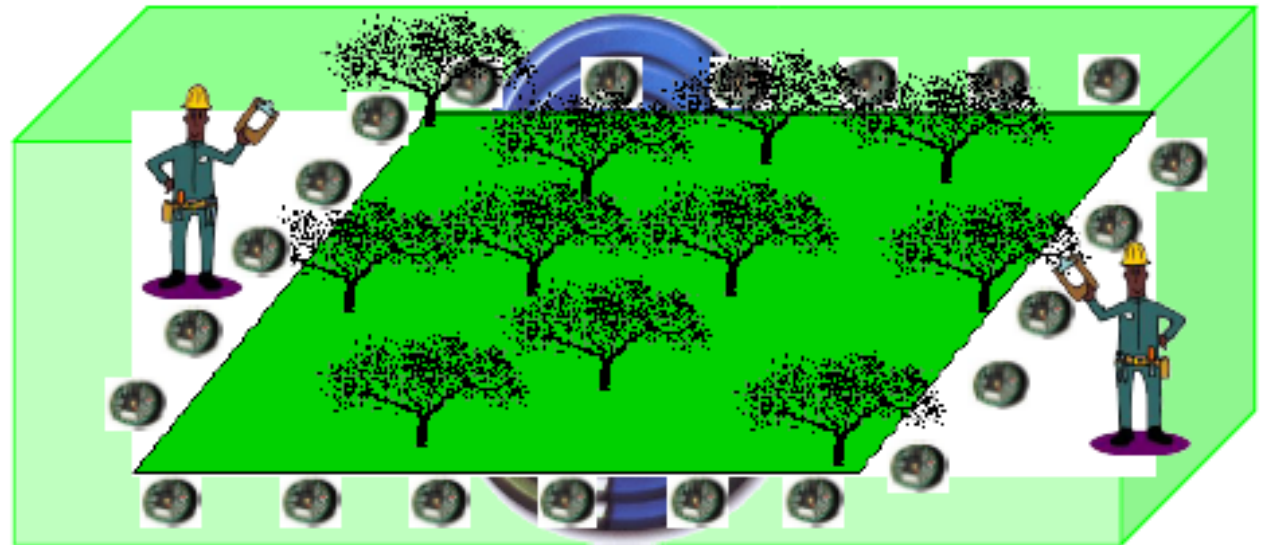
| Protocolo | Proativo/ Reativo/ Híbrido | Adaptação aos recursos de energia | Hierárquico (<i>clusters</i>)/ Plano | Baseado na localização | QoS | Agregação de dados | Rota única/ Múltiplas rotas | Balanceamento de carga |
|--|----------------------------------|---|--|---------------------------|-----|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Direct Diffusion [INT00] | Híbrido | | Plano | | | ✓ | Múltiplas | |
| SAR [SOH00] | Híbrido | ✓ | Plano | | ✓ | | Múltiplas | ✓ |
| LEACH [HEI00] | Proativo | | Hierárquico | | | ✓ | Única | ✓ |
| TEEN [MAN01] | Proativo | | Hierárquico | | | ✓ | Única | |
| PEGASIS [LIN02] | Proativo | | Hierárquico | | | ✓ | Única | ✓ |
| SPEED [HE_03] | Reativo | | Plano | ✓ | ✓ | | Única | ✓ |
| Flooding [ZHA09] | Reativo | | Plano | | | | Múltiplas | |
| Gossiping [HED88] | Reativo | | Plano | | | | Única | |
| Rumour Routing [BRA02] | Reativo | | Plano | | | ✓ | Múltiplas | |
| SPIN [HEI99] | Reativo | ✓ | Plano | | | ✓ | Múltiplas | ✓ |
| GEAR [YU_01] | Reativo | ✓ | Plano | ✓ | | | Única | |

Camada de Transporte

- A maioria das aplicações de RSSFs admitem perda de dados e, por isso, a maioria delas não possui essa camada na sua pilha de protocolos.
- Alguns protocolos se propõem a evitar a perda de dados:
 - PSQF (*Pump Slowly, Fetch Quickly*)
 - ESRT (*Event-to-Sink Reliable Transfer*)
- A transmissão redundante de algoritmos como o *Direct Diffusion garante de forma indireta a entrega dos dados, visto que eles trafegam por caminhos distintos na rede até a estação rádio base.*
- Para a maioria das Redes de Sensores Sem Fio, a Qualidade de Serviço (QoS) *está mais relacionada com a sobrevivência dos nós sensores (ampliando o tempo de vida da rede) do que a perda de dados.*

