

Controle de Topologia em RSSF

Projeto SensorNet



UFMG - ICEx
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO

DEF
40 Anos



Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico

Fabíola Guerra Nakamura
João Fernando Machry Sarubbi

Introdução

Introdução

- Redes de Sensores
 - Problema de Cobertura
 - Problema de Densidade dos Nós
- Soluções
 - Exatas
 - Heurísticas

Redes de Sensores

- Área Multidisciplinar
- Dispositivos associados a redes sem fio
- Componentes
 - Bateria, memória, processador, sensor e rádio.
- Restrições
 - Energia, processamento, comunicação

Controle de Topologia RSSF

- Objetivo
 - Reduzir impactos da alta densidade de nós
 - Garantir qualidade de serviço
 - Cobertura
 - Conectividade
 - Aproveitar-se da redundância para cobrir falhas na cobertura e prolongar o tempo de vida da rede
- Abordagens centralizada e distribuída

Conceitos

Classificação RSSF

- Composição
 - Homogêneas
 - Heterogêneas
- Organização
 - Planas
 - Hierárquicas
- Coleta
 - Contínua
 - Dirigida a eventos
 - Periódica
 - Tempo real
- Distribuição
 - Regular
 - Irregular
- Densidade
 - Balanceada
 - Densa
 - Esparsa
- Disseminação
 - Contínua
 - Programada
 - Sob-demanda
 - Dirigida e eventos

Localização em RSSF

- Alguns sensores conhecem sua posição (nós âncoras)
- 3 Fases
 - Medição de Distâncias
 - Localização
 - Trilateração, triangulação
 - Refinamento com cálculo de erro

Redes Hierárquicas

- Os nós são divididos em clusters
- Eleição do Cluster-Head
- Devido a energia ocorre a reorganização dos cluster elegendo novos.
- O sensor transmite para o seu líder, economizando energia.

Redes Hierárquicas

- Líder: processa e funde os dados
 - Informações perto \rightarrow maior economia
- Líderes podem gerenciar

Controle de Topologia Centralizado

Modelos e Algoritmos Para a Definição da Densidade, Cobertura e Conectividade em uma RSSF

- Trabalho desenvolvido pelo aluno Gustavo Campos Menezes
- Determinar a configuração inicial RSSF
 - Modelo de programação Linear Inteira Mista
 - Heurística Lagrangeana
- Definir a densidade da rede
- Garantir a cobertura e conectividade

Definição do Problema

- Nós distribuídos de maneira aleatória
- Que sensores devem ficar ativos para cobrir toda a área e qual rota devem usar gastando menos energia?
- Características
 - Rede Plana
 - Homogênea
 - Nós estacionários
 - 2D

Características

- Discretização da área
- Área quadrada
- Flexível
 - Presença e ausência de obstáculos
 - Redes Homogêneas e Heterogêneas
 - Lançamento aleatório e em posições específicas

Vantagens e Desvantagens

- Vantagens
 - Solução exata (Modelo de PLIM)
 - Aceita obstáculos
 - Heurística Lagrangeana com bons resultados
 - Garante conectividade
- Desvantagens
 - Não é escalável

Solução Hierárquica Exata

- Trabalho de André Luiz de Oliveira
- RSSF 3 Problemas
 - Cobertura gastando menos energia
 - Conectividade
 - Roteamento
- Cobertura com organização hierárquica
 - Cada nó sensor deve estar ligado a um líder
 - Cada líder deve enviar sua informação ao sorvedouro
 - Líder comunica com Líder x Líder comunica com sorvedouro

Objetivo

- Formular modelo PLIM considerando rede hierárquica
- Apresentar algoritmo de Relaxação Lagrangeana

Definição do problema

- Nós conhecem sua localização
- Determinar subconjunto de sensores
- Organizá-los em grupos indicando líder
- Indicar o caminho da informação do líder para o nó sorvedouro.
- Posições dos sorvedouros, raios de comunicação e sensoriamento conhecidos

Abordagem Voronoi

- Trabalho elaborado pelos alunos Marcos Augusto M. Vieira et al.
- RSSF x Energia
- Problemas da alta densidade
 - Dados redundantes, interferência na comunicação, e perda de energia.

Objetivo

- Mecanismo de controle de densidade de rede
- Que nós devem ser ligados e desligados
- Usando-se diagrama de Voronoi.

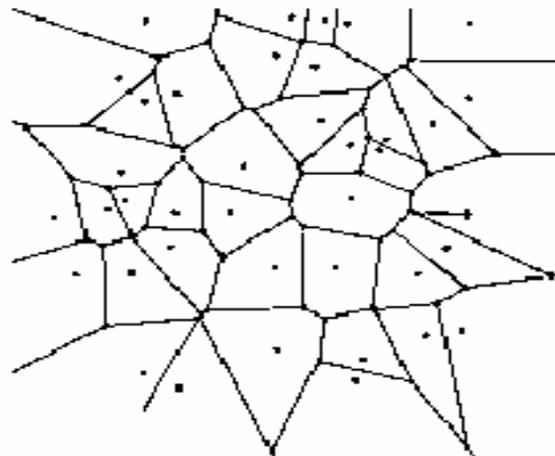
Características

- Rede Plana
- Homogênia
- 2-D
- Cada nó permanece imóvel
- Cada nó conhece a sua localização.
- Sensor Range x Radio Range
 - 3 possibilidades

Diagrama de Voronoi



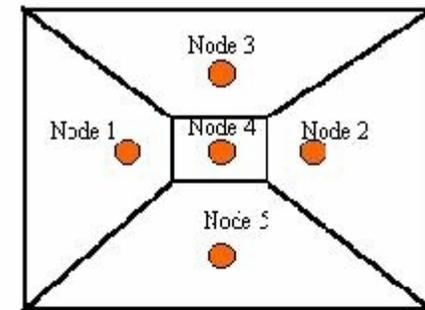
(a) Input points



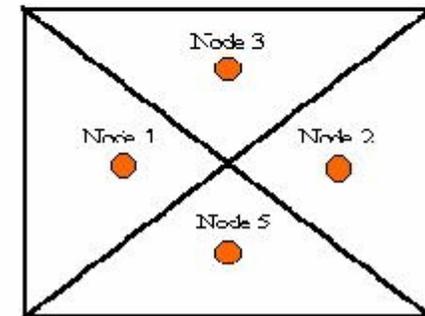
(b) Voronoi diagram

Algoritmo

- Escolhe-se o nó com menor área
- Até quando for possível retira-se este nó.
- Repita o processo até que nenhum nó cubra uma área menor que um certo limiar dado.



(a) Initial Voronoi diagram



(b) New Voronoi diagram

Controle de Densidade RSSF

- Trabalho elaborado pela aluna Isabela Siqueira
- Visão geral da Rede
 - Utilização de Mapas
 - Mapa de topologia, cobertura e energia
- Problema de Densidade de Nós Sensores
- Para garantir a qualidade usa-se muitos sensores
- Isto pode causar redundância

Características

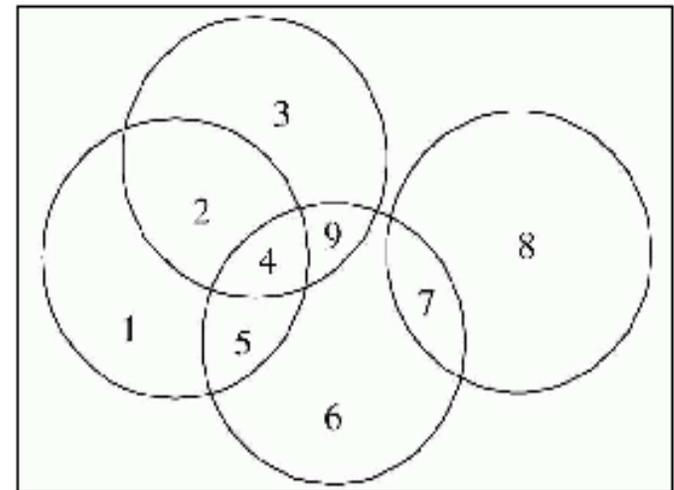
- Rede Heterogênea
- Rede Hierárquica
- Comunicação Direta (Single – Hop)
- Monitora Temperatura
- Envia Dados Continuamente

Serviço de Controle de Densidade

- Objetivo de controlar a topologia virtual
- Precisa-se dos Mapas de Energia, Densidade e Topologia
- Parâmetros
 - Alcance da observação
 - Coordenadas
 - Energia (usada como desempate)

Serviço de Controle de Densidade

- Área de observação modelada como círculo
- Discretização da área
- Pontos de interesse
- *Minimum set cover*

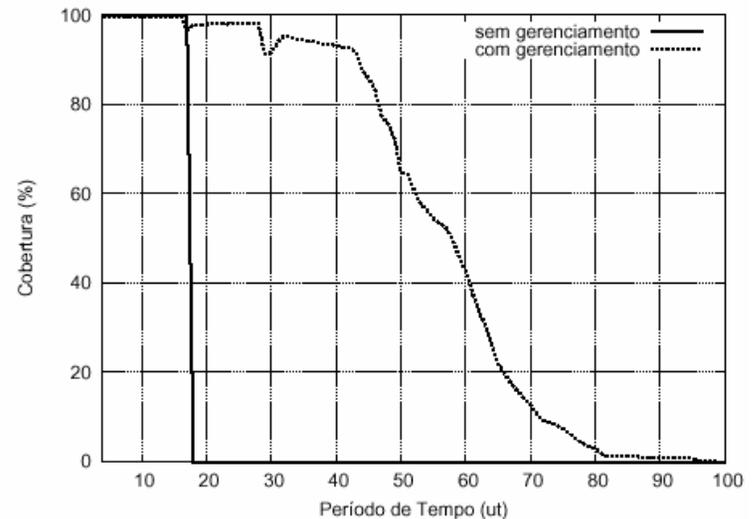


Algoritmo de Aproximação

- Identificar os nós que são únicos que cobrem uma região
- Marcar estas áreas como cobertas
- Escolher um nó que cobre o maior número de regiões ainda não cobertas
- Marcar estas áreas e voltar ao passo anterior

Métricas e Resultados

- Cobertura
- Dados redundantes
- Atraso
- Mensagens de Coleta
- Mensagens de aplicação
- Mensagens de gerenciamento



Controle de Topologia Distribuído

ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topology

- ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topology
 - Alberto Cerpa
 - Deborah Estrin
 - UCLA Computer Science Department
- Publicação
 - Technical Report UCLA/CSD-TR 01-0009, May 2001.
 - *IEEE Transactions on Mobile Computing Special Issue on Mission-Oriented Sensor Networks, Vol. 3, No. 3, July-September 2004.*

ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topology

- Conforme a densidade cresce apenas um subconjunto de nós são necessários para estabelecer uma infra-estrutura de roteamento.

ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topology

- Cada nó verifica a conectividade na vizinhança e adapta sua participação a topologia de disseminação de dados da rede multi-saltos.
- O nó sinaliza quando detecta alta perda de pacotes.
- Reduz seu ciclo de operação quando detecta alta perda de pacotes em função de colisões.
- Verifica a comunicação na vizinhança e só se integra a infra-estrutura de disseminação quando for necessário.

ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topology

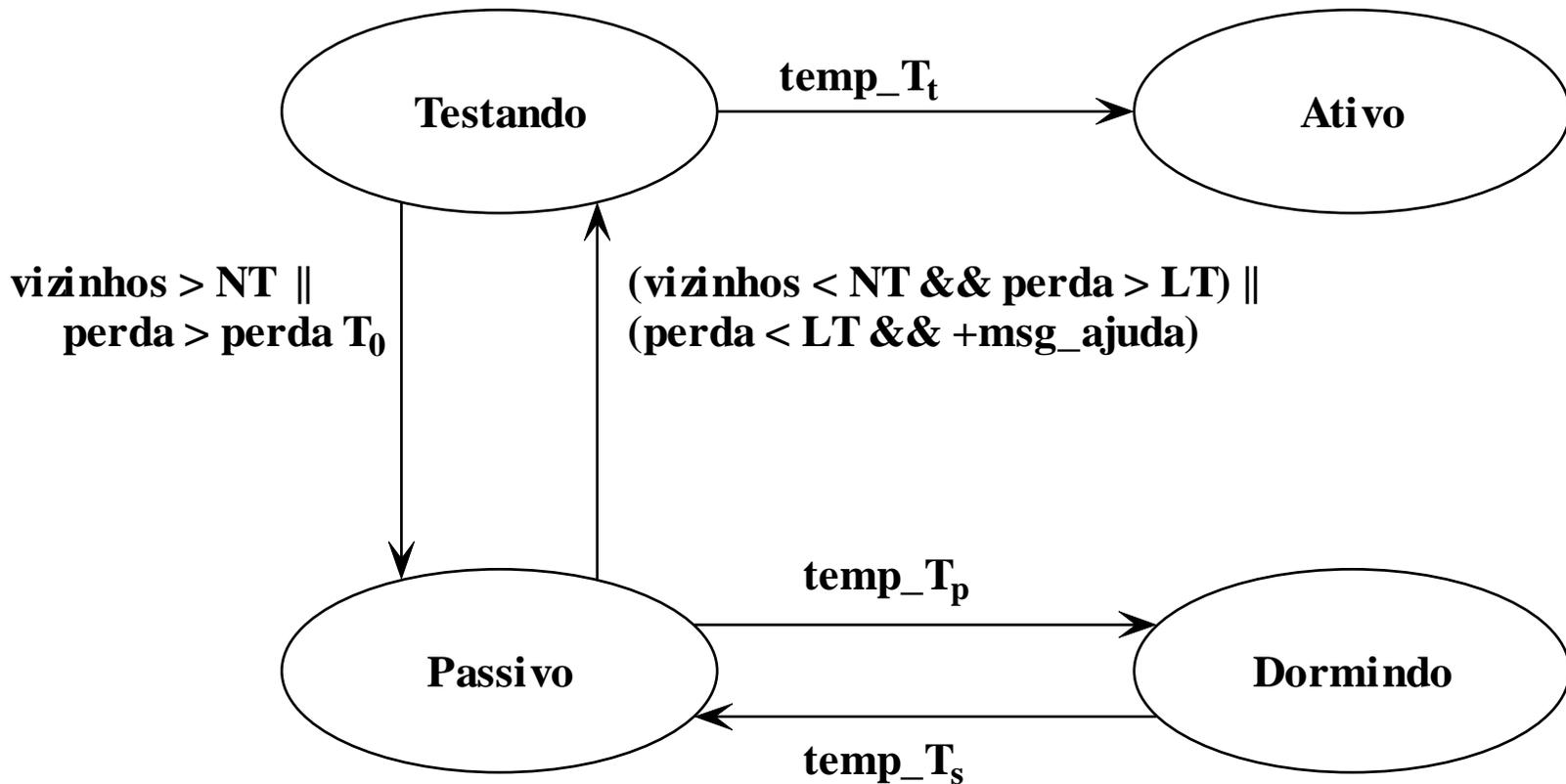
- Cenário
 - Redes Planas
 - Redes Homogêneas / Heterogêneas
 - Não há necessidade de localização pois é baseado em conectividade.

ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topology

- Estados dos nós
 - **Testando** – recebe e faz roteamento de mensagens de controle.
 - **Ativo** – funcionamento normal, sensoriando, enviando, recebendo e roteando de todo tipo de mensagem.
 - Passivo – rádio ligado, mas não recebe mensagens de dados e não faz roteamento de nenhuma mensagem.
 - **Dormindo** – rádio desligado.

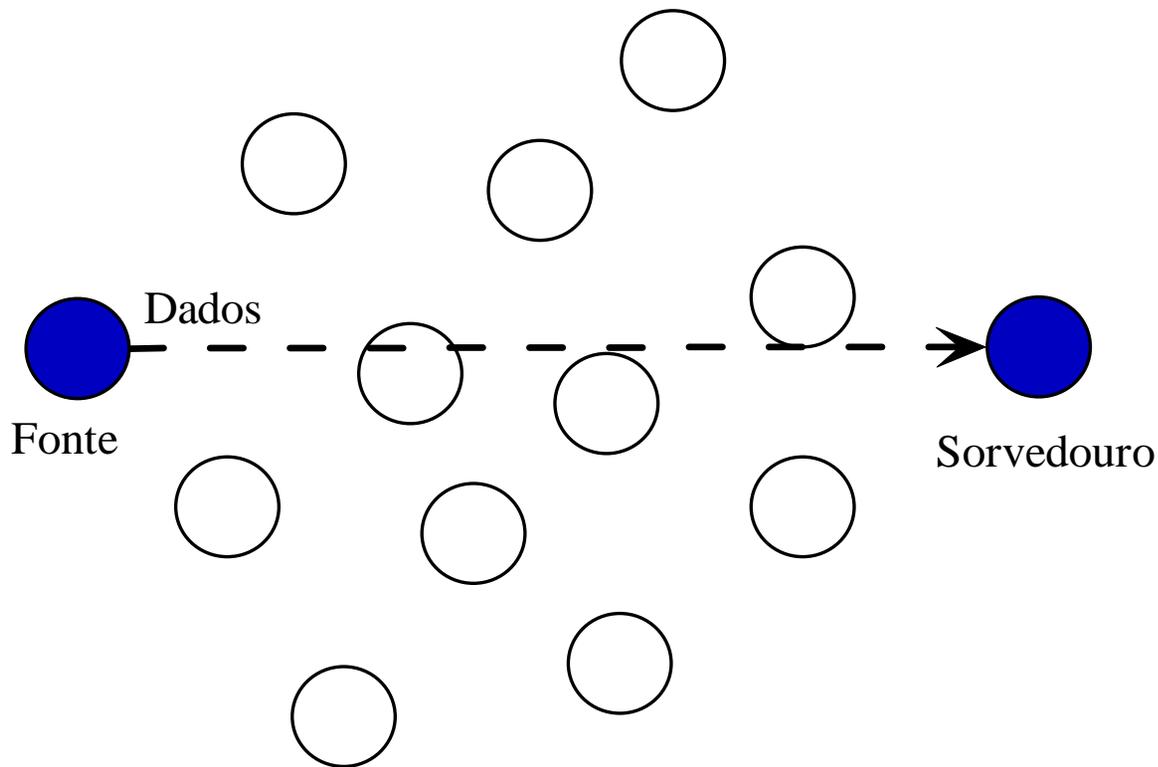
ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topology

