

Aula 2

Temas de Pesquisa em Redes de Computadores

Igor Monteiro Moraes
Redes de Computadores

DICA!

- Leiam o documento da SBC “Grandes Desafios da Computação - 2006 a 2016”
 - Disponível na página da disciplina

Temas de Pesquisa

- Internet do Futuro
 - Novas arquiteturas e virtualização de redes
- Sistemas par-a-par
 - Compartilhamento de arquivos e distribuição de vídeo
- Redes sem fio
 - Redes em malha
 - Redes veiculares
 - Redes tolerantes a atrasos e desconexões
 - Codificação de rede
 - Rádios cognitivos
 - Etc.
- Redes Verdes



**Aula
anterior**

Sistemas Par-a-Par

Sistemas Par-a-Par

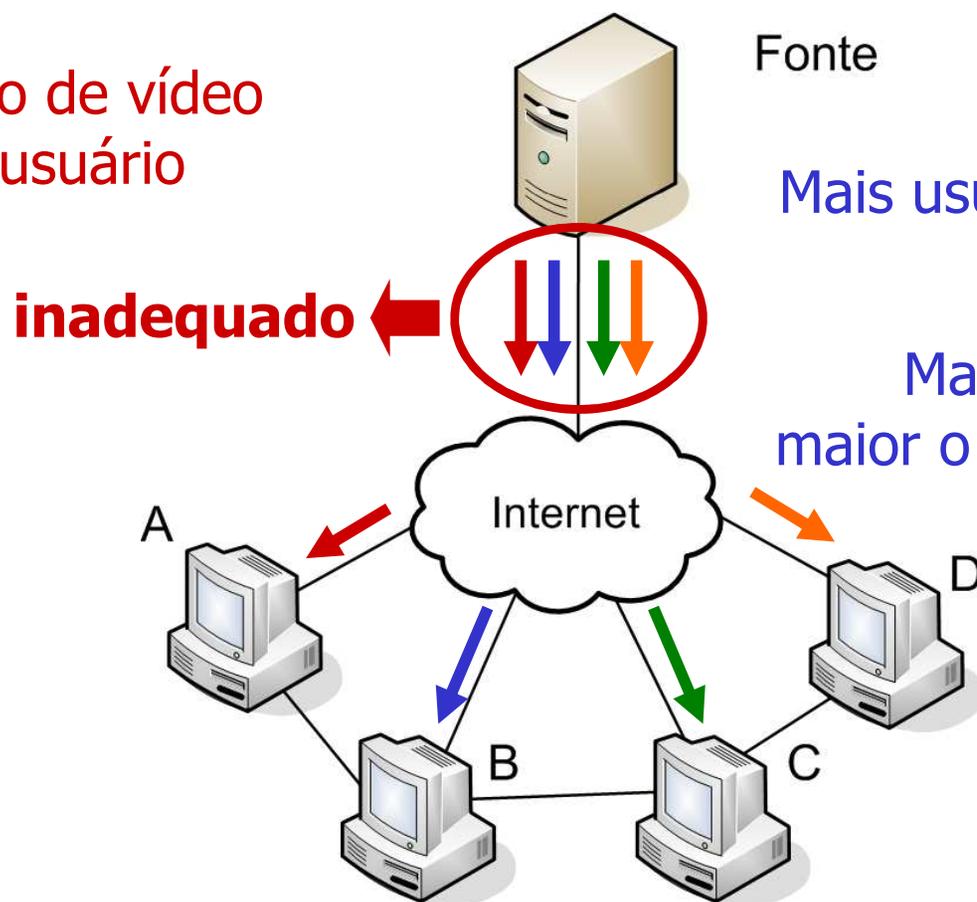
- Compartilhamento de arquivos
- Distribuição de vídeo
 - Difusão e vídeo sob demanda

- Aplicações centradas no conteúdo
 - O importante é receber o conteúdo desejado não importa de quem
- Idéia
 - Dividir o conteúdo em pedaços
 - Espalhar o conteúdo pelos pares participantes do sistema
- Conteúdo pode ser
 - Um arquivo
 - Um fluxo de voz
 - **Um fluxo de vídeo**

