

Internet das Coisas e Redes Veiculares (TP-546)

Samuel Baraldi Mafra



Akyildiz, Ian F., and Mehmet Can Vuran. Wireless sensor networks. Vol. 4. John Wiley & Sons, 2010.

Requerimentos:

- Tolerantes a falha;
- Escalabilidade;
- Longa vida;
- Programáveis;
- Segurança;
- Preço acessível.

Tolerância a falha:

- Capacidade de sustentar as funcionalidades da rede do sensor sem qualquer interrupção devido a falhas do nó do sensor;
- As restrições de hardware fazem com que os nós sensores falhem frequentemente ou sejam bloqueados por um determinado período de tempo.
- Essas falhas podem ocorrer devido a falta de energia, danos físicos, interferência ambiental ou problemas de software. A falha de um nó resulta na desconexão da rede.
- Estamos interessados em informações sobre o fenômeno físico em vez de informações de um único sensor, a falha de um único nó não deve afetar o funcionamento geral da rede.

Tolerância a falha:

- As aplicações internas resultam em menos interferência com os nós do sensor e podem não aumentar a taxa de falha. Por outro lado, em aplicações onde os nós sensores são implantados ao ar livre, as falhas dos nós sensores também ocorrem devido à interferência ambiental.
- Os protocolos e algoritmos projetados para as redes visam abordar as falhas frequentes de nós sensores por meio de redundância.
- Mesmo se um nó sensor falhar, outros nós na faixa de transmissão podem ser utilizados para manter a conectividade com a rede.

Escalabilidade:

- Os protocolos de rede desenvolvidos para essas redes devem ser capazes de lidar com esse grande número de nós com eficiência.
- A densidade pode variar de alguns a centenas de nós sensores em uma região, que pode ter menos de 10 m de diâmetro.
- A densidade do nó depende da aplicação para o qual os nós sensores são implementados.

Longo tempo de vida do nó:

- O tempo de vida do nó define inteiramente o tempo de vida da rede e deve ser alto o suficiente.
- O nó do sensor deve ser eficiente em termos de energia, uma vez que é difícil ou até impossível substituir ou recarregar milhares de nós.
- As operações de comunicação, computação, detecção e atuação do nó também devem ser energeticamente eficientes.

Programáveis:

- A reprogramação de nós sensores no campo pode ser necessária para melhorar a flexibilidade.

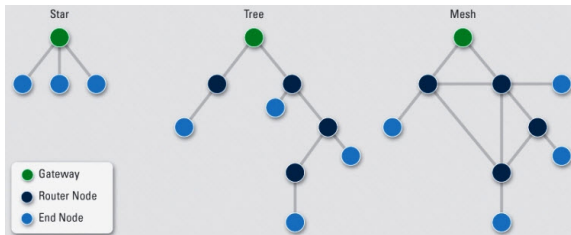
Segurança:

- Controle de acesso: para evitar tentativas não autorizadas de acesso ao nó.
- Integridade da mensagem: para detectar e prevenir alterações não autorizadas na mensagem.
- Confidencialidade: para garantir que o nó sensor deve criptografar mensagens para que apenas esses nós quem tem a chave secreta ouçam a mensagem.
- Proteção de reprodução: para garantir que o nó do sensor deve fornecer proteção contra a reutilização do adversário de um pacote autêntico para ganhar confiança no acesso a rede.

Baixo custo:

- O sistema deve usar dispositivos de baixo custo, uma vez que a rede é composta por milhares de nós sensores, tags e aparelhos.
- A instalação e manutenção dos elementos do sistema também devem ser significativamente baixas para tornar sua implantação realista.

Topologias:



Topologia estrela:

- Topologia de comunicação, em que cada nó se conecta diretamente a um gateway.
- Um único gateway pode enviar ou receber uma mensagem para vários nós remotos. Na topologia, os nós não têm permissão para enviar mensagens um ao outro.
- Isso permite comunicações de baixa latência entre o nó remoto e o gateway (estação base).