- Máquina de Estados



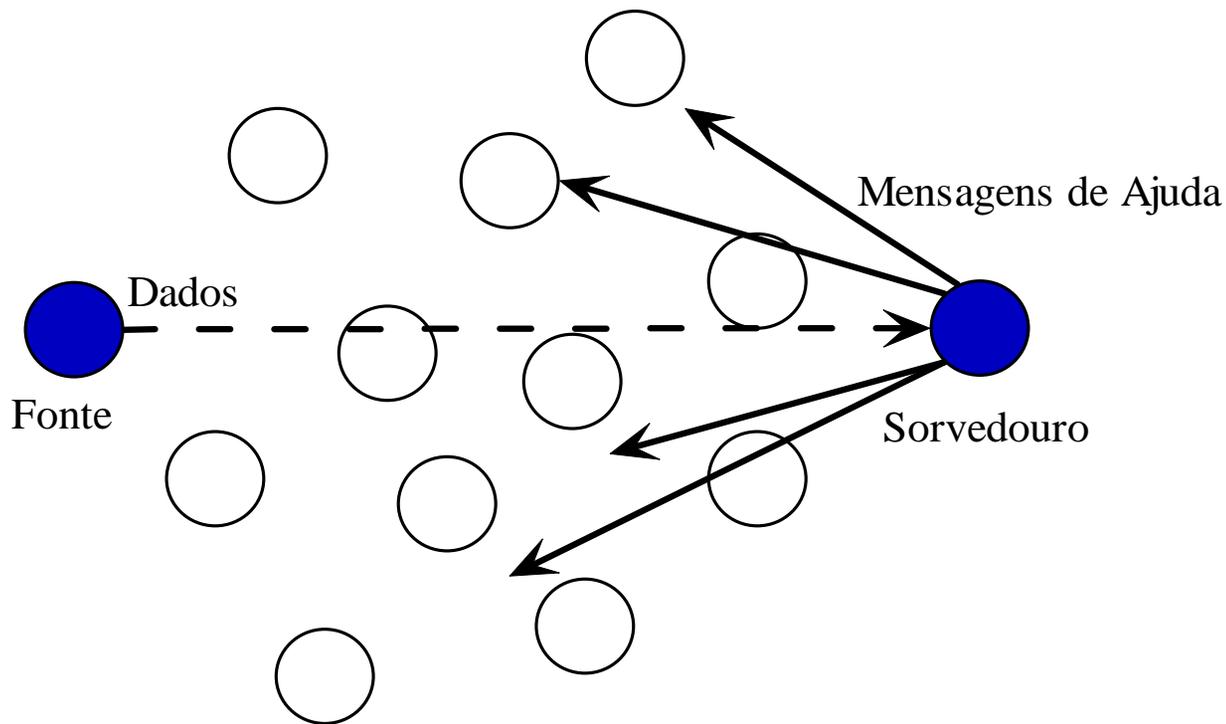
ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topology