Distribuição de Vídeo na Internet

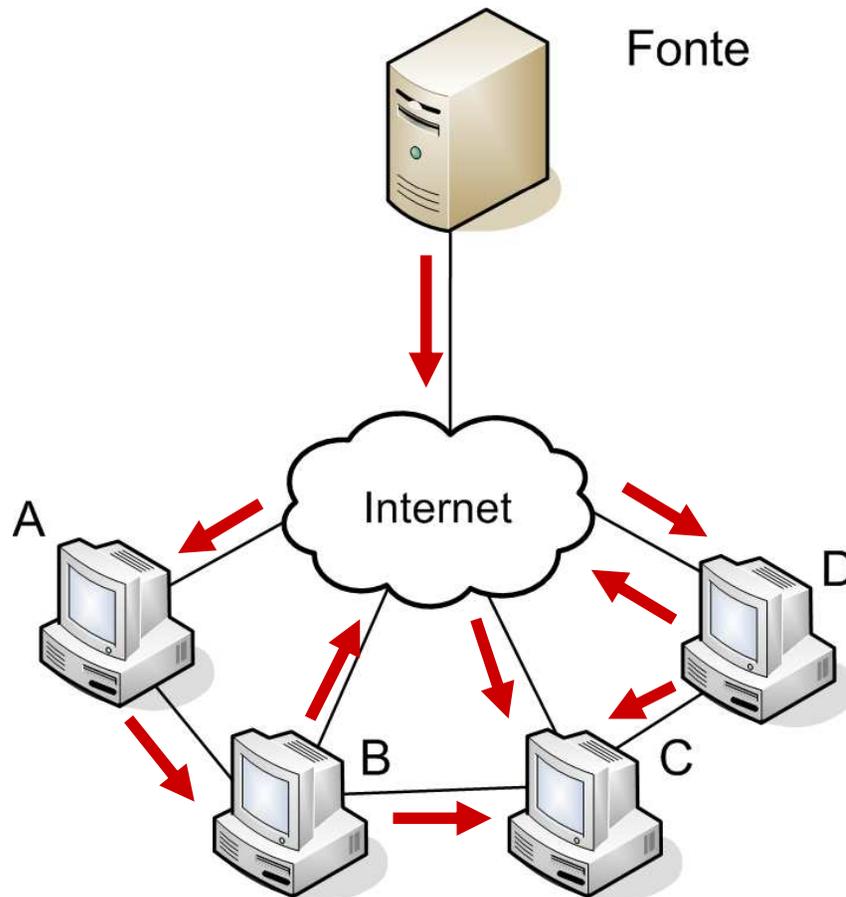
- Cenário atual
 - Modelo cliente-servidor e comunicação ponto-a-ponto

Um fluxo de vídeo
por usuário



Sistemas Par-a-Par de Vídeo

- Participantes colaboram para o funcionamento e manutenção do sistema



Sistemas Par-a-Par de Vídeo

- Participantes colaboram para o funcionamento e manutenção do sistema
 - Compartilhamento de recursos
 - Banda passante, processamento e armazenamento
 - Mais participantes → maior a capacidade
- Não exigem modificações no núcleo da rede
 - Participantes constroem a estrutura de comunicação na camada de aplicação

