

CPE710: Redes Móveis

Prof. Miguel Elias Mitre Campista

<http://www.gta.ufrj.br/~miguel>

CPE710: Redes Móveis

INTRODUÇÃO

Quando as Comunicações Sem Fio Começaram?

Quando as Comunicações Sem Fio Começaram?



De forma rudimentar, as comunicações sem fio começaram com a comunicação oral e corporal ...

Quando as Comunicações Sem Fio Começaram?



... essa premissa comprova a simplicidade em se estabelecer comunicações sem fio, uma vez que o canal já está disponível!

Nessa linha de raciocínio...

- Sabe-se que o alcance da voz é limitado...
 - Problemas de alcance sempre existiram!
- Novas alternativas para contornar esse obstáculo?
 - Cartas?
 - Podem demorar muitos dias, semanas...
 - Tecnologias cabeadas?
 - Eficientes em termos de atraso, mas exigem equipamentos de Tx/Rx

Breve Histórico das Comunicações Sem Fio

- Muito tempo depois da voz, as comunicações sem fio foram...
 - Usadas desde o início do século passado
 - **Telégrafo**
 - Aprimoradas para comunicação em massa
 - **Rádio e televisão**
 - Especializadas para comunicação entre pares
 - **Telefones celulares**
 - **Satélites**
 - **Redes sem fio**

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Sem Fio e a Internet

- **Inicialmente:** Internet assumiu o uso de cabos
 - Meio cabeado foi usado preferencialmente
 - **Unir usuários remotos é mais eficiente com cabos**
 - Meio sem fio ainda era usado em casos mais específicos
 - **Cenários de comunicação em massa ou onde o cabeamento não é facilmente implementável**
 - P.ex.: **Cenários militares ou comunicações com ilhas**
- **Atualmente:** Sucesso da Internet impulsionou a necessidade por acesso ubíquo
 - Meio sem fio destaca-se novamente!
 - **Acesso "em qualquer lugar e a qualquer momento"**

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Acesso Ubíquo e Mobilidade

- Explora característica importante, intrínseca e exclusiva das redes sem fio
 - Difusão natural das redes sem fio
- Ubiquidade e mobilidade são duas palavras-chave para as tecnologias de rede atuais!**
- Desafios não freiam o uso das redes sem fio
 - Existem desafios quanto ao uso do meio de propagação
 - ... quanto à dinamicidade dos nós
 - ... quanto aos recursos físicos dos equipamento usados

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Acesso Ubíquo e Mobilidade

- Mobilidade e ubiquidade são fundamentais para inúmeras aplicações...
 - Leitura de e-mails enquanto o usuário caminha
 - Recepção de informações sobre engarrafamentos enquanto o usuário dirige
 - Compartilhamento do vídeo de uma jogada durante a própria partida de futebol
 - Recepção de informações da temperatura em um bairro distante
 - Envio de mensagens a uma área rural mesmo sem infraestrutura de comunicações

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Acesso Ubíquo e Mobilidade

- Mobilidade e ubiquidade são fundamentais para inúmeras aplicações...
 - Leitura de e-mails enquanto o usuário caminha
 - Recepção de informações sobre engarrafamentos
- Nesses cenários, quais seriam os três maiores temores da humanidade?**
- própria partida de futebol
 - Recepção de informações da temperatura em um bairro distante
 - Envio de mensagens a uma área rural mesmo sem infraestrutura de comunicações

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Três Maiores Temores da Humanidade



CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Três Maiores Temores da Humanidade



Quais as tecnologias de rede que podemos usar para prover ubiquidade de acesso e mobilidade?

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UF RJ

Professor Miguel Campista

Redes Sem Fio

- Podem ser divididas em redes para interconexão de sistemas ou redes pessoais sem fio
 - Objetivo principal a eliminação de fios
- Classificação
 - Redes pessoais sem fio (WPANs)
 - Ex.: Bluetooth
 - Redes locais sem fio (WLANs)
 - Ex.: IEEE 802.11
 - Redes metropolitanas sem fio (WMANs)
 - Ex.: IEEE 802.16

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UF RJ

Professor Miguel Campista

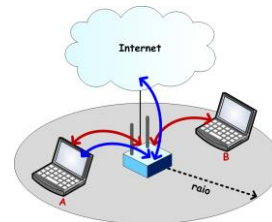
IEEE 802.11: Alternativa para as Redes Sem Fio