Topologia estrela:

- Devido à dependência de um único nó para gerenciar a rede, o gateway deve estar dentro da faixa de transmissão de rádio de todos os nós individuais.
- A vantagem inclui a capacidade de manter o consumo de energia dos nós remotos no mínimo e simplesmente sob controle.
- O tamanho da rede depende do número de conexões aceitas pelo dispositivo e sua aplicação.

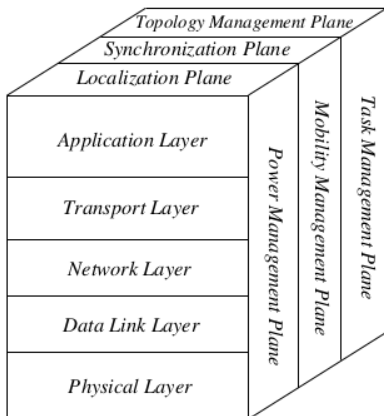
Topologia árvore:

- Nas topologias de árvore, cada nó se conecta a um nó que é colocado mais alto na árvore e, em seguida, ao gateway.
- A principal vantagem da topologia em árvore é que a expansão de uma rede pode ser facilmente possível e também a detecção de erros se torna fácil.

Topologia de malha (*mesh*):

- As topologias de malha permitem a transmissão de dados de um nó para outro, que está dentro do seu alcance de transmissão de rádio.
- Se um nó deseja enviar uma mensagem para outro nó, que está fora do alcance de radiocomunicação, ele precisa de um nó intermediário para encaminhar a mensagem para o nó desejado.
- A vantagem dessa topologia de malha inclui fácil isolamento e detecção de falhas na rede.

Arquitetura:



Desafios para implementação:

- Custo do hardware;
- Segurança;
- Protocolos como Bluetooth padrão consomem muita energia e aceitam um número pequeno de nós (Bluetooth low energy (Bluetooth 5) é uma alternativa);
- Sistema celular atual não é adequado para as redes de sensores sem fio (5G vai ser uma alternativa);
- Protocolos de roteamento voltados para economia de energia.
- Solução: Implementar protocolos próprios.

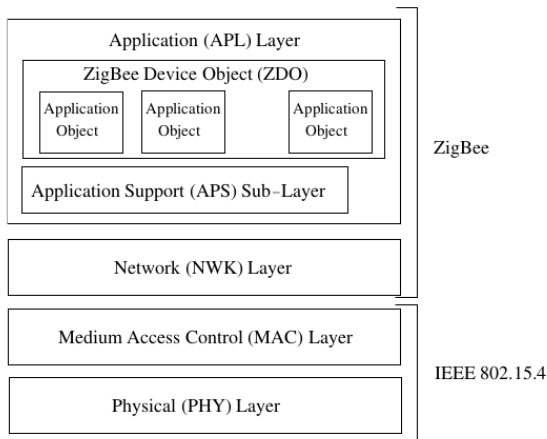
IEEE 802.15.4:

- Padrão que especifica a camada física e camada de acesso ao meio para para redes sem fio com características de baixas taxas de transmissão;
- Três bandas diferentes foram escolhidas para comunicação, ou seja, 2,4 GHz (global), 915 MHz (Américas) e 868 MHz (Europa);
- Modulações BPSK nas bandas de 868/915 MHz e O-QPSK na banda de 2,4 GHz;
- Cobertura de 10-100 m com taxas de dados de 20 a 250 kbps

Padrões:

- Zigbee;
- WirelessHART;
- 6LoWPAN.

Zigbee:



Zigbee:

- O padrão ZigBee foi criado para atender à necessidade do mercado de soluções de rede sem fio baseadas em padrões que suportem taxas de dados baixas, baixo consumo de energia, segurança e confiabilidade por meio de redes de área pessoal sem fio (WPANs).
- Cinco principais áreas de aplicação são direcionadas: automação residencial, energia inteligente, automação predial, serviços de telecomunicações e saúde pessoal.