■ Funcionamento



ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topology

■ Funcionamento

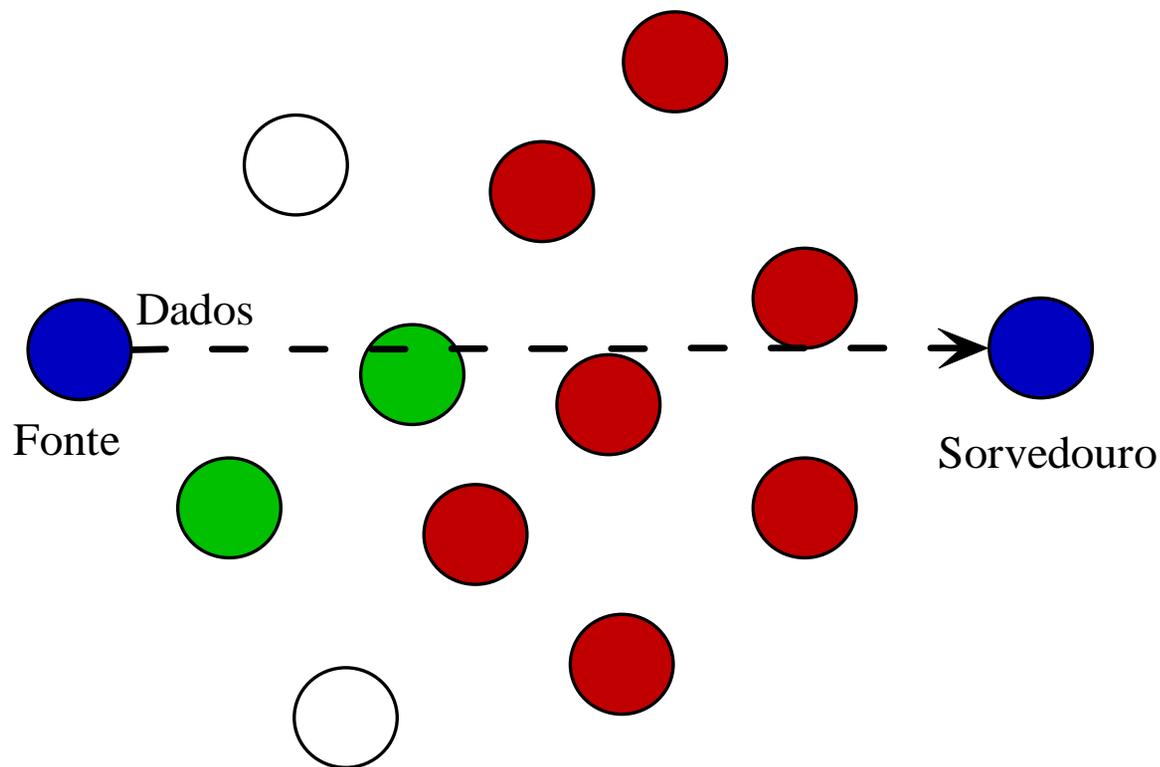


LEGENDA

- Dormindo
- Testando
- Ativo
- Passivo

ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topology

■ Funcionamento

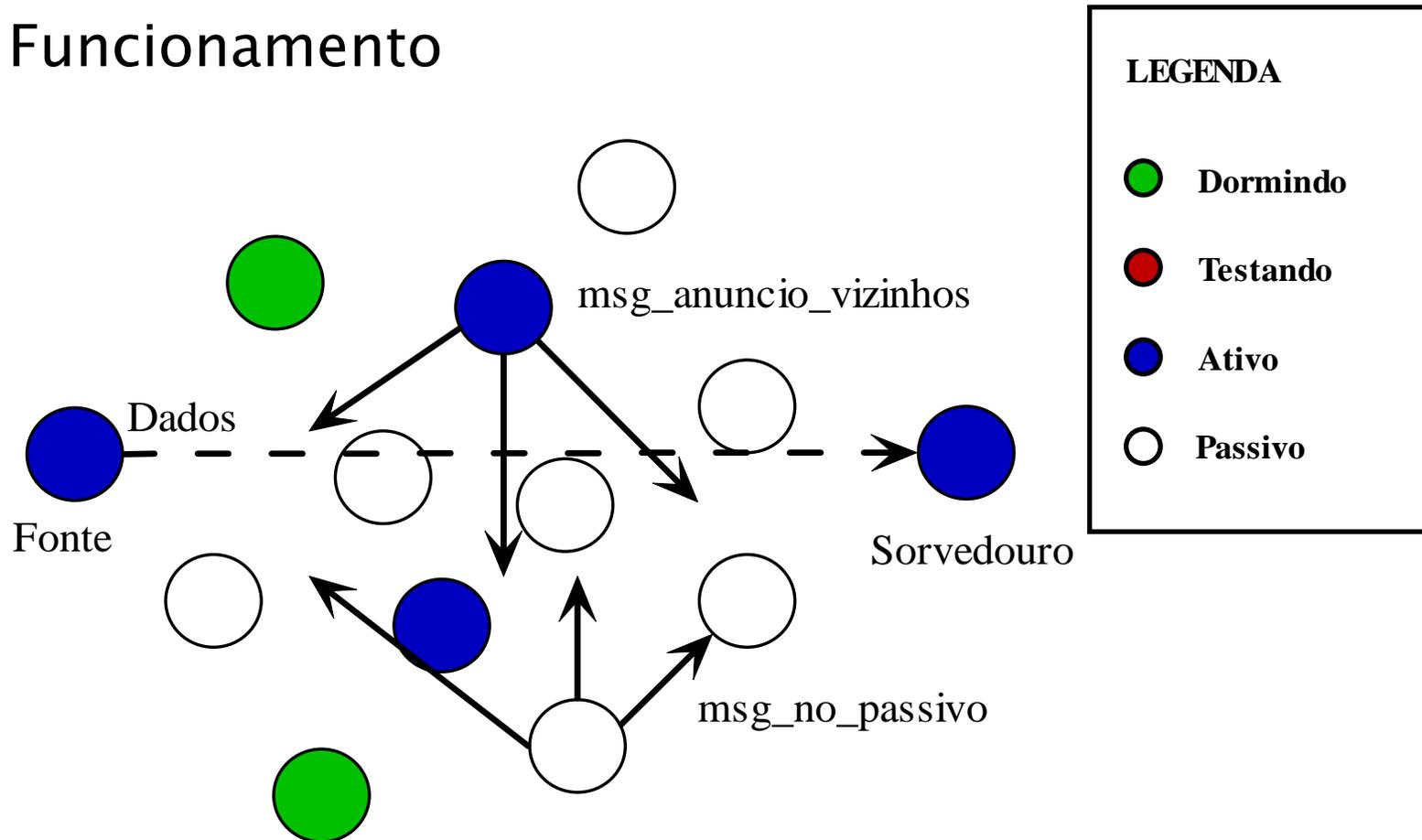


LEGENDA

-  Dormindo
-  Testando
-  Ativo
-  Passivo

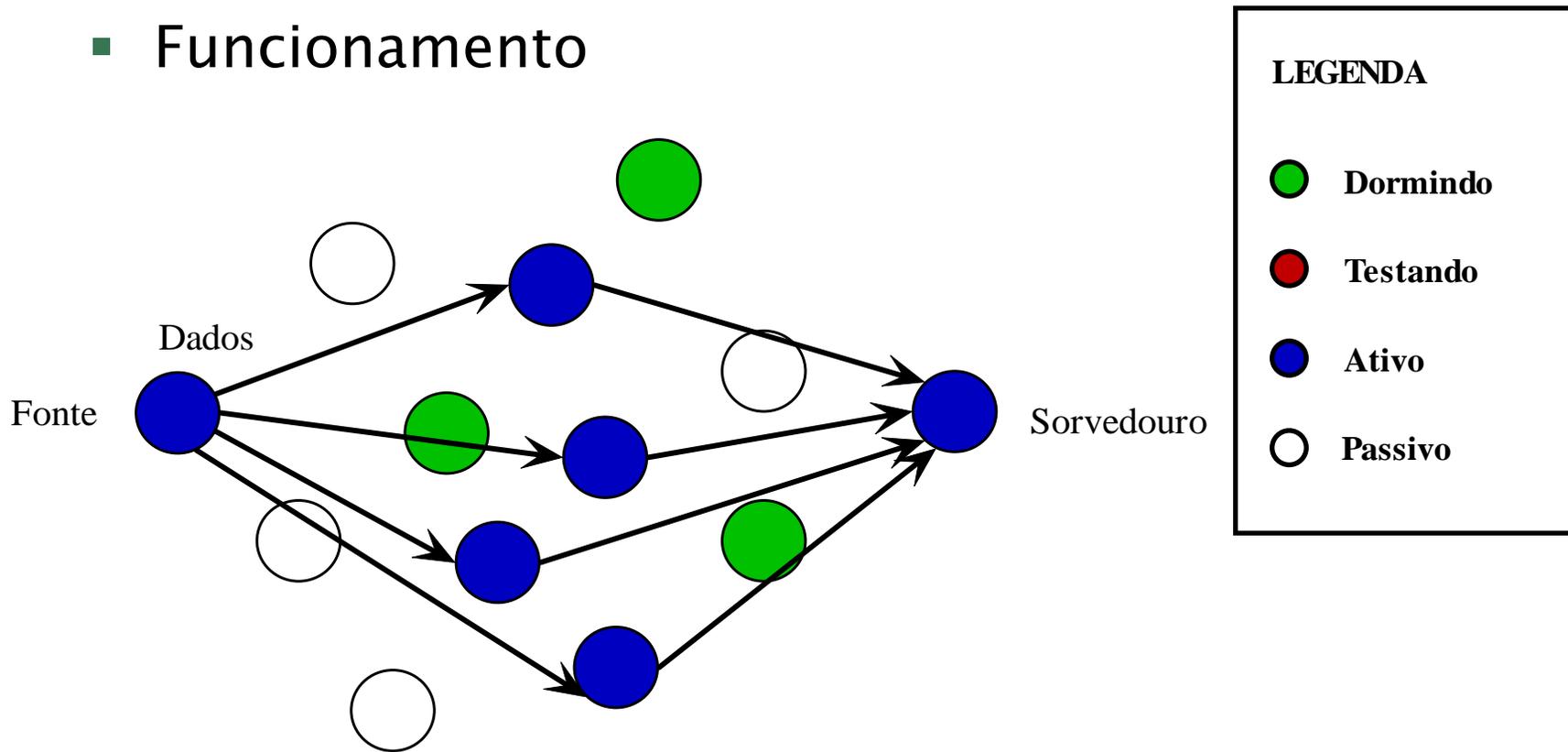
ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topology

■ Funcionamento



ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topology

■ Funcionamento



ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topology

- Um mecanismo adaptativo de auto-configuração de topologia de redes de sensores sem fio.
 - Vantagens
 - Reduz perda de pacotes
 - Aumenta a eficiência no consumo de energia
 - Estável sob diversas condições
 - Desvantagem
 - Não há preocupação com área de cobertura

PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping

- PEAS: A Robust Energy Conserving Protocol for Long-lived Sensor Networks
 - Fan Ye
 - Gary Zhong
 - Jesse Cheng
 - Songwu Lu
 - Lixia Zhang
 - UCLA Computer Science department
- Publicação
 - International Conference on Distributed Computing Systems – ICDCS'03, 2003.
 - IEEE ICNP'02 (extended abstract), 2002.

PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping

- Operações são baseadas na observação da vizinhança e não há necessidade do nó manter informações sobre seus vizinhos.

PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping

- Duas Fases
 - *Probing Environment*
 - Nó verifica sua vizinhança e resolve se vai ficar ativo.
 - *Adaptive Sleeping*
 - Decide quando o nó deve acordar novamente.
 - Tempo aleatório.

PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping

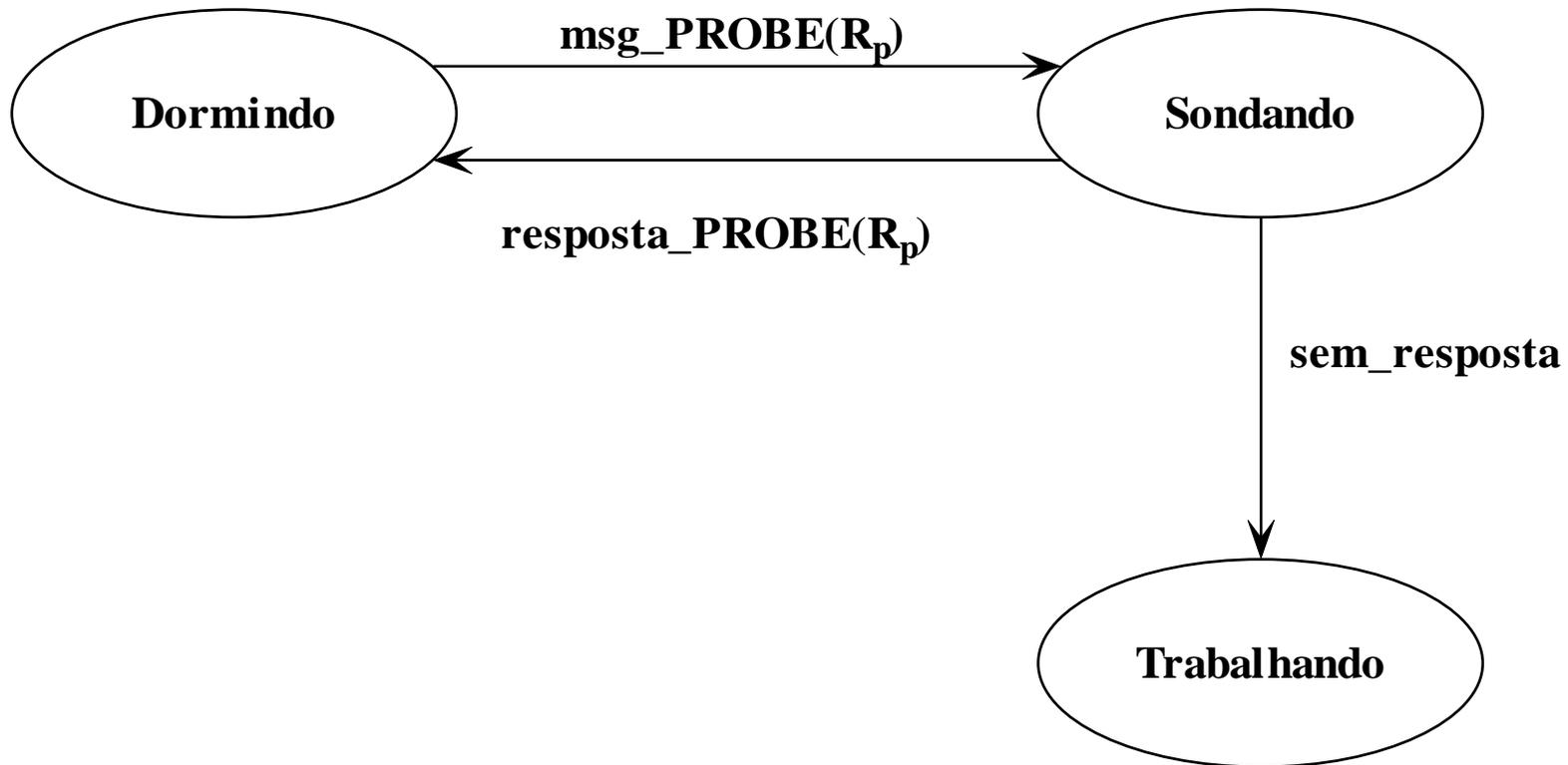
- Cenários
 - Redes Planas
 - Redes Heterogêneas
 - Controle de potência de transmissão
 - Alta incidência de falhas

PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping

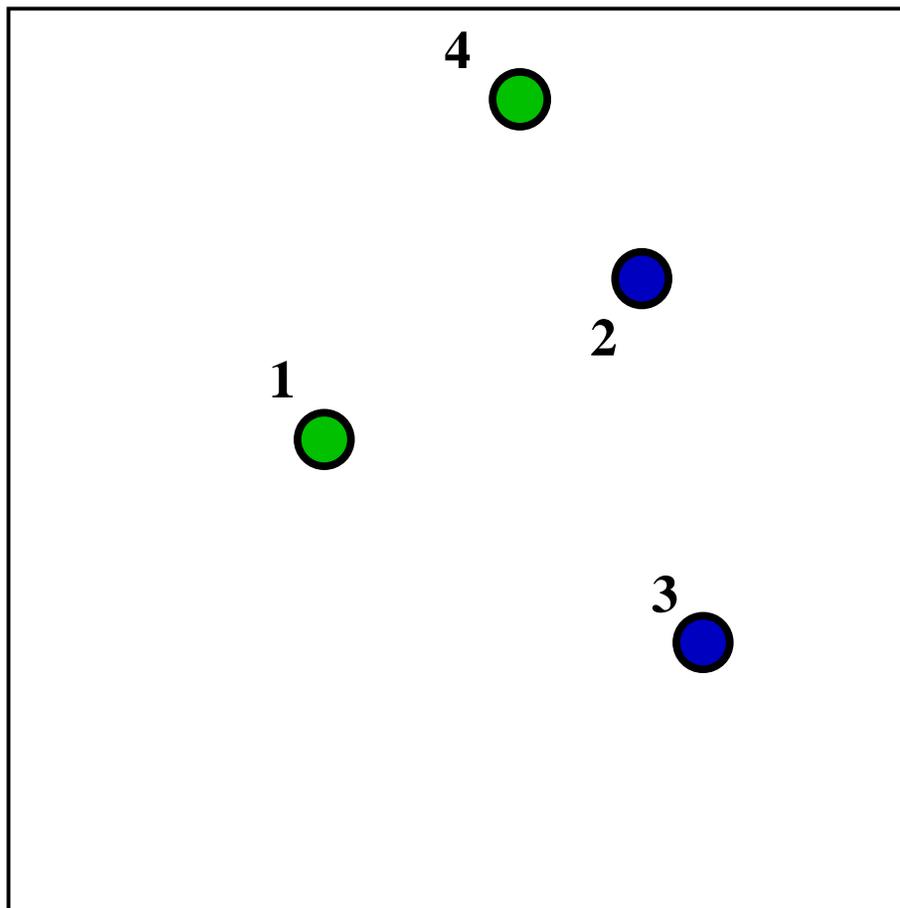
- Estados do nó
 - **Sondando** – envia e recebe mensagens de controle (*probe*).
 - **Trabalhando** – funcionamento normal, sensoriando, enviando, recebendo e roteando de todo tipo de mensagem.
 - **Dormindo** – rádio desligado.

PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping

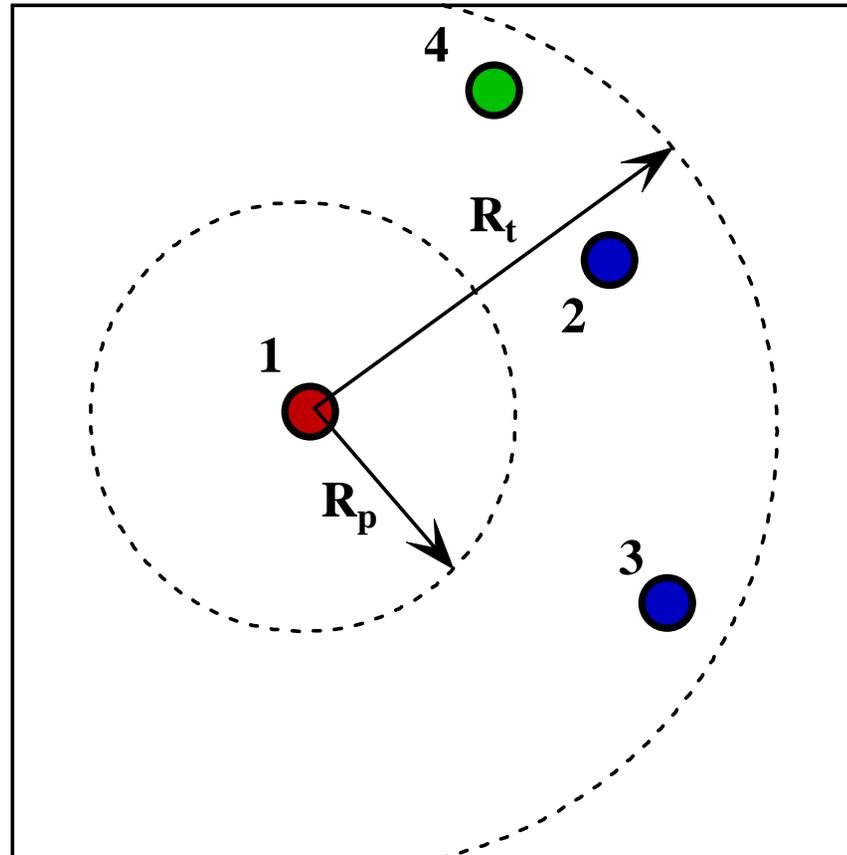
- Máquina de Estados



PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping



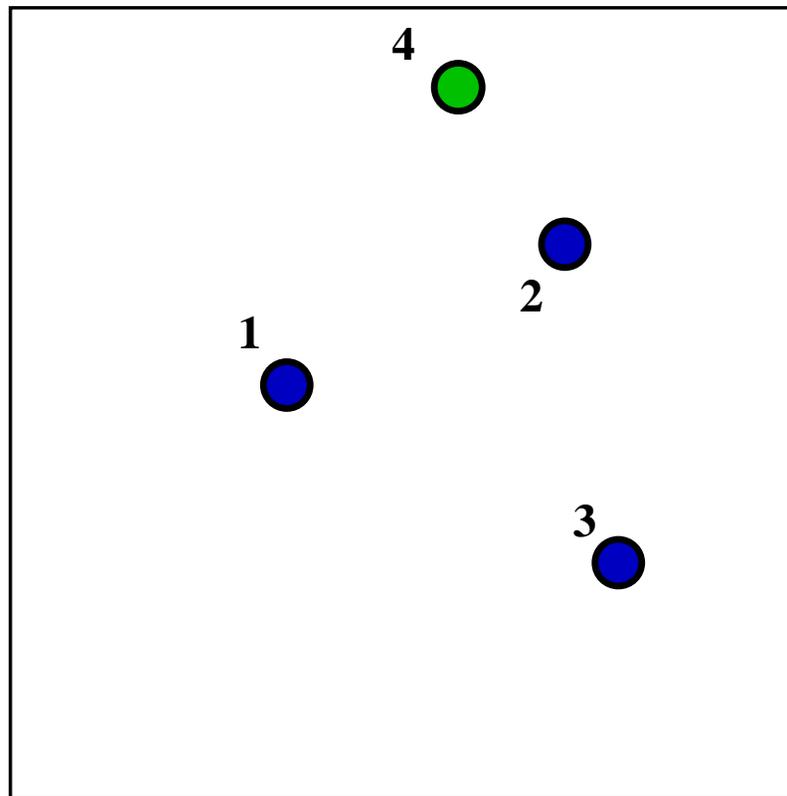
PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping



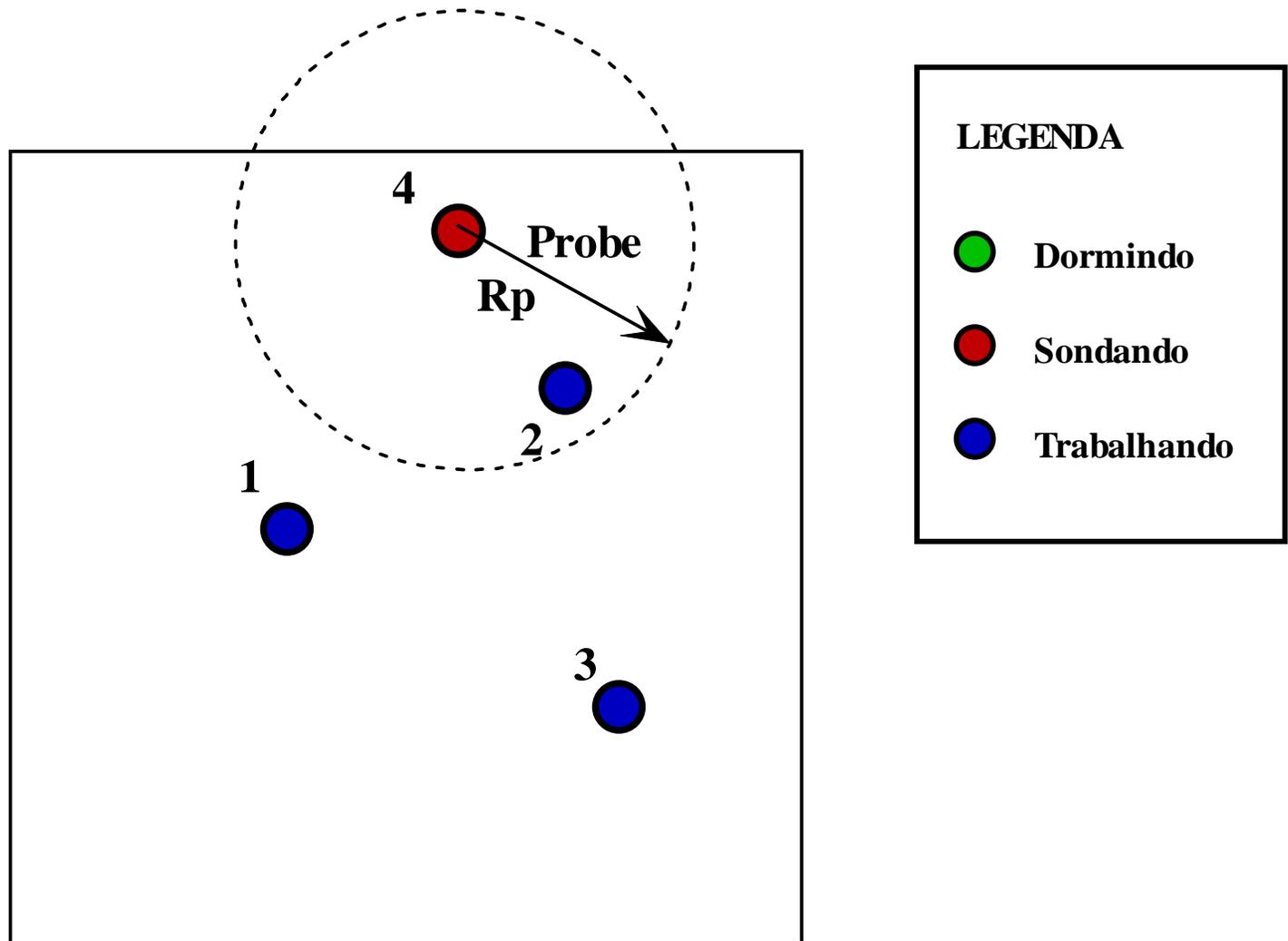
LEGENDA

-  Dormindo
-  Sondando
-  Trabalhando

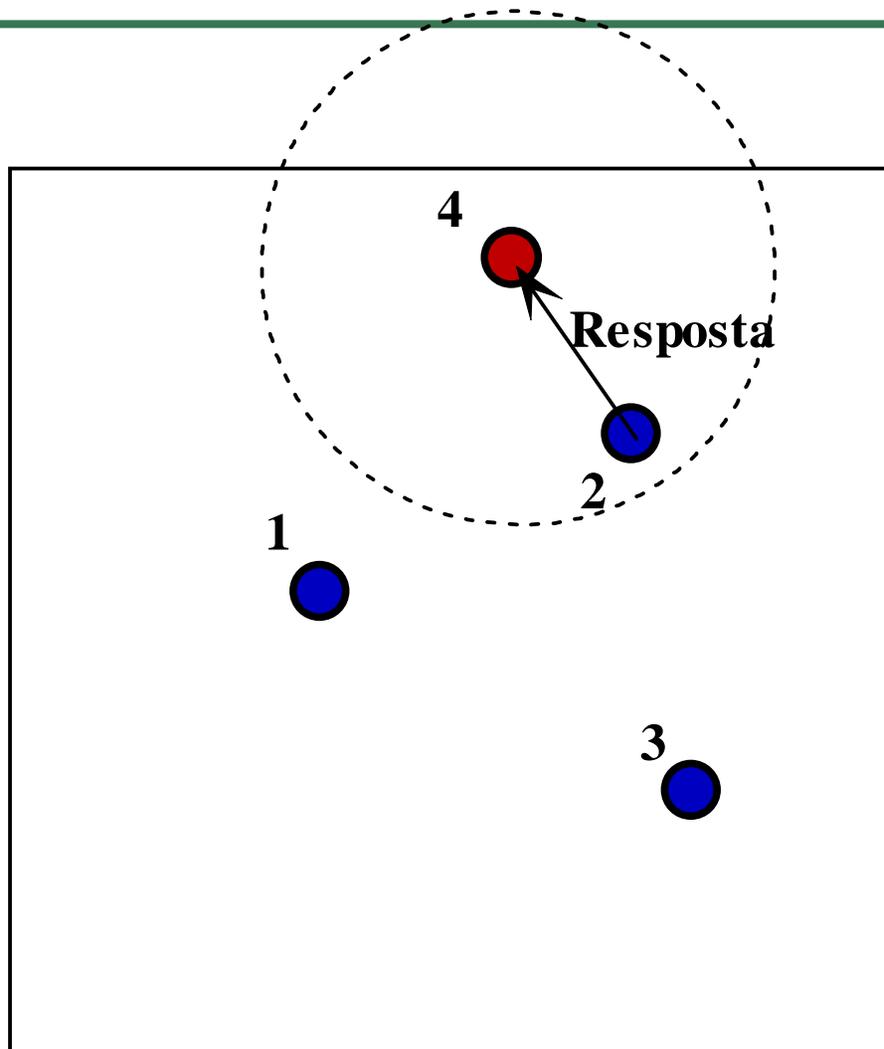
PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping



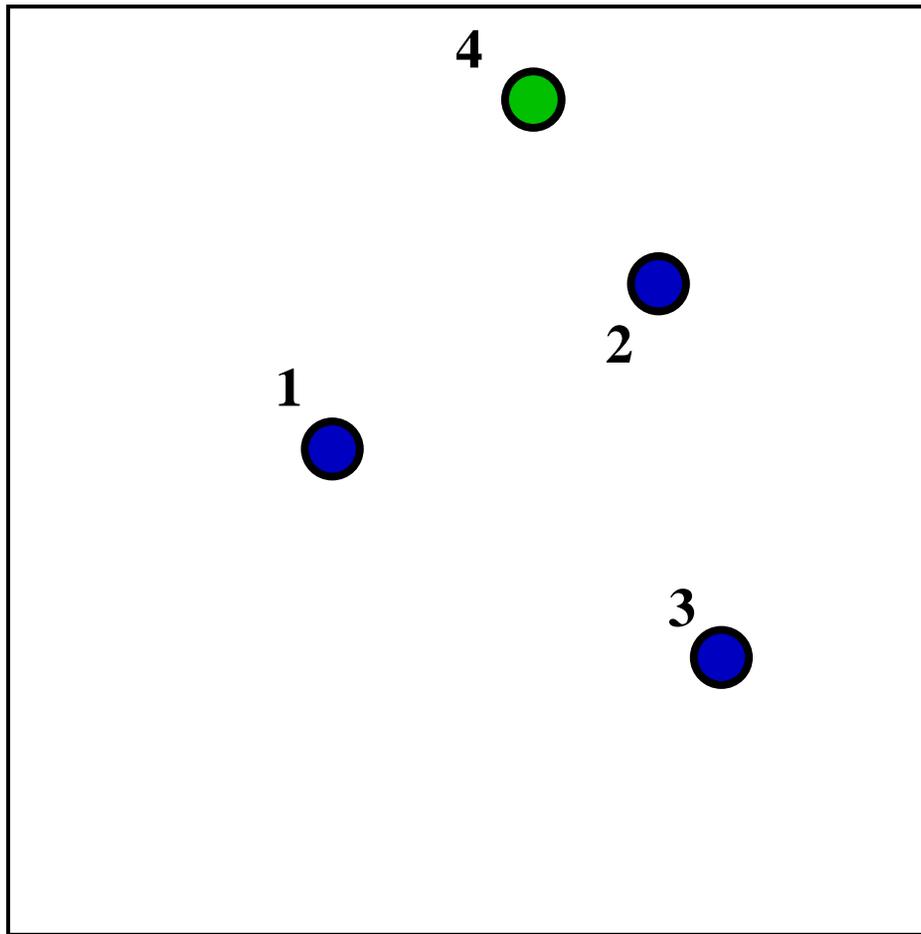
PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping



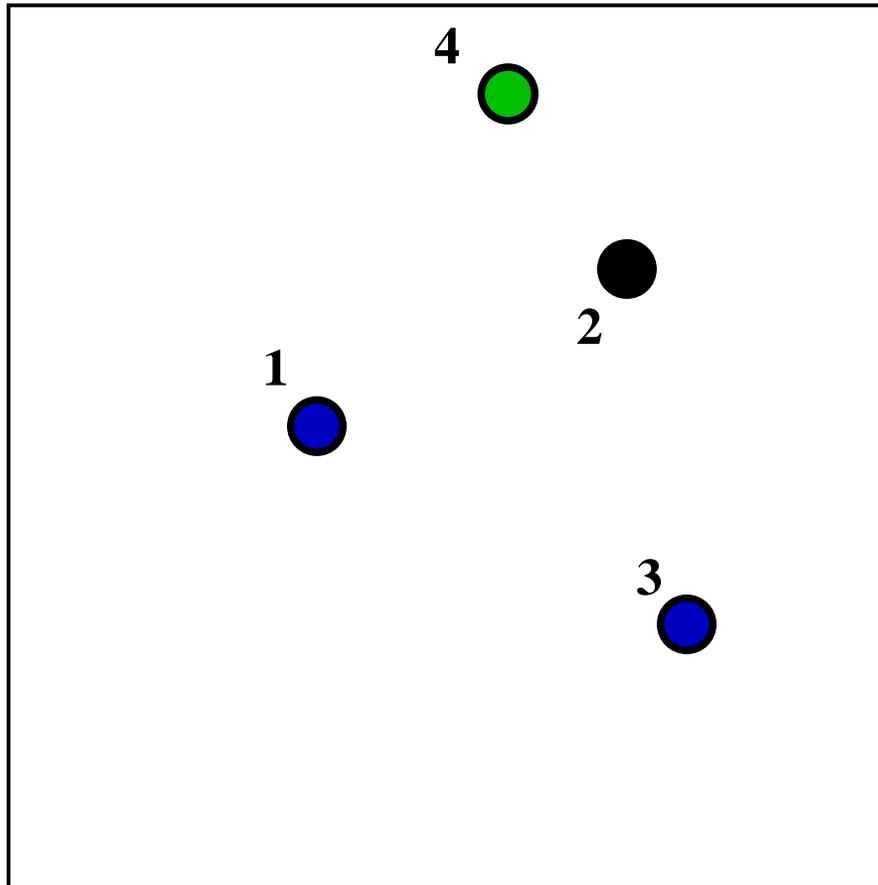
PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping



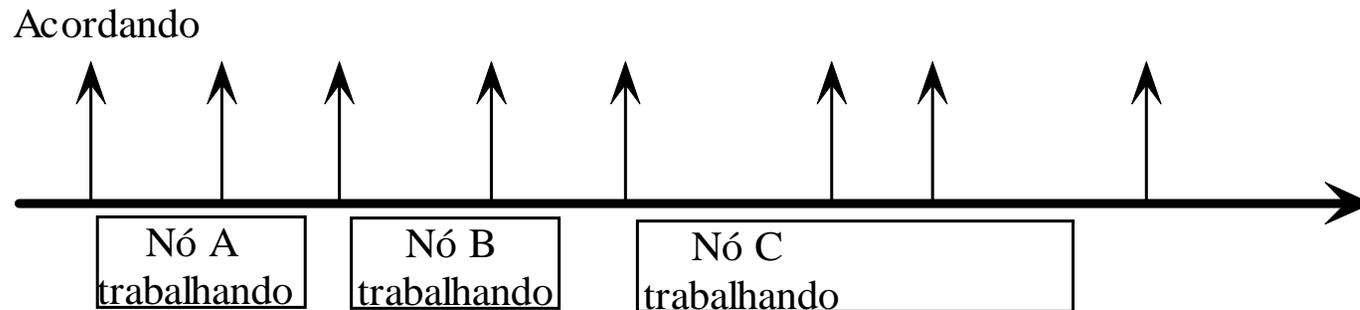
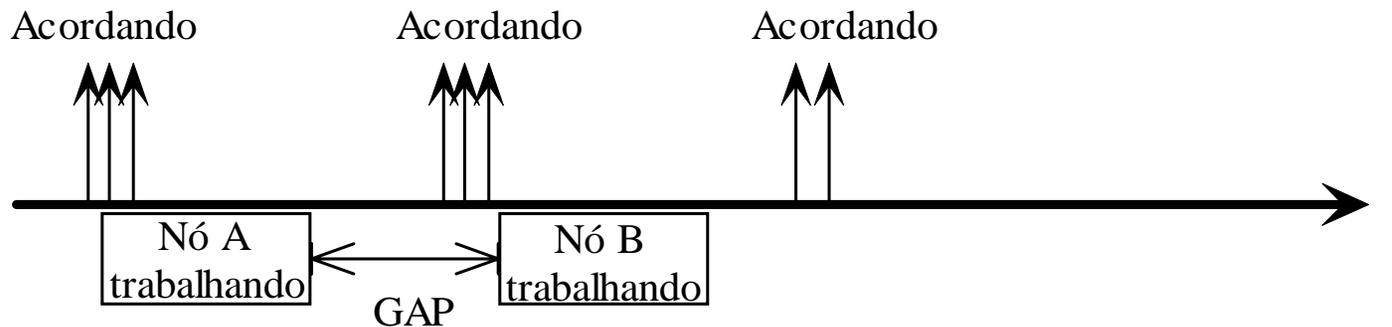
PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping



PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping



PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping



PEAS: Probing Environment and Adaptive Sleeping

- Protocolo distribuído e aleatório para economia de energia em redes de sensores sem fio.
 - Vantagens
 - Prolonga o tempo de vida da rede.
 - Lida com alta incidência de falhas.
 - Mantém a densidade de nós constante.
 - Desvantagens
 - Não lida com problema de cobertura explicitamente.