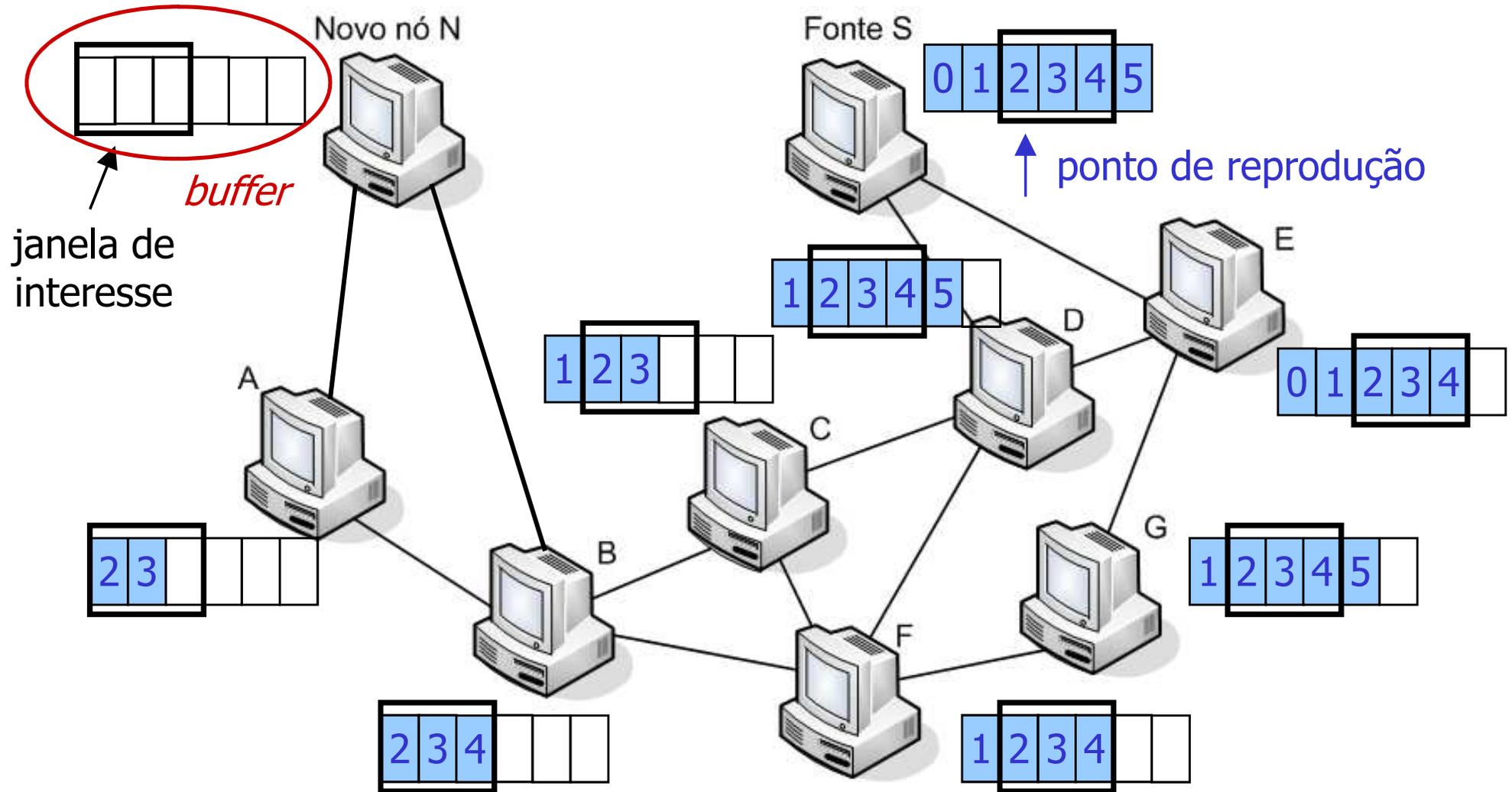


Características fundamentais para a adoção da distribuição de vídeo em larga escala na Internet