Zigbee: Tipos de tráfego

- Tráfego de dados periódico é necessário para aplicações de monitoramento, onde os sensores fornecem informações contínuas sobre um fenômeno físico. A troca de dados é controlada através do controlador de rede ou um roteador.
- Tráfego de dados intermitente se aplica à maioria dos aplicativos baseados em eventos e é acionado por meio do aplicativo ou de um fator externo. Para economizar energia, os dispositivos podem operar no modo desconectado, ao passo que operam no modo de hibernação na maior parte do tempo. Sempre que uma informação precisa ser transmitida, o transceptor é ligado e o dispositivo se associa à rede.

Zigbee:

- A camada de rede ZigBee (NWK) fornece funcionalidades de gerenciamento para a operação da rede. Os procedimentos para estabelecer uma nova rede e os dispositivos para ganhar ou renunciar à associação à rede são definidos.
- Além disso, dependendo da operação da rede, a pilha de comunicação de cada dispositivo pode ser configurada. Como os dispositivos ZigBee podem fazer parte de diferentes redes durante sua vida útil, o padrão também define um mecanismo de endereçamento flexível. Da mesma forma, o coordenador da rede atribui um endereço aos dispositivos quando eles se conectam à rede.
- Como resultado, o ID exclusivo de cada dispositivo não é usado para comunicação, mas um endereço mais curto é atribuído para melhorar a eficiência durante a comunicação.

Internet das Coisas e Redes Veiculares

	<i>Bluetooth</i>	<i>ZigBee</i>
Taxa de Transferência	1Mbps-3Mbps	250Kbps
Corrente de Transmissão	40mA	30mA
Corrente em Standby	200 μ A	3 μ A
Memória	< 100KB	> 32KB
Tempo de Acesso a Rede	3s	30ms
Tempo de Transição de Escravos (dormindo para ativo)	3s	30ms
Tempo de Acesso ao Canal	2ms	15ms
Alcance	1m-100m	1m-100m+
Número de Dispositivos	8	65535
Consumo de bateria	dias	anos

6LoWPAN:

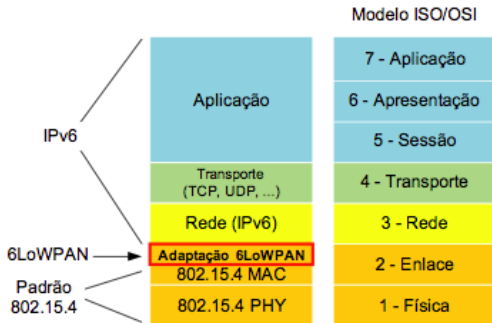
- As redes não podem ser facilmente integradas à Internet, pois os protocolos baseados em IEEE 802.15.4 não são compatíveis com o IP.
- Portanto, os sensores não podem se comunicar facilmente com dispositivos, servidores ou navegadores baseados na web.
- Em vez disso, os gateways são necessários para coletar as informações e se comunicar com a Internet.
- Isso cria problemas de ponto único de falha nos gateways.

6LoWPAN:

- Para integrar RSSFs com a Internet, a Internet Engineering Task Force (IETF) desenvolveu o padrão IPv6 sobre Rede de Área Pessoal Sem Fio de Baixa Potência (6LoWPAN). Este padrão define a implementação da pilha IPv6 no topo do IEEE 802.15.4 para permitir que qualquer dispositivo seja acessível a Internet.
- O desafio básico na integração de IPv6 e a rede de sensores é a estrutura de endereçamento do IPv6, que define um cabeçalho e um campo de informação de endereço de 40 bytes. No entanto, o IEEE 802.15.4 permite até 127 bytes para todo o pacote, incluindo cabeçalho e payload.

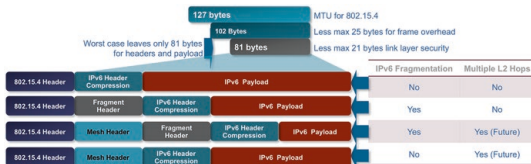
Internet das Coisas e Redes Veiculares

Consequentemente, a integração direta de ambos os padrões não é eficiente. Em vez disso, 6LoWPAN adiciona uma camada de adaptação que permite que a pilha de rádio e as comunicações IPv6 operem juntas.