Projeto de RSSFs

- Dividido em 3 partes:
- Ambiente
- Aplicação
- Rede



Projeto de RSSFs – Ambiente

- Tipo – interno/externo
- Abrangência espacial da área a ser monitorada
- Restrição de acesso – É possível ter acesso/não é possível
- Deposição dos sensores – aleatória/determinística

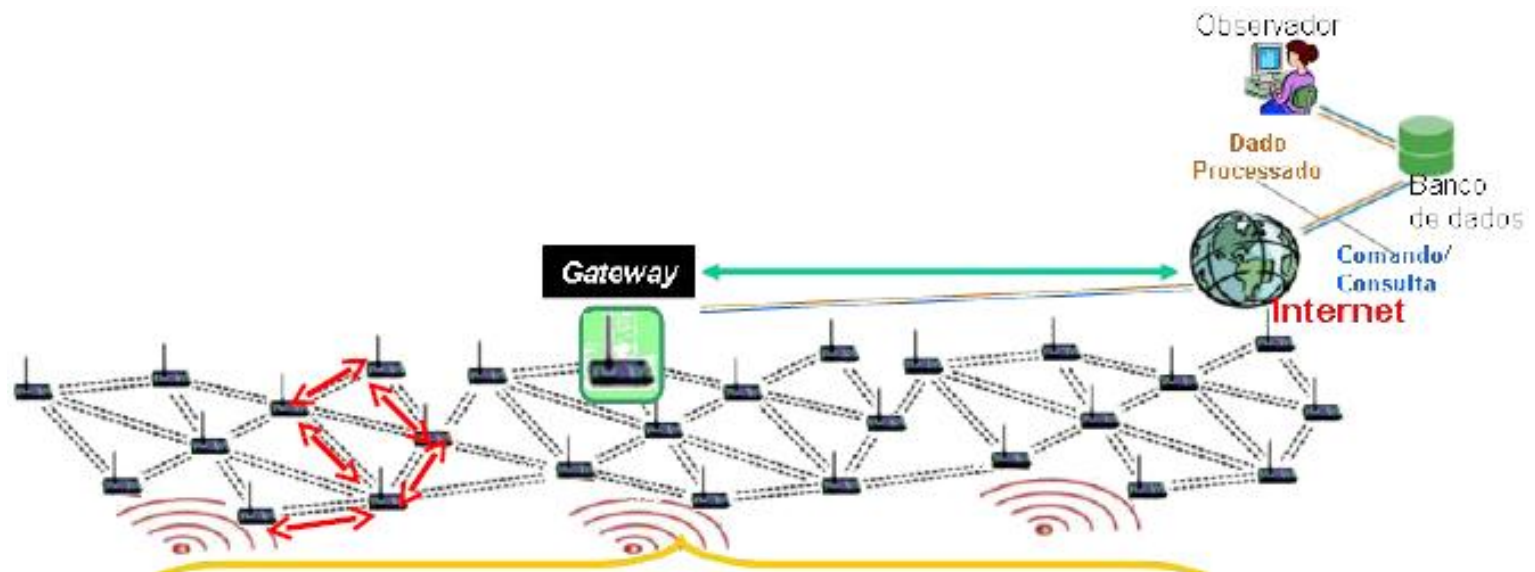


Interno

Externo

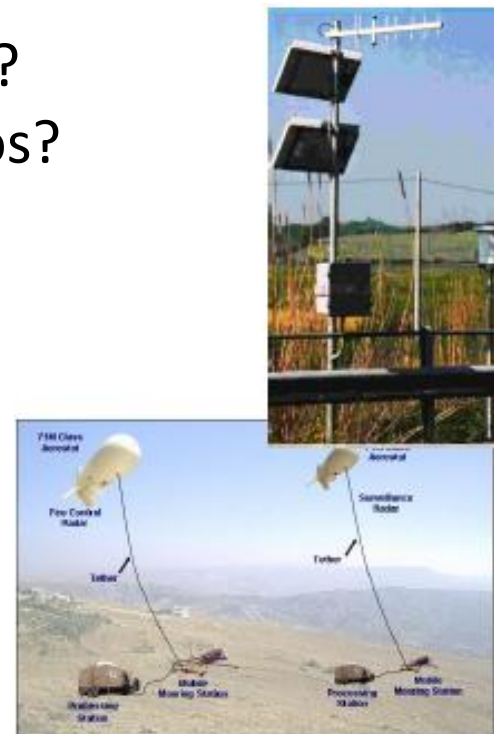
Projeto de RSSFs – Aplicação

- Comportamento do fenômeno – pontual/móvel
- Abrangência temporal dos eventos – período do dia
- Tipo de dado a ser coletado – valores numéricos, alfanuméricos, áudio, imagem, vídeo
- Frequência de coleta de dados – periódica, dirigida a evento, sob demanda, por amostragem
- Capacidade de movimentação – estático/móvel
- Tipo de cooperação entre sensores
- Confiabilidade associada ao dado transmitido
- Tempo de vida