Sistemas Par-a-Par de Vídeo

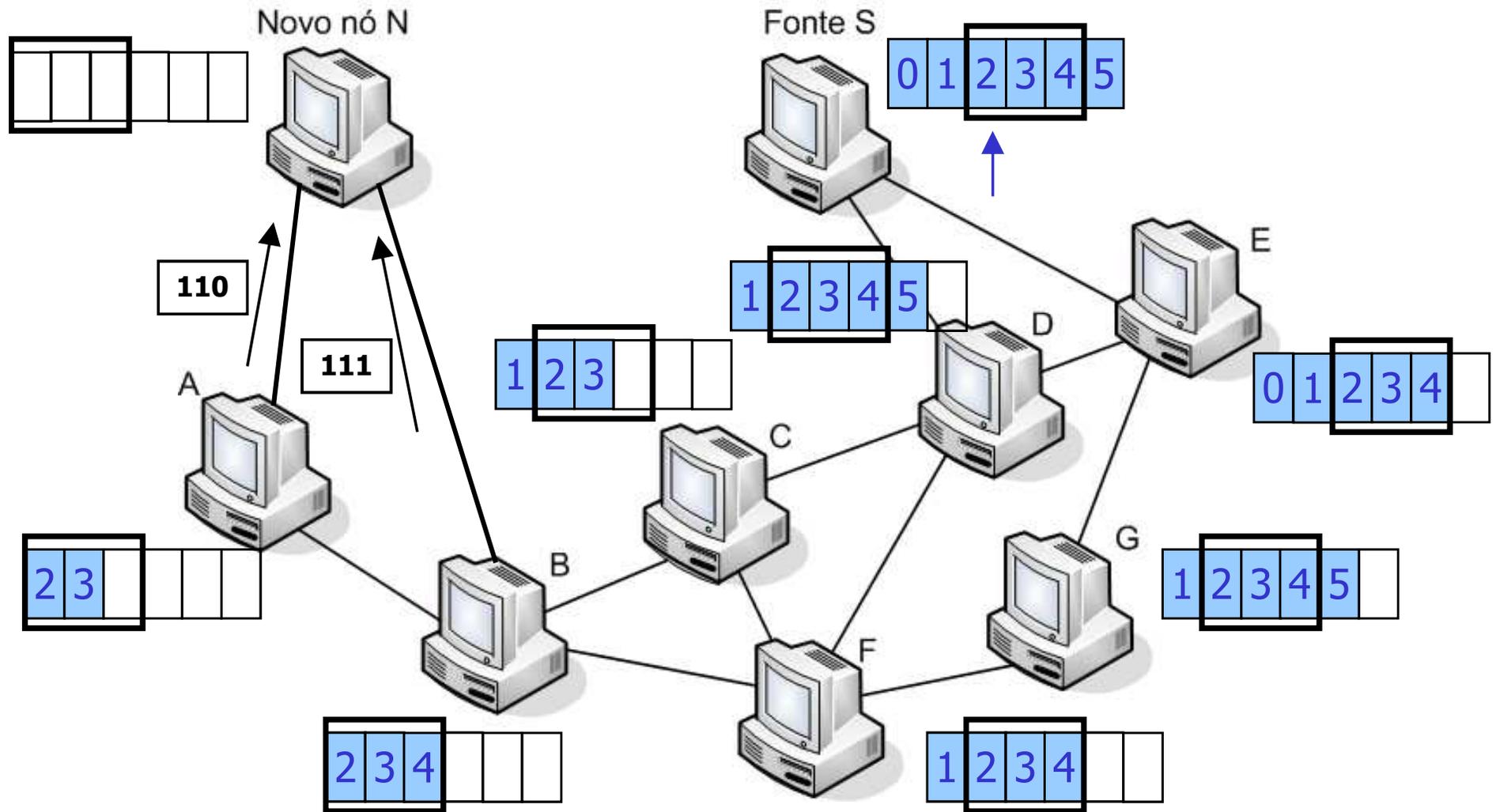
- Dois tipos
 - Difusão de vídeo
 - Participantes recebem o mesmo conteúdo enviado para um grupo de usuários
 - Transmissão de TV
 - Não é possível controlar a reprodução
 - Recepção e reprodução a partir da requisição
 - Vídeo sob demanda
 - Participantes selecionam o conteúdo que deseja receber
 - Controlam a reprodução do conteúdo
 - Videocassete