GAF: Geographic Adaptive Fidelity

- Geographic-informed Energy Conservation for Ad Hoc Routing
 - Ya Xu
 - John Heidemann
 - Information Science Institute
 - Deborah Estrin
 - UCLA Computer Science Department
- Publicação
 - International Conference on Mobile Computing and Networking , ACM SIGMOBILE2001 .
 - *CENS Technical Report, January 11 2003*

GAF: Geographic adaptive Fidelity

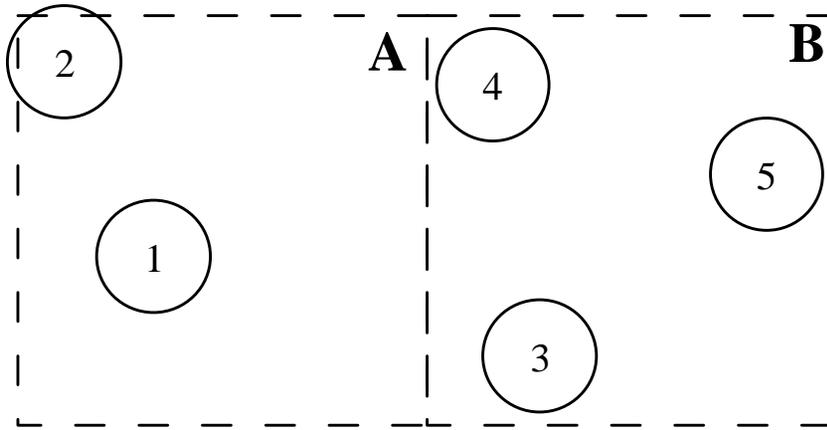
- Conserva energia identificando nós que são equivalentes do ponto de vista de roteamento e desliga nós desnecessários mantendo um nível constante de fidelidade do roteamento, ou seja, uma conectividade ininterrupta entre nós ativos.
- Foca em desligar o rádio o maior tempo possível para economizar energia.

GAF: Geographic adaptive Fidelity

- Cenário
 - Redes Planas
 - Redes Homogêneas
 - Localização

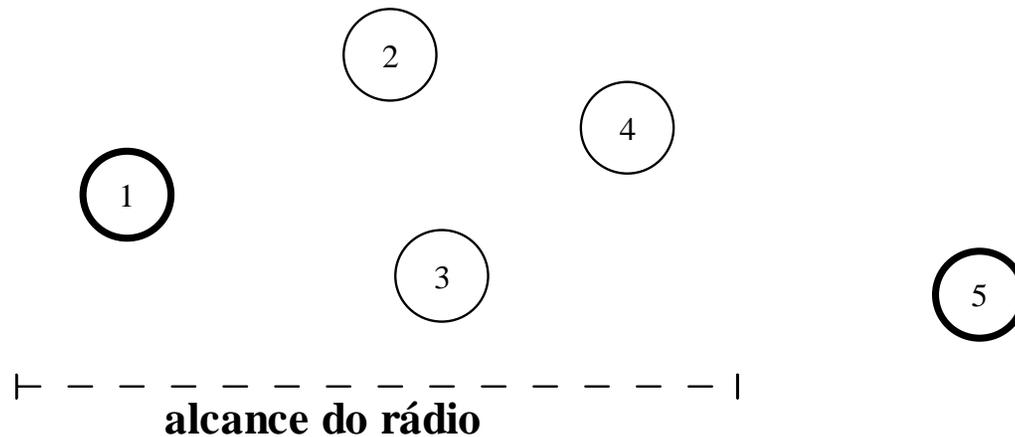
GAF: Geographic adaptive Fidelity

- Divide a área em grades virtuais cuja definição é:
- “ Para duas grades adjacentes A e B, todos os nós de A podem se comunicar com todos os nós de B e vice-versa”

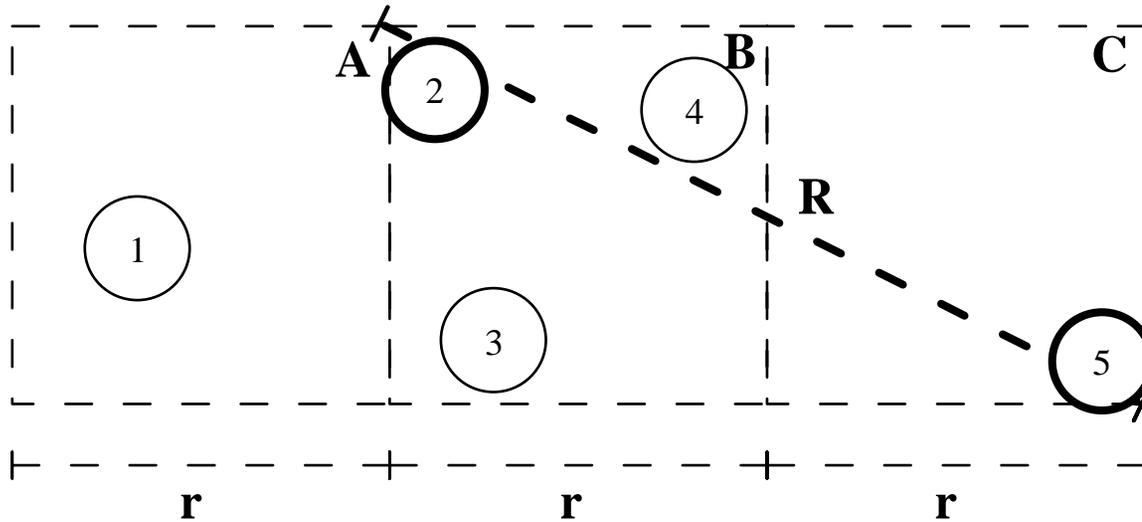


GAF: Geographic adaptive Fidelity

- Grades são calculadas baseadas no alcance do rádio



GAF: Geographic adaptive Fidelity



$$r^2 + (2r)^2 \leq R^2$$

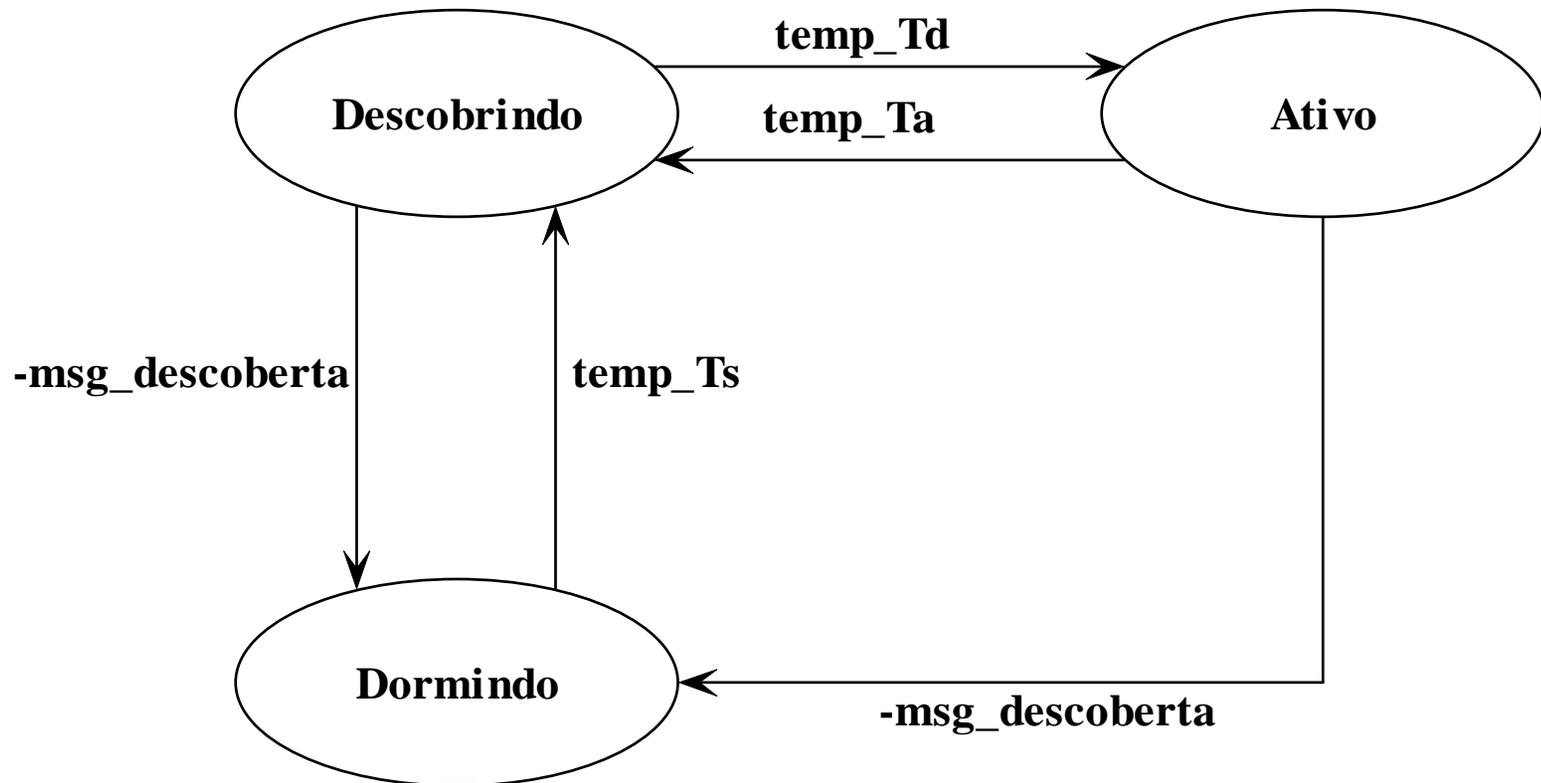
$$r \leq \frac{R}{\sqrt{5}}$$

GAF: Geographic adaptive Fidelity

- Estados do nó
 - **Descobrimdo** – envia e recebe mensagens de controle (descoberta).
 - **Ativo** – funcionamento normal, sensoriando, enviando, recebendo e roteando de todo tipo de mensagem.
 - **Dormindo** – rádio desligado.