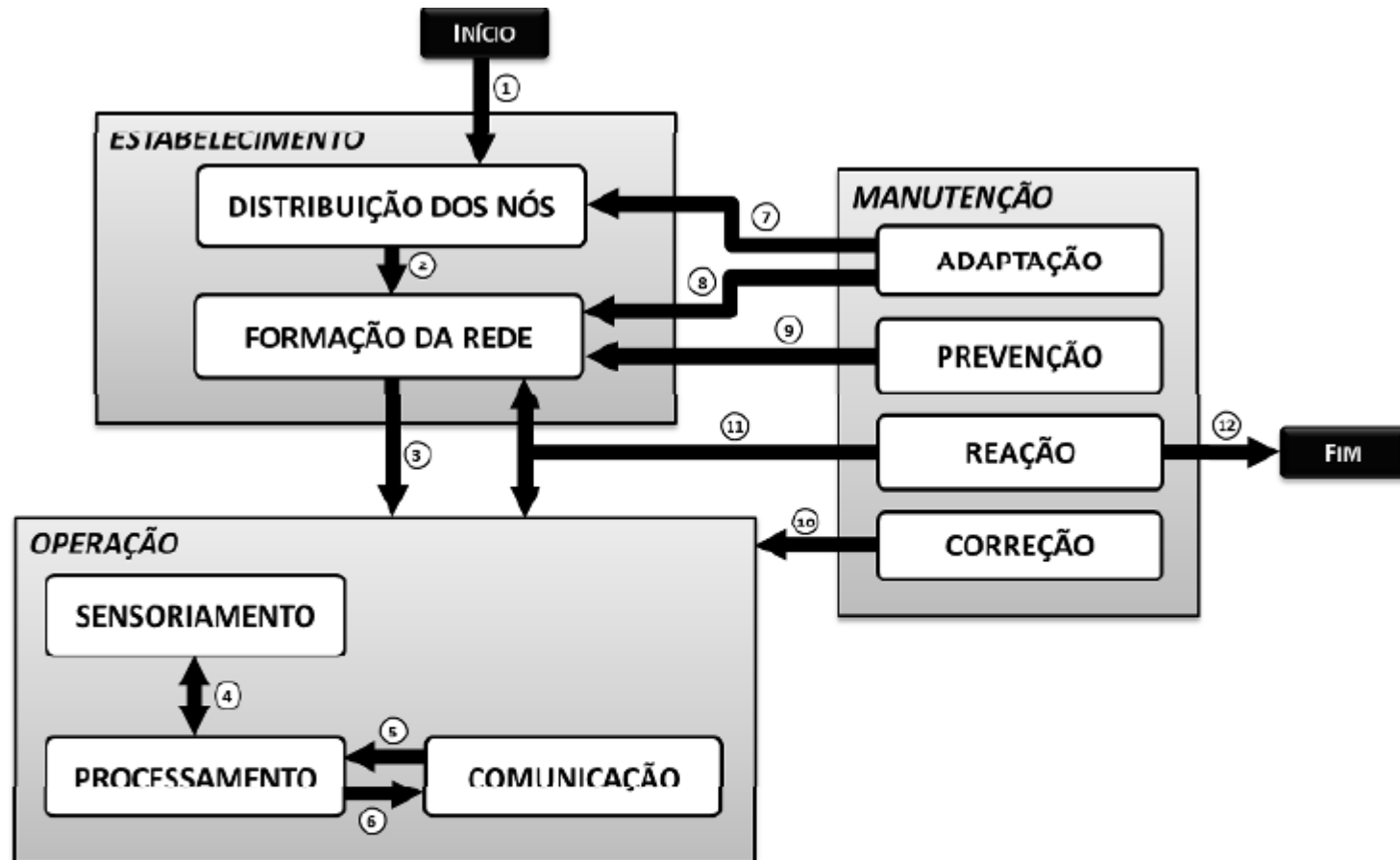


Projeto de RSSFs – Rede

- Tipos de nós sensores
 - homogêneos/heterogêneos
- Organização
 - plana/hierárquica
- Quantos sensores devem ser usados?
- Quais algoritmos devem ser utilizados?
 - Arquitetura
 - Reconfiguração
 - Cooperação
 - Segurança
 - Tolerância a falhas
 - Sincronização
 - Localização



Ciclo de Vida de uma RSSF



- ① Início da rede (inserção dos nós no ambiente)
- ② Nós da rede posicionados no ambiente
- ③ Rede entra em operação
- ④ Requisição e recebimento de dados dos sensores
- ⑤ Recepção de pacotes pela rede sem fio
- ⑥ Transmissão de pacotes pela rede sem fio
- ⑦ Novos nós são inseridos no ambiente

- ⑧ Nós saem da rede por falha ou falta de energia
- ⑨ Reformulação de rotas com objetivo de aumentar o tempo de vida da rede
- ⑩ Detecção de falhas na execução de tarefas
- ⑪ Não recebimento de resposta da rede
- ⑫ Fim da rede (a longevidade operacional da rede é atingida e descarta-se o seu uso)

Tempo de Vida de uma RSSF

- Tempo de vida é quando a rede não mais satisfaz os requisitos da aplicação.
- Várias definições possíveis na literatura:

Classificação

Quantidade de nós sensores que falham