- Enorme sucesso para WLANs
 - Baixo custo, facilidade de instalação, alcance, taxa de transmissão, aceitação mundial etc.
 - Mesmo comparado com tecnologias celulares (4/5G) e de redes pessoais (WPANs)
- Desafiadora em termos de conectividade
 - Raio de comunicação limitado a centenas de metros
 - Dinâmica da rede
 - Compromisso da mobilidade dos nós
 - Variação da qualidade do sinal

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UF RJ

Professor Miguel Campista

IEEE 802.11: Alternativa para as Redes Sem Fio

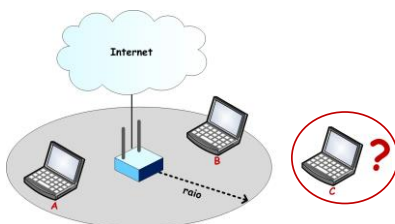


Caso infraestrutura esteja presente, todas as comunicações são intermediadas pelo ponto de acesso, p.ex., comunicações A com B e A com Internet

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UF RJ

Professor Miguel Campista

IEEE 802.11: Alternativa para as Redes Sem Fio



Como fazer caso o nó C queira se comunicar com A ou B ou queira acessar a Internet?

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UF RJ

Professor Miguel Campista

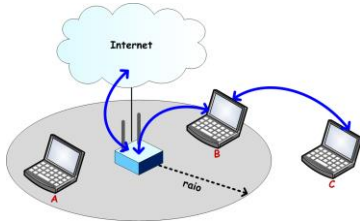
Redes Sem Fio de Múltiplos Saltos

- Inspirada parcialmente na Internet
 - Redes de telefonia comutam fios nas estações centrais
 - Topologia estrela é mais escalável que a malha completa
 - Amplificação do sinal permite maiores alcances
 - Internet também usa nós intermediários
 - Ao invés de comutar fios, pacotes são encaminhados
 - Também é mais escalável que interligar pares de nós
- Redes sem fio também podem usar nós intermediários
 - Como na Internet, são usados para encaminhar pacotes
 - Nesse caso, porém, a conectividade é o foco já que o alcance é menor

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UF RJ

Professor Miguel Campista

Redes Sem Fio de Múltiplos Saltos



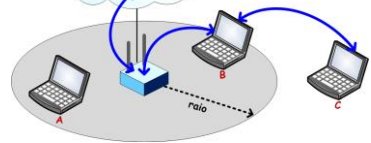
B encaminha o pacote baseado no endereço de destino. Para isso ele possui uma tabela que define o próximo salto, computada previamente ou sob demanda

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Sem Fio de Múltiplos Saltos

Muitas possibilidades de redes surgem considerando a possibilidade dos múltiplos saltos!

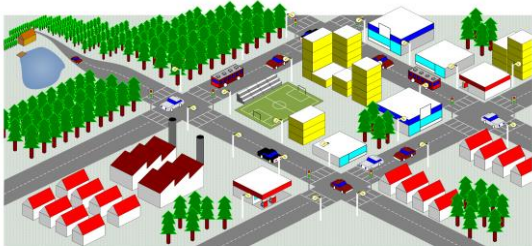


B encaminha o pacote baseado no endereço de destino. Para isso ele possui uma tabela que define o próximo salto, computada previamente ou sob demanda

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Sem Fio de Múltiplos Saltos



CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Sem Fio de Múltiplos Saltos



Quais os cenários de comunicação que poderiam se servir dos múltiplos saltos nessa cidade?

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Sem Fio de Múltiplos Saltos

- Na calçada, os múltiplos saltos podem ser usados...
 - Por usuários que estejam fora de alcance mútuo por um dado instante e que estejam trocando um arquivo
- Nas ruas, os múltiplos saltos podem ser usados...
 - Por carros distantes de um acidente que podem ser avisados por outros antes de se dirigirem ao local
- Em um estádio, os múltiplos saltos podem ser usados...
 - Por um usuário que compartilhe um vídeo que tenha acabado de baixar com outros usuários próximos

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Sem Fio de Múltiplos Saltos

- Em um lago, os múltiplos saltos podem ser usados...
 - Por um cientista que possa estar interessado em medidas coletadas por um sensor no meio do lago
- Na zona rural, os múltiplos saltos podem ser usados...
 - Por um usuário que não precise pegar um carro para entregar conteúdo em uma região distante

Todos esses cenários exigem protocolos de roteamento capazes de lidar com características particulares, como forma de aumentar a eficiência!