Internet das Coisas e Redes Veiculares

- Uma estrutura de cabeçalho foi proposta para o padrão 6LoWPAN, onde, ao invés de um único cabeçalho monolítico, quatro tipos de cabeçalhos são utilizados de acordo com o tipo de pacote que está sendo enviado. Os cabeçalhos dão suporte para fragmentação e remontagem do IPv6 e roteamento no nível da camada 2 (para topologias mesh). Além de técnicas de compactação são usadas para diminuir o tamanho do cabeçalho de 40 bytes para cerca de 4 bytes.



WirelessHART:

- O protocolo HART foi desenvolvido pela fundação americana HART Communication Foundation (HCF), no final da década de 80;
- Automação industrial;
- Primeiro padrão de comunicação sem fio aberto especificamente projetado para aplicações de medição e controle de processos;
- Foco em segurança;
- 2.4 GHz band;
- TDMA.

WirelessHART:

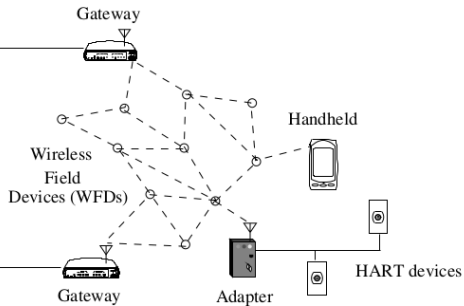
Network Manager



Process Automation
Controller



Host Application



WirelessHART:

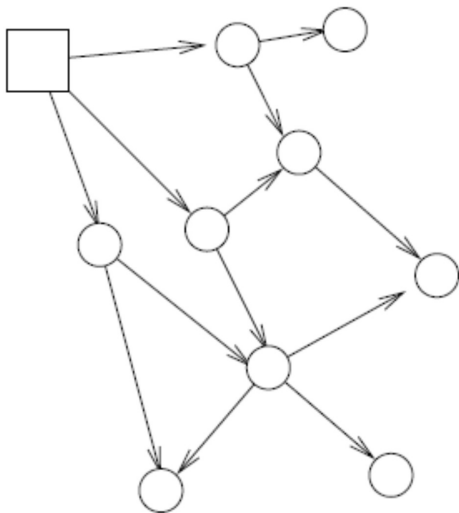
- Dispositivos de campo WirelessHART (WFDs) são os elementos de sensor e controle que estão conectados ao processo ou equipamento da planta.
- Os gateways fornecem interfaces com partes sem fio da rede e a infraestrutura com fio. Como resultado, o host e o controlador podem interagir com os WFDs.
- O gerenciador de rede mantém a operação da rede programando slots de comunicação para dispositivos, determinando tabelas de roteamento e monitorando a integridade da rede.
- Além dos três componentes principais, os adaptadores WirelessHART fornecem compatibilidade com versões anteriores.

Protocolos de roteamento:

- Protocolos baseados em localização;
- Protocolos centrados em dados;
- Protocolos Hierárquicos;
- Protocolos baseados em mobilidade;
- Protocolos baseados em multipercurso;
- Protocolos baseados em heterogeneidade;
- Protocolos baseados em QoS.

Singh, Shio Kumar, M. P. Singh, and Dharmendra K. Singh. "Routing protocols in wireless sensor networks A survey." International Journal of Computer Science & Engineering Survey (IJCSES) 1.2 (2010): 63-83.