Sistemas de Difusão



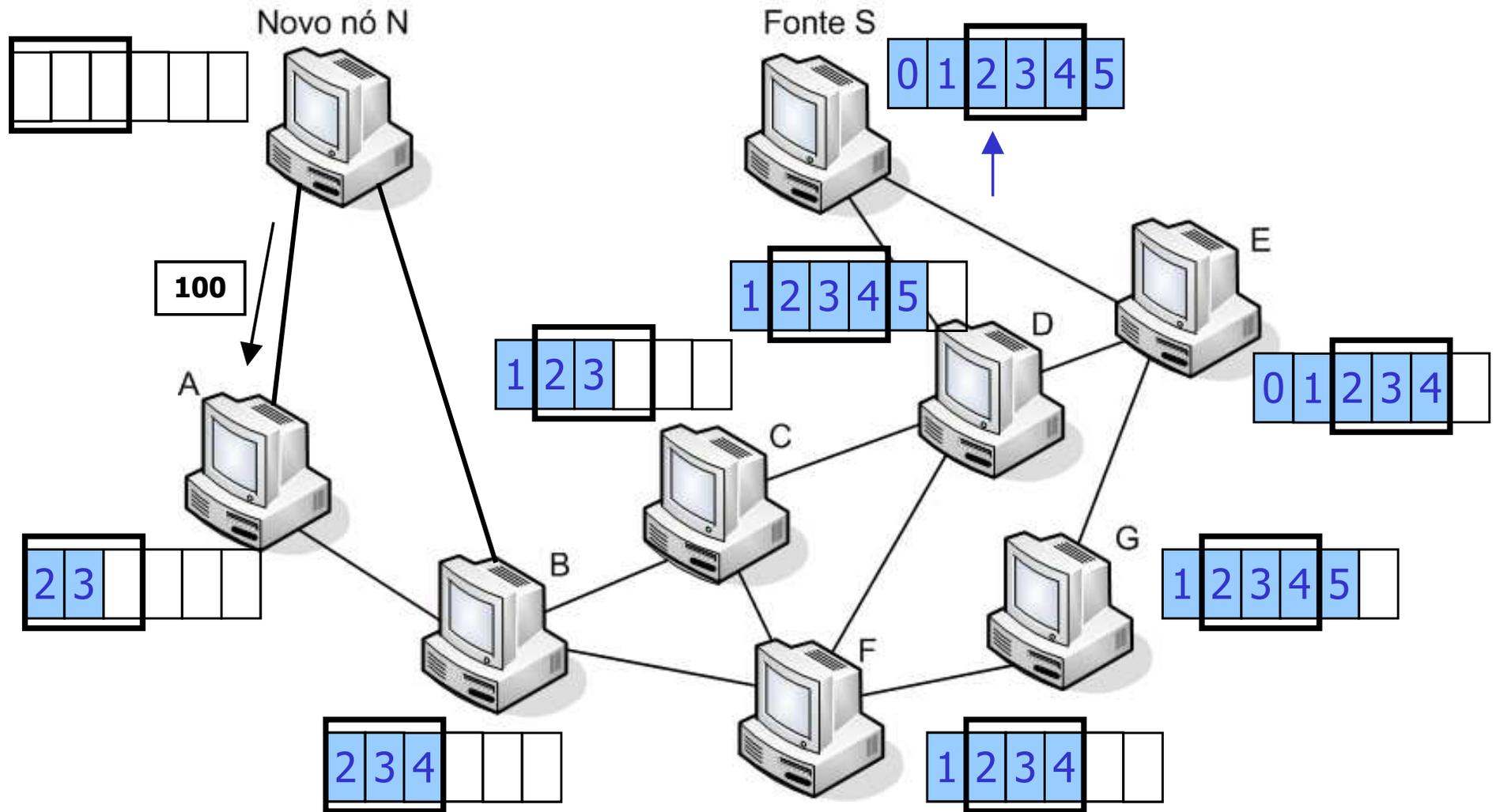
A reprodução começa a partir do ponto atual da fonte