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Sem Fio de Múltiplos Saltos

- Redes ad hoc
 - *Mobile Ad hoc Networks* (MANETs)
- Redes em malha sem fio
 - *Wireless mesh networks*
- Redes veiculares
 - *Vehicle Ad hoc Networks* (VANETs)
 - *Vehicle to Vehicle/Vehicle to Infrastructure* (V2V/V2I)
- Redes de sensores
- Redes tolerantes a atrasos e desconexões
 - *Delay Tolerant Networks* (DTNs) ou
 - *Delay and DisruptionTolerant Networks* (DTNs)

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Ad Hoc

- O padrão IEEE 802.11 define duas modos de operação:
 - Infraestruturado
 - **Requer infraestrutura (pontos de acesso)**
 - Ad hoc:
 - **Não requer infraestrutura**
- Mas o que significa a palavra "ad hoc"?

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Ad Hoc

- O padrão IEEE 802.11 define duas modos de operação:
 - Infraestruturado
 - **Requer infraestrutura (pontos de acesso)**
 - Ad hoc:
 - **Não requer infraestrutura**
- Mas o que significa a palavra "ad hoc"?
 - Do latim: "*Destinado a um dado objetivo*"
 - **Rede possui papel temporário ou provisório**

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Ad Hoc

- Exemplos de redes ad hoc:
 - Cenários onde a infra foi destruída
 - **Cenários de catástrofes naturais**
 - Cenários onde a infra representa vulnerabilidade
 - **Cenários militares**
 - Cenários onde a infra é temporária ou provisória
 - **Cenários de grandes aglomerações esporádicas**
- Se nenhuma infraestrutura estiver disponível...
 - Nós participantes devem suprir a infraestrutura
 - **Encaminhamento pelos próprios participantes da rede**

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Ad Hoc

- Caso o encaminhamento seja necessário...
 - Nós participantes devem executar um protocolo de roteamento

Diferença em relação às redes infraestruturadas, nas quais os nós participam apenas como clientes ...

- Participação dos nós no encaminhamento de pacotes...
 - Abre possibilidades para as redes sem fio
 - **Por exemplo, pode ajudar com problemas de conectividade**

Outras redes herdaram o encaminhamento colaborativo como solução à falta de conectividade!

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Ad Hoc



CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes em Malha Sem Fio

- Redes ad hoc
 - Caso os nós se movam, problemas de conectividade podem ocorrer de qualquer maneira

O encaminhamento participativo não é suficiente para garantir conectividade!

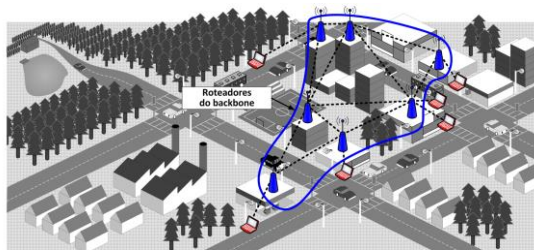
- Solução óbvia: **usar o modo infraestruturado!**
 - Porém, o alcance de um ponto de acesso pode ainda não ser suficiente para todos os clientes...

Qual seria a solução!

Redes em Malha Sem Fio

- **Presença de um backbone de roteadores sem fio**
 - Aumenta a cobertura da rede sem fio
 - Parte dos roteadores funciona como pontos de acesso
 - Oferece conectividade à Internet aos usuários
 - Parte dos roteadores está interconectado à Internet
 - Requer emprego de protocolos de roteamento
 - Parte dos roteadores opera apenas como nós encaminhadores de tráfego
- **Roteadores do backbone são estáticos**
 - Menor problema de energia
 - Maior garantia de conectividade

Redes em Malha Sem Fio



Redes Veiculares

- Tempo dentro de veículos vem aumentando... ☹
 - Aproveitar esse tempo conectado é uma tendência
 - Aplicações de "infotainment" e de segurança de direção
 - Mas qual seria o problema das redes veiculares?

Redes Veiculares

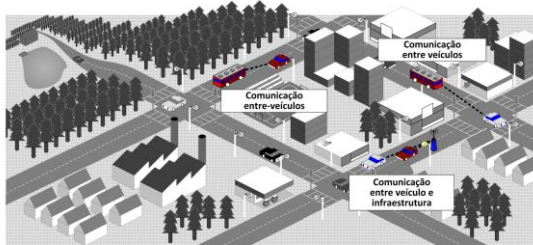
- Tempo dentro de veículos vem aumentando... ☹
 - Aproveitar esse tempo conectado é uma tendência
 - Aplicações de "infotainment" e de segurança de direção
 - Mas qual seria o problema das redes veiculares?
 - Manter a conectividade considerando nós que podem se movimentar em velocidades mais altas é bem mais difícil

Redes veiculares enfrentam problemas severos de conectividade já que a dinâmica da rede é muito maior

