



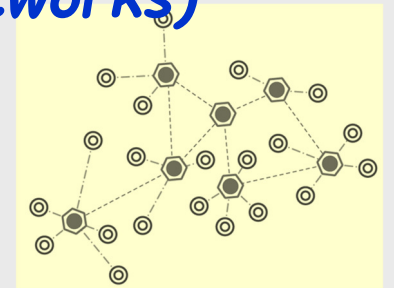
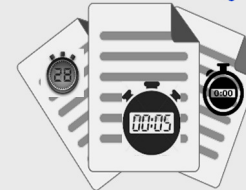
# PCS5761

## Especificação de Sistemas de Tempo Real



Prof. Dr. Jorge Rady de Almeida Jr.

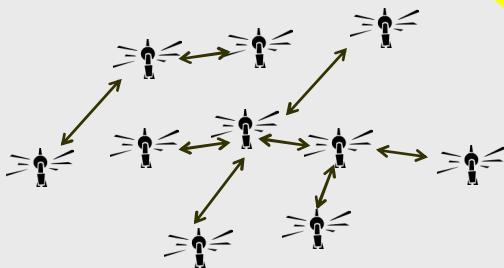
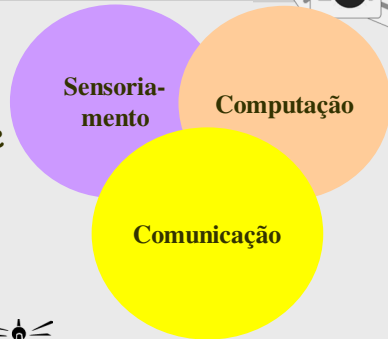
# Redes de Sensores sem Fio - RSSF (Wireless Sensor Networks)



Tempos de sensoramento, propagação (comunicação), computação e ação

## Introdução

Utilizar centenas de medidores diretamente inseridos no ambiente de medição



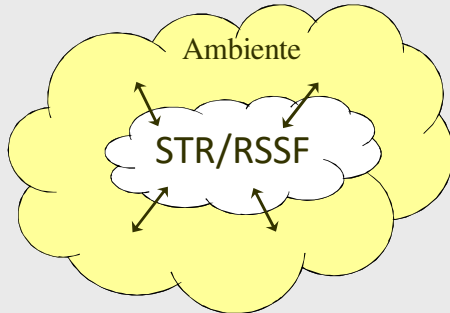
## Introdução

- Viabilizadas pela rápida convergência
  - Microeletrônica
  - Comunicação sem fio
  - Micro Sistemas EletroMecânicos (MEMS) → sensores/atuadores
- Vertente da computação ubíqua
- Tipo de rede ad hoc
- Objetivo: monitorar / controlar um ambiente
- IoT (Internet of Things)

## Relação RSSF / STR



- ⌚ RSSF interagem com o mundo físico real
  - 🕒 Restrições (limites) relativos aos aspectos temporais são importantes
  - 🕒 São sistemas tipicamente reagentes ao meio físico em que estão inseridas



5

## Características Temporais



- ⌚ Tempos de
  - 🕒 Sensoriamento - tempos de
    - 📄 Obtenção/adaptação de sinais do campo
    - 📄 Processamento desses sinais
    - 📄 Adaptação desses sinais para transmissão
  - 🕒 Propagação (Comunicação): tempos para
    - 📄 Aplicação de protocolos/criptografia
    - 📄 Transmissão / Recepção de Dados
  - 🕒 Computação
    - 📄 Aplicação de algoritmos
    - 📄 Armazenamento de Dados
    - 📄 Geração de comandos
  - 🕒 Ação
    - 📄 Envio de comandos para o campo