Sistemas de Difusão



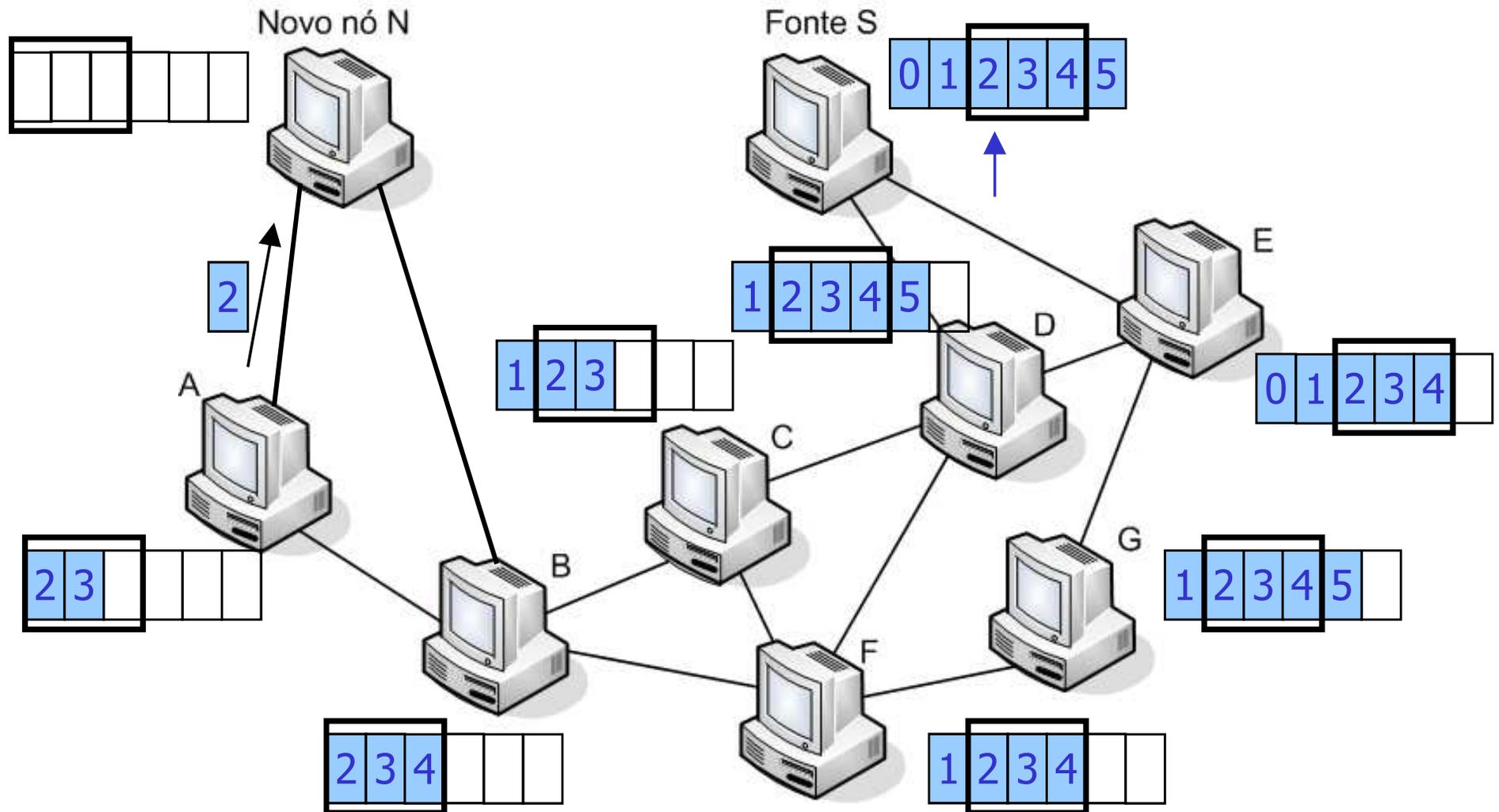
O nó N recebe os BMs dos seus parceiros