Redes Veiculares

- Comparadas com as redes ad hoc móveis
 - São consideradas um caso a parte...
- Nós colaboram com encaminhamento de pacotes
 - Cenário veicular lida com:
 - Maior espectro de velocidades
 - Trajetórias pré-determinadas por ruas e estradas
 - Movimentação regida por leis de trânsito
 - Efeito Doppler
 - Protocolos de roteamento podem ser utilizados
 - Auxílio de mapas digitais

Redes Veiculares



CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes de Sensores

- Redes empregadas para finalidade específica
 - Não são usadas como infraestrutura de comunicações
 - São usadas para funções de monitoramento
 - Áreas de difícil acesso ou que necessitem de monitoramento constante
- Fluxo dos dados:
 - Dados são coletados e enviados para nós sorvedouros
 - Nós sorvedouros oferecem acesso ao mundo externo
 - Envio na direção contrária também é possível...
 - Sensores podem atuar no ambiente monitorado

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes de Sensores

- Nós são usados para tarefas específicas
 - São utilizados em larga escala
 - Devem ter baixo custo
 - Possuem restrições de recursos de hardware
 - Possuem bateria e processamento/memória limitados

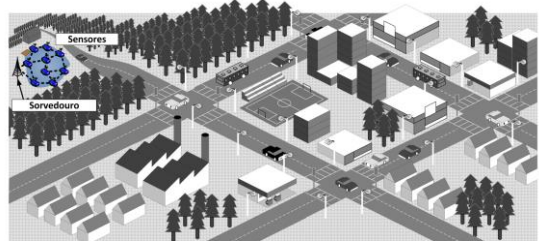
Preservar os nós sensores operacionais torna-se a maior preocupação dessas redes

- Nós realizam encaminhamento por múltiplos saltos
 - Economia de recursos torna-se fundamental

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes de Sensores



CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões (Redes DTN)

- As redes em geral consideram a pré-existência de caminho fim-a-fim antes do envio de um pacote...
 - Essa premissa, porém, nem sempre é verdadeira

Redes sem fio podem enfrentar problemas de conectividade fim-a-fim

- Redes ad hoc, em malha, veicular e de sensores...
 - Envia dados apenas quando há caminho fim-a-fim
- Redes DTNs...
 - Envia dados mesmo quando não há caminho fim-a-fim
 - Uso de armazenamento persistente
 - Uso de comutação de mensagens

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

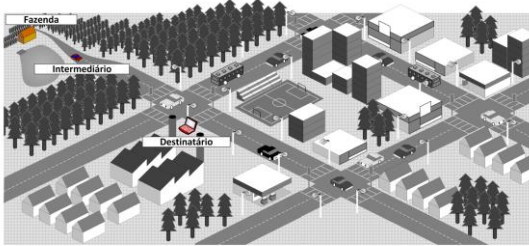
Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões (Redes DTN)

- Usadas em cenários sem qualquer infraestrutura disponível
 - Características típicas do encaminhamento:
 - Baseado em oportunidades de contato
 - DTNs são chamadas também de redes oportunistas
 - Baseado na presença de mulas de dados
 - Participação dos próprios nós da rede
- Possuem protocolos de roteamento específicos
 - Consideram contatos determinísticos ou estocásticos
 - Consideram a possibilidade de nunca encontrar o destino de uma comunicação

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões (Redes DTN)



CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Pesquisa em Redes Sem Fio

- Diferentes tecnologias
 - WiFi, Bluetooth, 4/5G etc.
- Diferentes cenários
 - Conectividade, topologias, infraestrutura, características dos nós etc.
- Diferentes custos
 - 4/5G x WiFi
- Diferentes modas
 - Ainda se fala do WiMax? Alguém já escutou sobre IoT?
- ...

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Pesquisa em Redes Sem Fio

- Avaliação de soluções e configurações
 - Será que um protocolo de rede ad hoc pode ser usada em uma rede veicular?
 - Será que mudando os parâmetros um protocolo se adapta melhor que outro?
 - O WiFi vai acabar com o advento das redes celulares?
 - ...

A ideia do curso é estudar a base de todas os diferentes tipos de redes sem fio para criação de massa crítica!

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista

Leitura Recomendada

- Capítulo 1 do livro
 - Miguel Elias M. Campista e Marcelo G. Rubinstein, "Advanced Routing Protocols for Wireless Networks", 1ª Edição, Wiley-Iste

CPE710: Redes Móveis – Del-Poli/COPPE-PEE/UFRJ

Professor Miguel Campista