6

## Características Temporais



- ⌚ RSSF possuem requisitos temporais implícitos
  - 🕒 Um evento deve ser "percebido" dentro de um intervalo de tempo máximo
  - 🕒 Um tacômetro deve realizar medidas a cada 10 ms, caso contrário o sistema terá uma estimativa da pobre da velocidade
  - 🕒 Deve haver prazos máximos de roteamento da mensagem, desde a origem até o destino, conhecido como roteamento fim-a-fim

7

## RSSF



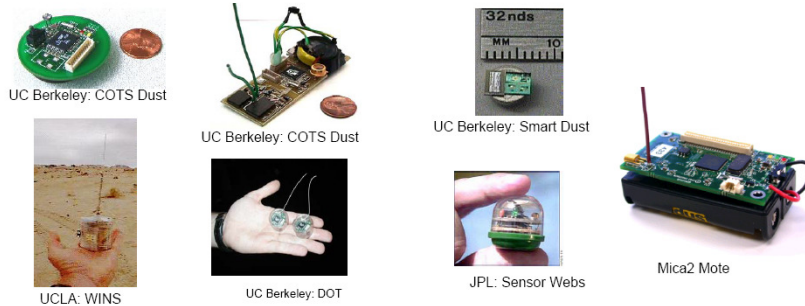
- ⌚ Fluxo de dados: predominantemente unidirecional - nó sensor → nó sorvedouro
- ⌚ Instalação, organização, operação e manutenção desacompanhadas / não-assistidas
- ⌚ Longevidade: geralmente depende da bateria
- ⌚ Projeto HW/SW visam baixo consumo de energia
- ⌚ Escalabilidade

8

## RSSF



Em geral, formada por elementos computacionais de pequenas dimensões, dotados de sensores, processadores e dispositivos de comunicação sem fio



9

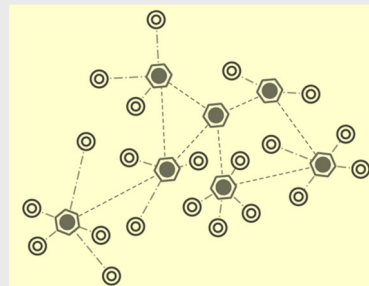
## Comparação RSSF x Redes Convencionais



- ⌚ Restrições de hardware e software
- ⌚ Falhas não são exceções
- ⌚ Topologia dinâmica
- ⌚ Alta densidade de nós
- ⌚ Tolerância a falhas
- ⌚ Nós descartáveis
- ⌚ Nós realizam tarefas colaborativas

10

## Nó Sensor



11

## Nó Sensor



- ⌚ Um transdutor
- ⌚ Converte fenômenos físicos (calor, luz, movimento, vibração, som, ...) em sinais elétricos
- ⌚ Contém sensores on-board, processador, memória, transceiver e fonte de alimentação

12

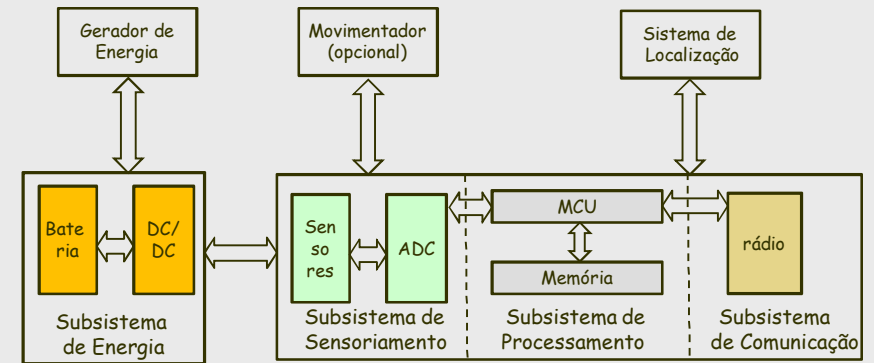
## Rede de Sensores



- ⌚ Gde número de nós sensores
- ⌚ Nós situados dentro ou muito perto do fenômeno a ser observado