Inundação



inundação tem várias deficiências, conforme descrito abaixo:

- Implosão: O mecanismo de inundação não restringe vários nós de transmitir o mesmo pacote para o mesmo destino. Como resultado, as mensagens duplicadas geralmente são enviadas para o mesmo nó.
- Sobreposição: As informações enviadas pelos nós sensores estão intimamente relacionadas às suas regiões de detecção.
- Cegueira de recursos: O recurso mais importante em RSSFs é a energia disponível, que deve ser consumido de forma eficiente por protocolos de rede. No entanto, o protocolo de inundação não leva em conta os recursos energéticos disponíveis. Um protocolo ciente de recursos de energia deve levar em conta a quantidade de energia disponível em todos os momentos.

Protocolos baseados em localização

- Em protocolos baseados em localização, os nós sensores são endereçados por meio de suas localizações.
- As informações de localização para nós sensores são necessárias para redes de sensores pela maioria dos protocolos de roteamento para calcular a distância entre dois nós específicos para que o consumo de energia possa ser estimado.

- Roteamento Geográfico e Consciente de Energia (GEAR):
GEAR é um protocolo de roteamento eficiente de energia proposto para consultas de roteamento para regiões-alvo em um campo de sensor.
- No GEAR, os sensores devem ter hardware de localização equipado, por exemplo, um Unidade GPS ou sistema de localização para que saibam suas posições atuais.
- Além disso, os sensores estão cientes de sua energia residual, bem como das localizações e da energia residual de cada um de seus vizinhos.

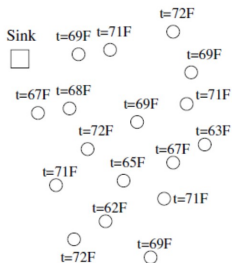
Y. Yu, R. Govindan, and D. Estrin, "Geographical and energy aware routing: A recursive data dissemination protocol for wireless sensor networks", Technical Report UCLA/CSD-TR-01-0023, UCLA Computer Science Department, May 2001.

- GEAR usa heurísticas com reconhecimento de energia que são baseadas em informações geográficas para selecionar sensores para rotear um pacote em direção à sua região de destino.
- Então, o GEAR usa um algoritmo de encaminhamento geográfico recursivo para disseminar o pacote dentro da região de destino.

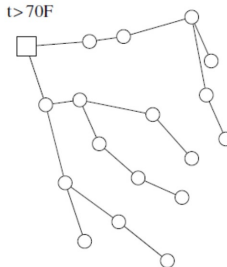
Protocolos centrados em dados

- Os protocolos centrados em dados diferem dos protocolos centrados em endereços tradicionais na maneira como os dados são enviados dos sensores de origem para o coletor.
- Em protocolos centrados em endereço, cada sensor de origem que tem os dados apropriados respondem enviando seus dados para o coletor, independentemente de todos os outros sensores.
- No entanto, em protocolos centrados em dados, quando os sensores de origem enviam seus dados para o coletor, os sensores intermediários podem realizar alguma forma de agregação nos dados originados de vários sensores de origem e enviar os dados agregados para o coletor.

Internet das Coisas e Redes Veiculares



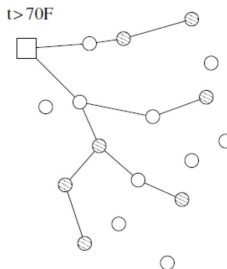
(a) WSN topology with temperature reading of each node



(b) Sink initiates a query ($t > 70^{\circ}\text{F}$)



(c) Nodes with matching readings are addressed



(d) Routes are generated

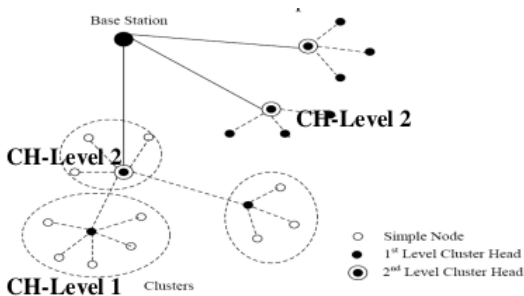
Internet das Coisas e Redes Veiculares

- Protocolos de Sensor para Informação via Negociação (SPIN): o protocolo SPIN [28,29] foi projetado para melhorar os protocolos clássicos de disseminação de informações.
- Os sensores que executam os protocolos SPIN são capazes de calcular o consumo de energia necessário para calcular, enviar e receber dados pela rede.
- Assim, eles podem tomar decisões informadas para o uso eficiente de seus próprios recursos. Os protocolos SPIN baseiam-se em dois mecanismos principais: negociação e adaptação de recursos.
- O SPIN permite que os sensores negociem entre si antes que qualquer disseminação de dados possa ocorrer, a fim de evitar a injeção de informações inúteis e redundantes na rede.