Sistemas de Difusão



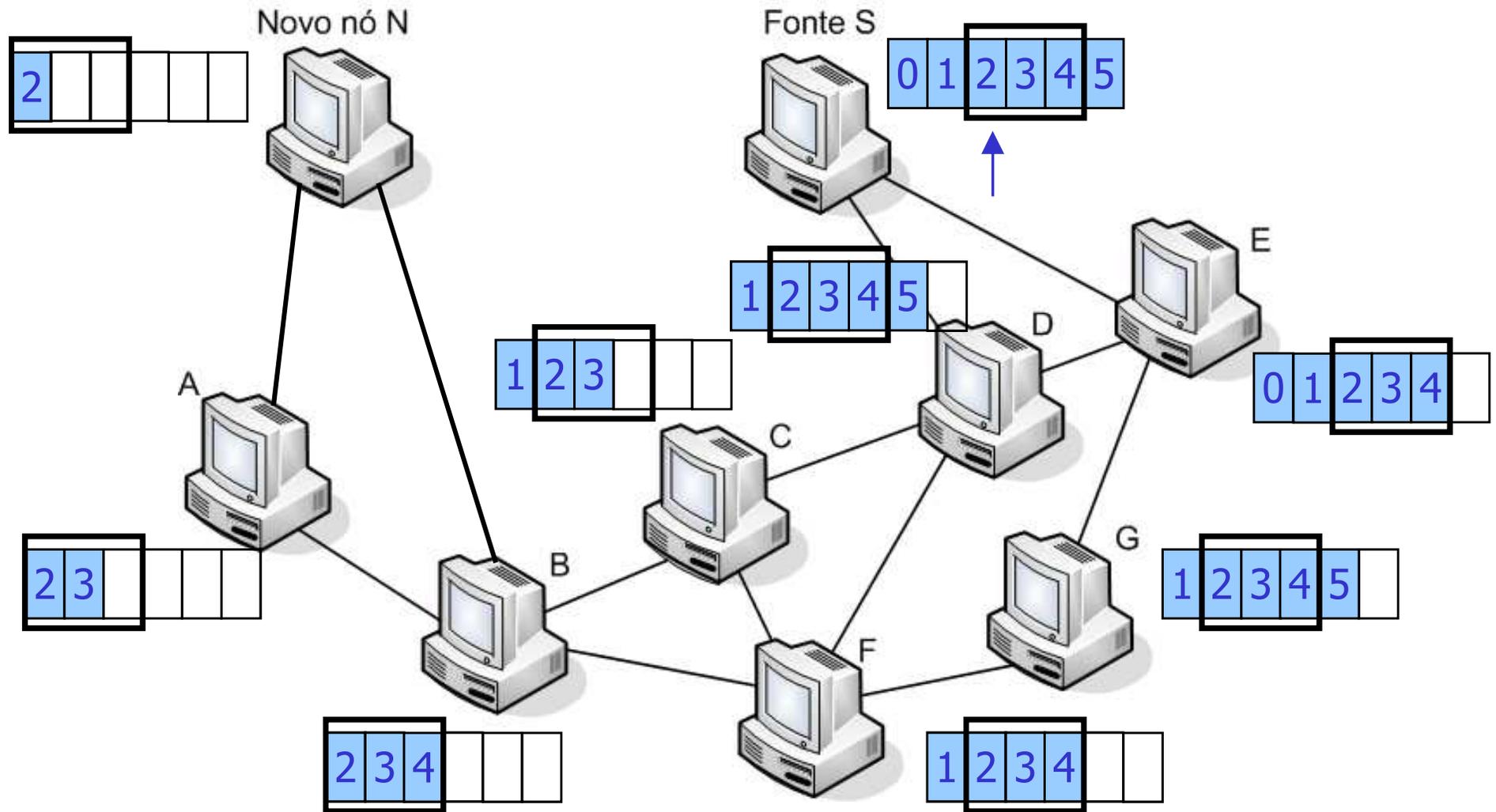
N solicita o pedaço 2 a A