13

## Arquitetura de um Nó Sensor



ADC - Analog-Digital Converter

MCU - Microcontroller Unit

14

## Características de um Nó Sensor



- ⌚ Elemento sensível
  - ⌚ Físico: magnético, luz, som
  - ⌚ Químico: CO, armas químicas
  - ⌚ Biológico: bactérias, vírus, proteínas
- ⌚ Conversor A-D
- ⌚ Encapsulamento: atender as exigências do ambiente
- ⌚ Energia
  - ⌚ Passiva: solar, vibração
  - ⌚ Ativa: bateria, célula combustível ou eletroquímica (são consumidos combustível (ag. redutor) e comburente (ag. oxidante) para gerar en. elétrica)

15

## Tipos de Sensores



- ⌚ Dispositivos que produzem sinais elétricos proporcionais a uma condição física.
- ⌚ Tipos de sensores:
  - Temperatura e umidade
  - Câmera CCD, luz e infravermelho
  - Acelerômetro, giroscópio, magnéticos
  - Leitores de RFID, Rádio como sensor de RF
- ⌚ Principal requisito: operação em baixa potência

16

## Baterias



- ⌚ Necessárias para distribuição remota
- ⌚ Tipo de bateria depende da aplicação:
  - ⌚ Necessidade de energia e tempo de operação
  - ⌚ Custos
  - ⌚ Utilização de técnicas de obtenção de energia (célula solar) ou acesso ao nó sensor (baterias recarregáveis)
  - ⌚ Questões ambientais
  - ⌚ Peso e capacidade de corrente
- ⌚ Baterias populares
  - ⌚ Alcalina-MnO<sub>2</sub> (AA, D-célula), Li-ion e Ni-MH
- ⌚ Alternativa: célula de combustível (tecnologia ainda não estável) e super capacitor (custo alto)

17

## Encapsulamento



- ⌚ Nós sensores são lançados em ambientes agressivos a dispositivos eletro-eletrônicas
  - ⌚ Locais úmidos ou imersos em água/óleo
  - ⌚ Fixados em animais ou seres humanos
- ⌚ Plásticos resistentes (transparente/opacos), metais (alumínio ou chapa de aço), etc.
- ⌚ Necessidade de isolamento contra interferência eletromagnética
- ⌚ Abertura para luz solar (em caso de células solares)

18

## Comunicação sem Fio



- ⌚ Limitações intrínsecas do canal
  - ⌚ Ruídos
  - ⌚ Interferência
  - ⌚ Canais unidirecionais
  - ⌚ Comunicação feita principalmente por radio-difusão.

19

## Fatores Ambientais



- ⌚ Condições ambientais não apropriadas para equipamentos eletrônicos em geral
  - ⌚ Chuva, raios, ruídos, interferência, etc.
  - ⌚ Faixa de temperatura de operação elevada.
  - ⌚ Pode requerer separação dos sensores e da eletrônica em si.
  - ⌚ Alta umidade
  - ⌚ Poeira, ventos, etc.