W. R. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan, "Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks", Proceedings ACM MobiCom '99, Seattle, WA, Aug 1999, pp. 174-185.

Protocolos Hierárquicos

- Uma abordagem hierárquica divide a rede em camadas agrupadas. Os nós são agrupados em clusters com um cluster head que tem a responsabilidade de rotear do cluster para os outros cluster heads ou estações base. Os dados viajam de uma camada agrupada inferior para um mais alto.



- O protocolo Low-energy adaptive clustering hierarchy (LEACH) visa minimizar o consumo de energia em RSSFs por meio de uma operação baseada em cluster.
- O objetivo do LEACH é selecionar dinamicamente nós sensores como cabeças de cluster e forma clusters na rede.
- As comunicações dentro dos clusters são direcionadas ao cabeça do cluster, que realiza agregação. Os cabeças do cluster, então, se comunicam diretamente com o coletor para retransmitir a informações de cada cluster.
- O LEACH também altera o papel do cabeça do cluster dinamicamente, de modo que o alto consumo de energia na comunicação seja espalhado para todos os nós sensores da rede.

- O funcionamento do LEACH é controlado por meio de rodadas, que consistem em várias fases. Durante cada rodada, cada formação de cluster permanece a mesma, e os cabeças de cluster são selecionados no início de cada rodada. Uma rodada é separada em duas fases, a fase de configuração e a fase de estado estacionário.
- Durante a fase de configuração, os chefes do cluster são selecionados, os clusters são formados e a programação de comunicação do cluster é determinada.
- Durante a fase de estado estacionário, a comunicação de dados entre os membros do cluster e a cabeça do cluster é executada. A duração da fase de estado estacionário é maior do que a duração da configuração fase a fim de minimizar a sobrecarga.

Protocolos baseados em mobilidade

- A mobilidade traz novos desafios aos protocolos de roteamento em redes de sensores sem fio.
- A mobilidade da fonte requer protocolos de eficiência energética para garantir a entrega de dados originados dos sensores de origem para os coletores móveis.

Protocolos baseados em multipercurso

- Considerando a transmissão de dados entre os sensores de origem e o coletor, existem dois paradigmas de roteamento: roteamento por caminho único e roteamento por caminhos múltiplos.
- No roteamento de caminho único, cada sensor de origem envia seus dados para o coletor por meio do caminho mais curto.
- No roteamento de caminhos múltiplos, cada sensor de origem encontra os primeiros k caminhos mais curtos para o dissipador e divide sua carga igualmente entre esses caminhos.

- Disjoint Paths: Sensor-disjoint multipath routing é um protocolo multipath que ajuda a encontrar um pequeno número de caminhos alternativos que não têm nenhum sensor em comum entre si e com o caminho primário.
- O caminho principal está mais disponível, enquanto os caminhos alternativos são menos desejáveis, pois têm latência mais longa.
- A desconexão torna esses caminhos alternativos independentes do caminho principal.
- O coletor pode determinar quais de seus vizinhos podem fornecer dados de mais alta qualidade caracterizados pela perda mais baixa ou atraso mais baixo.

S. Lindsey, C. S. Raghavendra, and K. M. Sivalingam, "Data gathering in sensor networks using the energy delay metric", Proceedings IPDPS'01, San Francisco, CA, Apr. 2001, pp. 2001-2008.