Ocorrência da primeira partição na rede

Taxa de recebimento de pacotes

Classificação

Quantidade de nós sensores operantes

Área de cobertura da rede

Conectividade da rede

Qualidade de Serviço (QoS)

Gerenciamento de RSSFs

- Objetivos do gerenciamento:
 - Promover a produtividade dos recursos e a qualidade de serviços da rede
- Gerenciamento da camada de aplicação
- Gerenciamento de redes (tradicionais)
 - **Áreas funcionais:**
 - Configuração, falhas, segurança, desempenho e contabilização
 - **Níveis de gerenciamento**
 - Elemento de rede, gerenciamento de elemento de rede, gerenciamento de rede, gerenciamento de serviços e gerenciamento de negócios

Gerenciamento de RSSFs

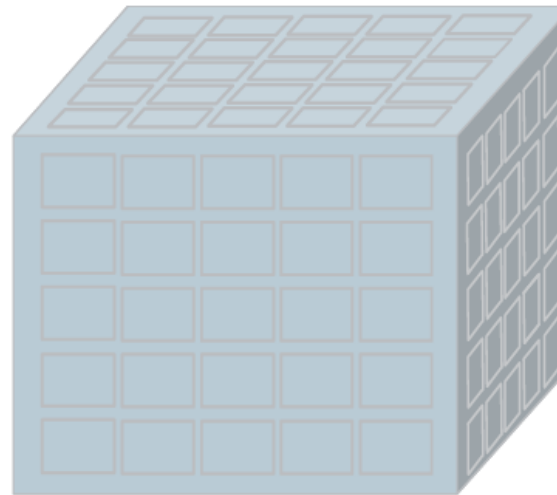
■ Funções

Funcionalidades das RSSFs

Configuração
Manutenção
Sensoriamento
Processamento
Comunicação

Áreas Funcionais

Gerenciamento de Configuração
Gerenciamento de Falhas
Gerenciamento de Desempenho
Gerenciamento de Segurança
Gerenciamento de Contabilização



Níveis de Gerenciamento

Gerenciamento de Negócio
Gerenciamento de Serviços
Gerenciamento de Rede
Gerenciamento de Elemento de Rede
Elemento de Rede