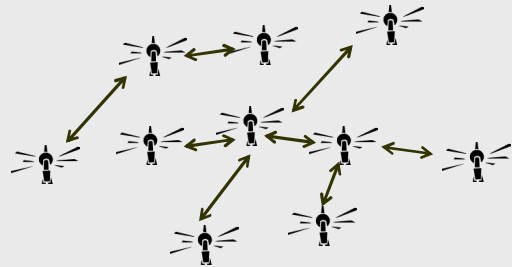
20

## Lançamento em Larga Escala



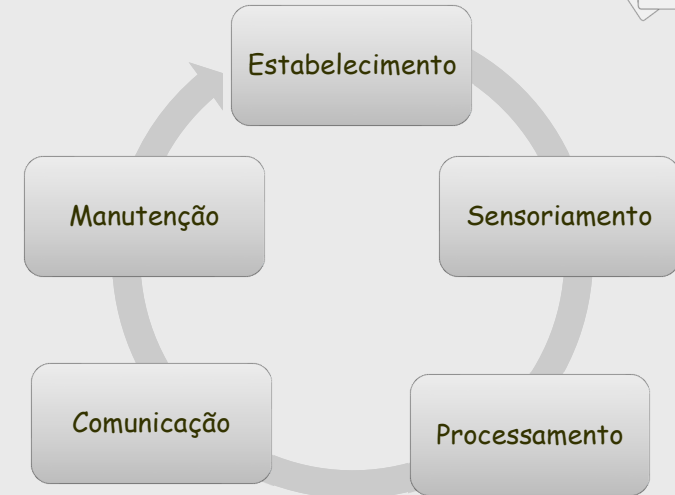
⌚ RSSF irão crescer em número de nós em função de

- Redução do custo unitário
- Melhores protocolos



21

## Ciclo de Vida da Rede de Sensores



22

## Nós Sensores Heterogêneos



- ⌚ Maioria dos casos: nós sensores homogêneos
- ⌚ Combinação de sensores com diferentes funções
- ⌚ Criação de uma hierarquia de sensores, alguns sensores potentes com sensores menos potentes

23

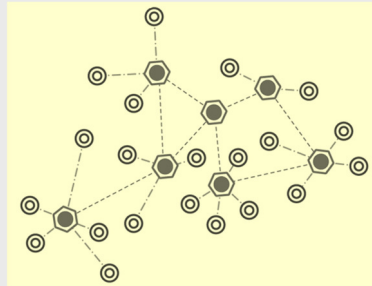
## Nós com Funcionalidade de Gateway



- ⌚ Interligação entre o universo dos nós sensores (ambiente monitorado) com o mundo externo
  - ⌚ Rede pré-existente (LAN, WLAN)
  - ⌚ Internet
- ⌚ Nós especiais: disponibilidade de interface com vários tipos de redes.
- ⌚ Características
  - ⌚ Alto poder computacional
  - ⌚ Capacidade de armazenamento não volátil (HD)
  - ⌚ Alta largura de banda

24

## Aspectos Gerais



25

## Roteamento



- ⌚ Função: determinar "caminhos" entre origem e destino da informação (dados do sensor e comandos)
- ⌚ Buscar rotas que respeitem a eficiência no consumo de energia
- ⌚ Classes típicas de roteamento
  - 🕒 Uma fonte/vários receptores: disseminação
  - 🕒 Várias fontes/um receptor: coleção
  - 🕒 Uma fonte/um receptor: roteamento ponto-a-ponto

26

## Sincronismo de Relógio



- ⌚ Função: Sincronizar todos os relógios componentes da RSSF
- ⌚ É importante em qualquer sistema distribuído
- ⌚ GPS: nem sempre disponível
  - 🕒 Consumo de energia
  - 🕒 Visibilidade de satélites
  - 🕒 Custo, ...
- ⌚ Desejável precisão de sincronismo abaixo de milissegundos, em algumas situações na ordem de 10 microssegundos.

27

## Localização



- ⌚ Para a maioria das aplicações, a localização melhora o valor da informação obtida
  - 🕒 Rastreamento (tracking)
  - 🕒 Reportar a origem dos eventos
  - 🕒 Avaliar a cobertura da rede (dimensões)
  - 🕒 Auxiliar na fase de roteamento
  - 🕒 Melhor forma: GPS

28

## Segurança



- ⌚ Aplicações em que os dados trafegados pela rede são confidenciais
- ⌚ Utilização de canal wireless: possibilidade de furto/adulteração das informações
- ⌚ Ex.: área militar e a de saúde
  - ⌚ Dados aquistados e transmitidos são de natureza privada
  - ⌚ Em aplicações de tele-saúde os dados monitorados do paciente devem ser mantidos privados por lei