GAF: Geographic adaptive Fidelity

- Máquina de Estados



GAF: Geographic adaptive Fidelity

- As mensagens de descoberta contém identificação do nó e da grade a qual ele pertence, e a estimativa de qual o seu tempo de vida.
- O nó utiliza sua localização e o tamanho da grade para calcular a identificação da grade.

GAF: Geographic adaptive Fidelity

- Adapta os tempos em que o nó passa no estado Dormindo baseado na localização do nó e no alcance do rádio.
 - Vantagens
 - Mantém conectividade.
 - Aumenta tempo de vida.
 - Desvantagens
 - Não lida com problemas de cobertura explicitamente.

OGDC: Optimal Geographic density Control

- Maintaining Sensing Coverage and Connectivity in Large Sensor Networks
 - Honghai Zhang
 - UCLA Computer Science department
 - Jennifer Hou
 - University of Illinois
- Publicação
 - NSF International Workshop on Theoretical and Algorithmic Aspects of Sensor, Ad Hoc Wireless, and Peer-to-Peer Networks, February 2004 (invited paper).

OGDC: Optimal Geographic density Control

- Manter cobertura e conectividade usando um número mínimo de nós sensores, onde .
 - A cobertura é garantida quando a área que é pode ser monitorada pelo subconjunto não é menor do que a área monitorada por todos os nós na área.
 - A conectividade por sua vez garante que a informação coletada pelos nós sensores possa alcançar o nó sorvedouro.

OGDC: Optimal Geographic density Control

- Teorema:

Seja o número de nós sensores em um área finito. Então a condição de que o raio de comunicação ou alcance do rádio é pelo menos duas vezes o raio de sensoriamento ou alcance do sensor é necessária e suficiente para considerar que cobertura garante conectividade.

OGDC: Optimal Geographic density Control

- Considerações
 - O raio de comunicação é pelo menos duas vezes maior que o raio de sensoriamento.
 - Rede síncrona
- Tempo dividido em *rounds*

OGDC: Optimal Geographic density Control

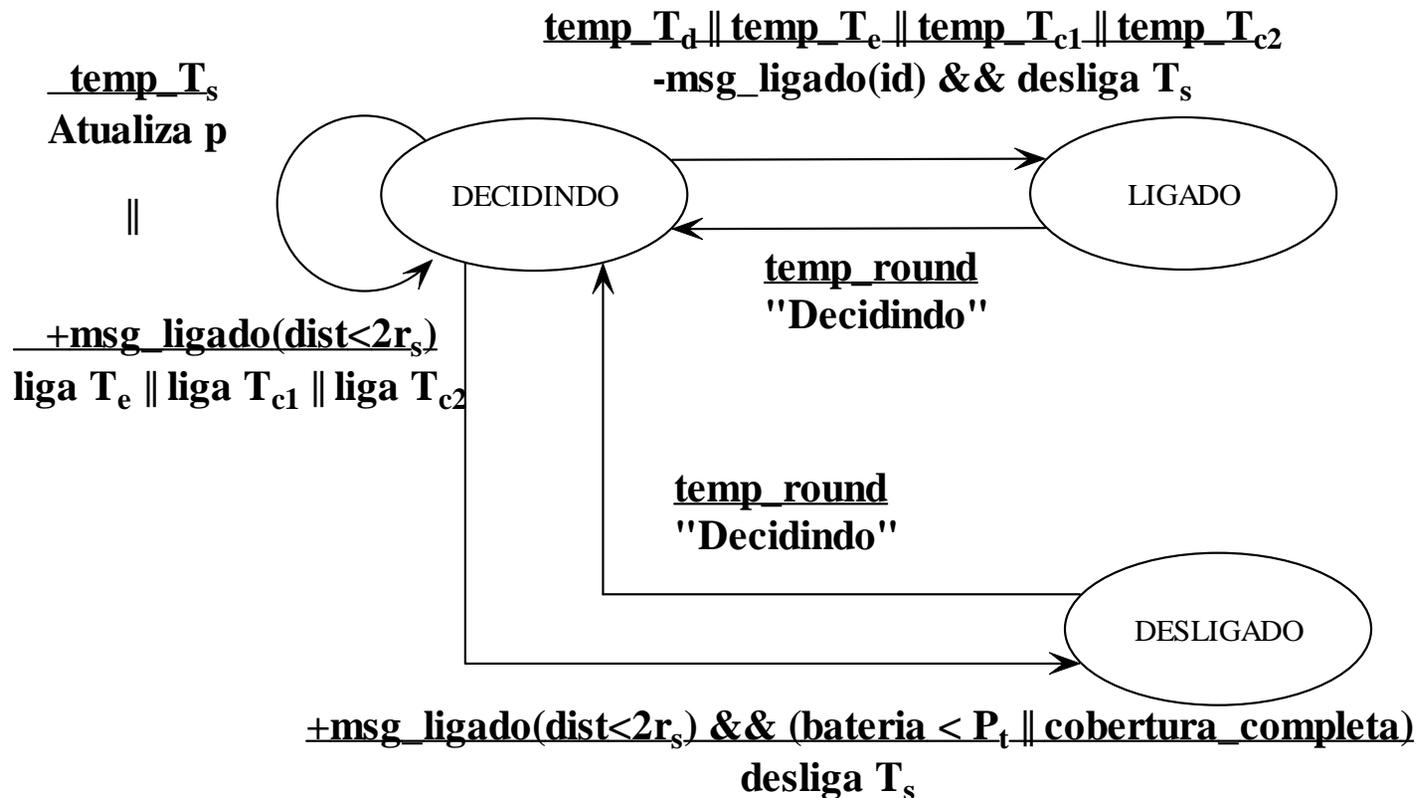
- Cenário
 - Redes Planas
 - Redes Homogêneas
 - Localização

OGDC: Optimal Geographic density Control

- Estados do nó
 - **Decidindo** – envia e recebe mensagens de controle (ligado).
 - **Ligado** – funcionamento normal, sensoriando, enviando, recebendo e roteando de todo tipo de mensagem.
 - **Desligado** – rádio desligado.

OGDC: Optimal Geographic density Control

- Máquina de Estados



OGDC: Optimal Geographic density Control

- *Starting node*
 - Cada nó possui uma variável que corresponde a probabilidade de ele ser um *starting node*. Esta variável vai sendo atualizada até que chegue ao valor 1.

OGDC: Optimal Geographic density Control

- Temporizadores
 - T_d : tempo para um candidato a *starting node* ser ligado.
 - T_s : tempo para nó esperar mensagens e se excedido indica atualização de p .
 - T_e : temporizador ativado quando nó recebe a primeira mensagem de um nó qualquer.
 - T_{c1} : temporizador ativado quando nó recebe a primeira mensagem de um *starting node*.
 - T_{c2} : temporizador ativado quando nó recebe a segunda mensagem de um nó.

OGDC: Optimal Geographic density Control

- Algoritmo de controle de densidade descentralizado e localizado para redes de sensores sem fio.
 - Vantagens
 - Mantém conectividade e cobertura.
 - Supera PEAS e GAF sob as condições testadas.
 - Desvantagens
 - Não lida com casos onde raio de comunicação é no máximo duas vezes o raio de sensoriamento.

Considerações Finais

Considerações Finais

- Algoritmos e protocolos para controle de topologia em Redes de Sensores sem Fio cujos objetivos são:
 - Reduzir impactos da alta densidade de nós
 - Garantir qualidade de serviço
 - Cobertura
 - Conectividade
 - Aproveitar-se da redundância para cobrir falhas na cobertura e prolongar o tempo de vida da rede

Considerações Finais

- Abordagens
 - Centralizada
 - Distribuída

Considerações Finais

- Abordagem Centralizada
 - Vantagens
 - Nós sensores podem ter hardware mais simples
 - Soluções exatas
 - Aumento do poder computacional da rede
 - Desvantagens
 - Escalabilidade
 - Sujeito a problemas nos *links* de comunicação
 - mensagens de gerenciamento
 - Localização necessária

Considerações Finais

- Abordagem Distribuída
 - Vantagens
 - Escalável.
 - Soluções nem sempre necessitam de localização.
 - Desvantagens
 - Nós com maior capacidade computacional.
 - Nem sempre garantem conectividade e cobertura ao mesmo tempo.

Considerações Finais

- Campo com várias oportunidades a serem exploradas.
- Desenvolvimento de novas soluções

Redes de Sensores sem Fio

Controle de Topologia em RSSF

Projeto SensorNet – <http://www.sensornet.dcc.ufmg.br>



UFMG - ICEx
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO

DEF
40 Anos



Obrigado!

Fabíola Guerra Nakamura
João Fernando Machry Sarubbi

{fgnaka,jsarubbi}@dcc.ufmg.br