Protocolos baseados em heterogeneidade

- Na arquitetura de rede de sensores de heterogeneidade, existem dois tipos de sensores, nomeadamente sensores alimentados por linha que não têm restrição de energia e os sensores alimentados por bateria com vida útil limitada.
- Portanto, devem usar sua energia disponível de forma eficiente, minimizando seu potencial de comunicação de dados e computação.

Protocolos baseados em QoS

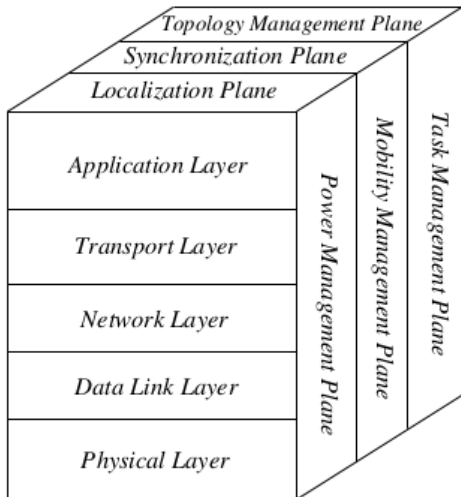
- Além de minimizar o consumo de energia, também é importante considerar os requisitos de qualidade de serviço (QoS) em termos de atraso, confiabilidade e tolerância a falhas no roteamento em redes de sensores sem fio.

- O protocolo SAR (Sequential Assignment Routing) fornece uma abordagem de múltiplos caminhos baseada em tabela e foi um dos primeiros protocolos de roteamento desenvolvidos para RSSFs que considera os requisitos de QoS.
- O principal objetivo do SAR é criar várias árvores originadas de um nó raiz, que é um dos vizinhos de um salto da fonte.
- Cada árvore cresce para fora da fonte, evitando nós com muito baixo QoS (ou seja, baixo rendimento / alto atraso) e reservas de energia. Consequentemente, vários caminhos que se conectam qualquer nó na rede para a fonte pode ser criado.

- Cada nó especifica dois parâmetros para cada caminho para a fonte:
 - Recursos de energia: O recurso de energia de um caminho é estimado como o número máximo de pacotes que pode ser enviada pelo nó, se o nó tiver uso exclusivo do caminho.
 - Métrica de QoS aditiva: cada caminho também está associado a uma métrica de QoS aditiva, que está relacionada à energia e ao atraso em cada link. Uma métrica de QoS alta significa QoS baixa.

- Usando os vários caminhos, um nó pode selecionar o caminho de roteamento de acordo com a QoS de cada caminho e a prioridade de pacote. a QoS de um caminho é determinada como uma métrica aditiva, que é uma função de energia e atraso. Conforme a métrica de QoS aumenta, a QoS da rota diminui.
- Sempre que um nó tem um pacote para enviar, ele calcula uma métrica de QoS ponderada para o pacote, que é um produto da métrica de QoS do caminho e do nível de prioridade do pacote. Como resultado, caminhos com maior QoS são usados para pacotes de prioridade mais alta.

Internet das Coisas e Redes Veiculares



- Os planos de gerenciamento de energia, mobilidade e tarefa monitoram a distribuição de energia, movimento e tarefa entre os nós sensores.
- Esses planos ajudam os nós sensores a coordenar a tarefa de detecção e reduzir o consumo geral de energia.

- O plano de gerenciamento de energia gerencia como um nó sensor usa sua energia. Por exemplo, o nó sensor pode desligar seu receptor após receber uma mensagem de um de seus vizinhos. Isso evita o recebimento de mensagens duplicadas.
- Além disso, quando o nível de energia do nó sensor é baixo, o nó sensor transmite aos seus vizinhos que está com pouca energia e não pode participar das mensagens de roteamento. A energia restante é reservada para detecção.

- O plano de gerenciamento de mobilidade detecta e registra o movimento dos nós sensores, de modo que uma rota de volta ao usuário é sempre mantida, e os nós sensores podem rastrear seus vizinhos.
- Conhecendo esses nós sensores vizinhos, os nós sensores podem equilibrar seu uso de energia.