29

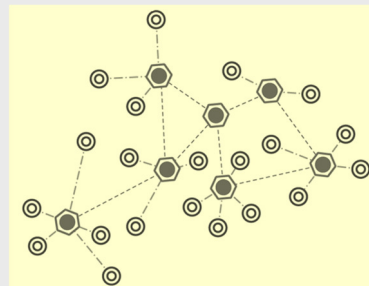
## Desafios de Segurança



- ⌚ RSSF necessitam de proteção contra
  - Escuta clandestina
  - Injeção de falhas
  - Modificação de mensagens
- ⌚ Método padrão: criptografia
  - ⌚ Complexidade computacional limitada
  - ⌚ Vários algoritmos: RC5, Skipjack, DES, 3DES, AES, ...
- ⌚ Dificuldade: como distribuir as chaves ?
- ⌚ Recursos limitados
  - ⌚ Memória e espaço de armazenamento
  - ⌚ Limitação de potência (bateria e computacional)

30

## Aplicações



31

## Fatores de Influência no Projeto WSN



- ⌚ Tolerância a falhas
- ⌚ Escalabilidade
- ⌚ Custos de produção
- ⌚ Restrições de hardware
- ⌚ Topologia da rede
- ⌚ Ambiente
- ⌚ Meio de transmissão
- ⌚ Consumo de energia
  - ⌚ Sensoriamento
  - ⌚ Comunicação
  - ⌚ Processamento de dados

32



## Aplicações Militares



- ⌚ Monitoração de tropas, equipamentos e munições
- ⌚ Vigilância do campo de batalha
- ⌚ Reconhecimento de forças inimigas e do terreno
- ⌚ Avaliação de danos
- ⌚ Detecção de ataques nuclear, biológico e químico



33

## Aplicações Ambientais



- ⌚ Detecção de incêndios florestais
- ⌚ Detecção de desmatamento
- ⌚ Mapeamento da biocomplexidade do ambiente: fauna e flora (monitoração de espécies)
- ⌚ Mapeamento de microclimas
- ⌚ Detecção de enchentes
- ⌚ Agricultura de precisão
- ⌚ Poluição do ar e água



34

## Aplicações na Saúde



- ⌚ Telemonitoramento de dados fisiológicos humanos
- ⌚ Acompanhamento e monitoração de médicos e pacientes em hospitais
- ⌚ Administração de remédios em hospitais



35

## Aplicações Automotivas



- ⌚ Menos fiação
- ⌚ Medidas em câmaras e partes rotativas
- ⌚ Inspeções técnicas remotas
- ⌚ Pressão de pneus, estado da suspensão, emissão de poluentes, estado do sistema de freios, ...



36

## Outras Aplicações



- ⌚ Controle de edifícios inteligentes (grande economia de energia)
- ⌚ Museus
- ⌚ Detecção e monitoração de carros roubados
- ⌚ Gerenciamento de inventário
- ⌚ Áreas de difícil acesso

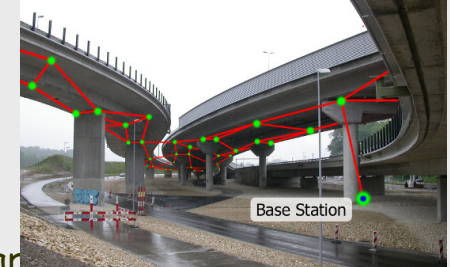
Tempos de sensoramento, propagação (comunicação), computação e ação

37

## Outras Aplicações



- ⌚ Proteção estrutural



- ⌚ Ruído e qualidade do ar em grandes cidades

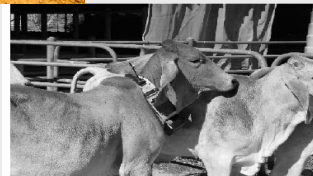


38

## Agronegócio



- Manejo da irrigação, detecção e avisos de geadas, aplicação de agrotóxicos, cronograma de colheita, ...
- Criação animal com bem estar



39