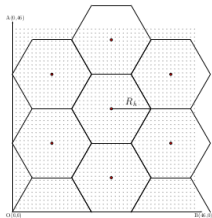
- O plano de gerenciamento de tarefas equilibra e programa as tarefas de detecção fornecidas a uma região específica.
- Nem todos os nós sensores nessa região são obrigados a realizar a tarefa de detecção ao mesmo tempo. Como resultado, alguns nós sensores realizam a tarefa mais do que outros, dependendo de seu nível de potência.
- Esses planos de gerenciamento são necessários para que os nós sensores possam trabalhar juntos com eficiência energética, rotear dados em uma rede de sensores móveis e compartilhar recursos entre os nós sensores. Sem eles, cada nó sensor funcionará apenas individualmente.
- Do ponto de vista de toda a rede de sensores, é mais eficiente se os nós sensores puderem colaborar uns com os outros, de forma que a vida útil das redes de sensores possa ser prolongada.

- Cada dispositivo sensor é equipado com seu próprio relógio local para operações internas. Cada evento relacionado à operação do dispositivo sensor, incluindo detecção, processamento e comunicação, está associado às informações de temporização controladas por meio do relógio local.
- Como os usuários estão interessados nas informações colaborativas de vários sensores, as informações de tempo associadas aos dados em cada dispositivo sensor precisam ser consistentes.
- A rede deve ser capaz de ordenar corretamente os eventos detectados por sensores distribuídos para modelar com precisão o ambiente físico.

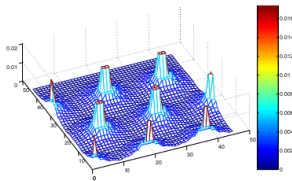
- A interação próxima com fenômenos físicos requer que informações de localização sejam associadas, além do tempo. As redes estão intimamente associadas a fenômenos físicos em seus arredores.
- As informações coletadas precisam ser associadas à localização dos nós sensores para fornecer uma visão precisa do campo do sensor observado.
- Além disso, as redes podem ser usadas para rastrear certos objetos para aplicativos de monitoramento, o que também requer que informações de localização sejam incorporadas aos algoritmos de rastreamento.
- Os serviços baseados em localização e protocolos de comunicação requerem informações de posição.

- Os algoritmos de gerenciamento de topologia fornecem métodos eficientes para implementação de rede que resultam em vida útil mais longa e cobertura de informações eficiente.
- Além disso, os protocolos de controle de topologia ajudam a determinar os níveis de potência de transmissão, bem como as durações das atividades dos nós sensores, para minimizar o consumo de energia e ainda garantir a conectividade da rede.

Mobilidade dos nós fonte: Fontes estáticas



(a) Multi-Sink Sensor Network Organization



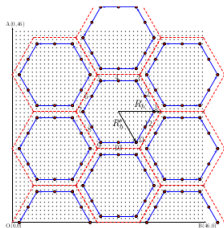
(b) Sensor Energy Consumption after T Time

Os nós mais próximos das fontes consomem mais energia.

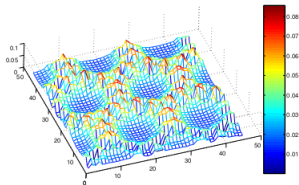
M. Marta and M. Cardei, "Using sink mobility to increase wireless sensor networks lifetime," 2008 International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, Newport Beach, CA, 2008, pp. 1-10, doi: 10.1109/WOWMOM.2008.4594857.

Mobilidade dos nós fonte:

Fontes se movimentando em volta do hexágono



(a) Sinks Movement Trajectories



(b) Sensor Energy Consumption in Joules after 12T Time

Há uma maior distribuição da energia ao longo da rede, aumentando a sua vida útil.

M. Marta and M. Cardei, "Using sink mobility to increase wireless sensor networks lifetime," 2008 International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, Newport Beach, CA, 2008, pp. 1-10, doi: 10.1109/WOWMOM.2008.4594857.