Sistemas de Difusão



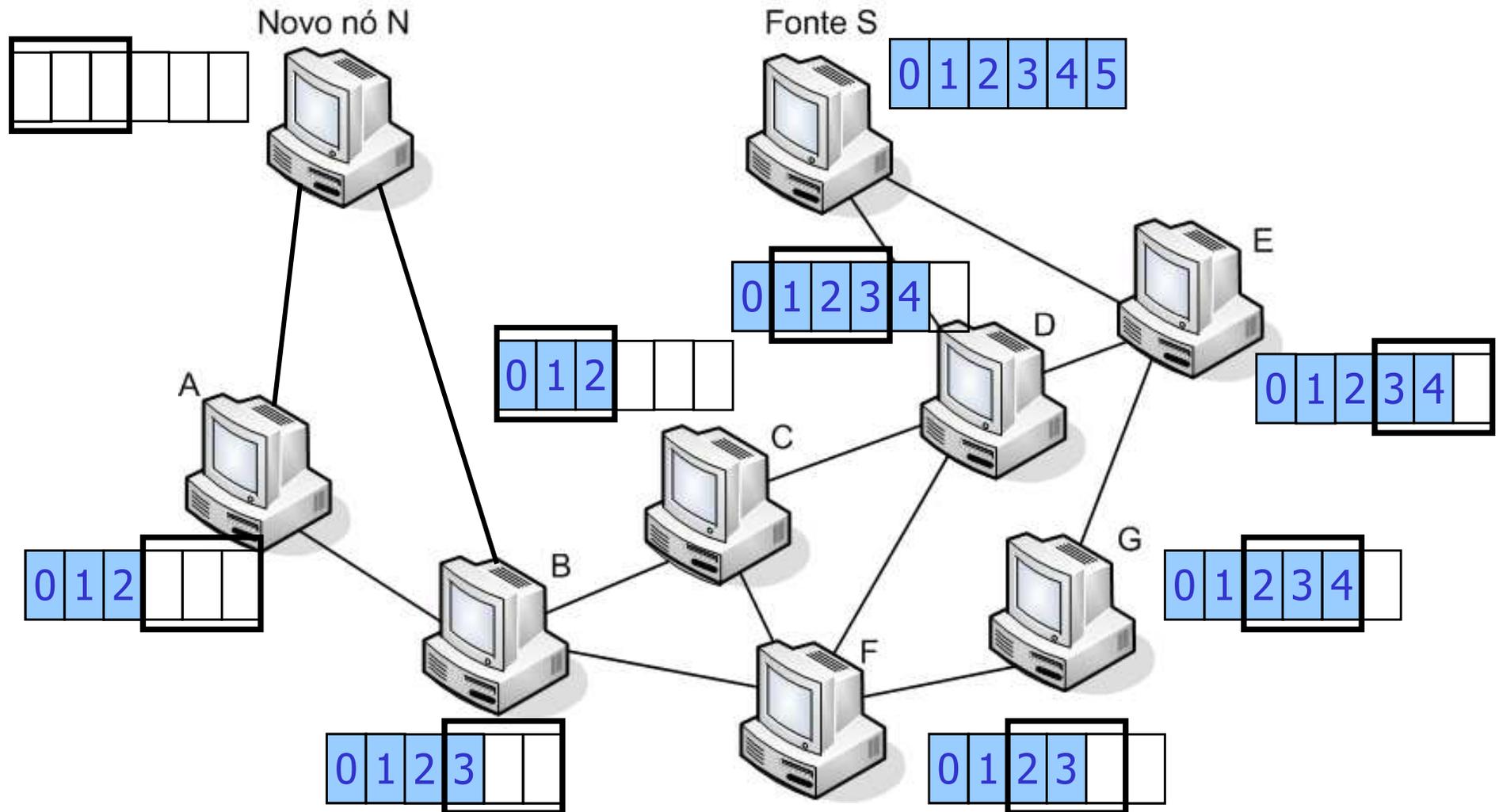
A envia o pedaço para N

Sistemas de Difusão



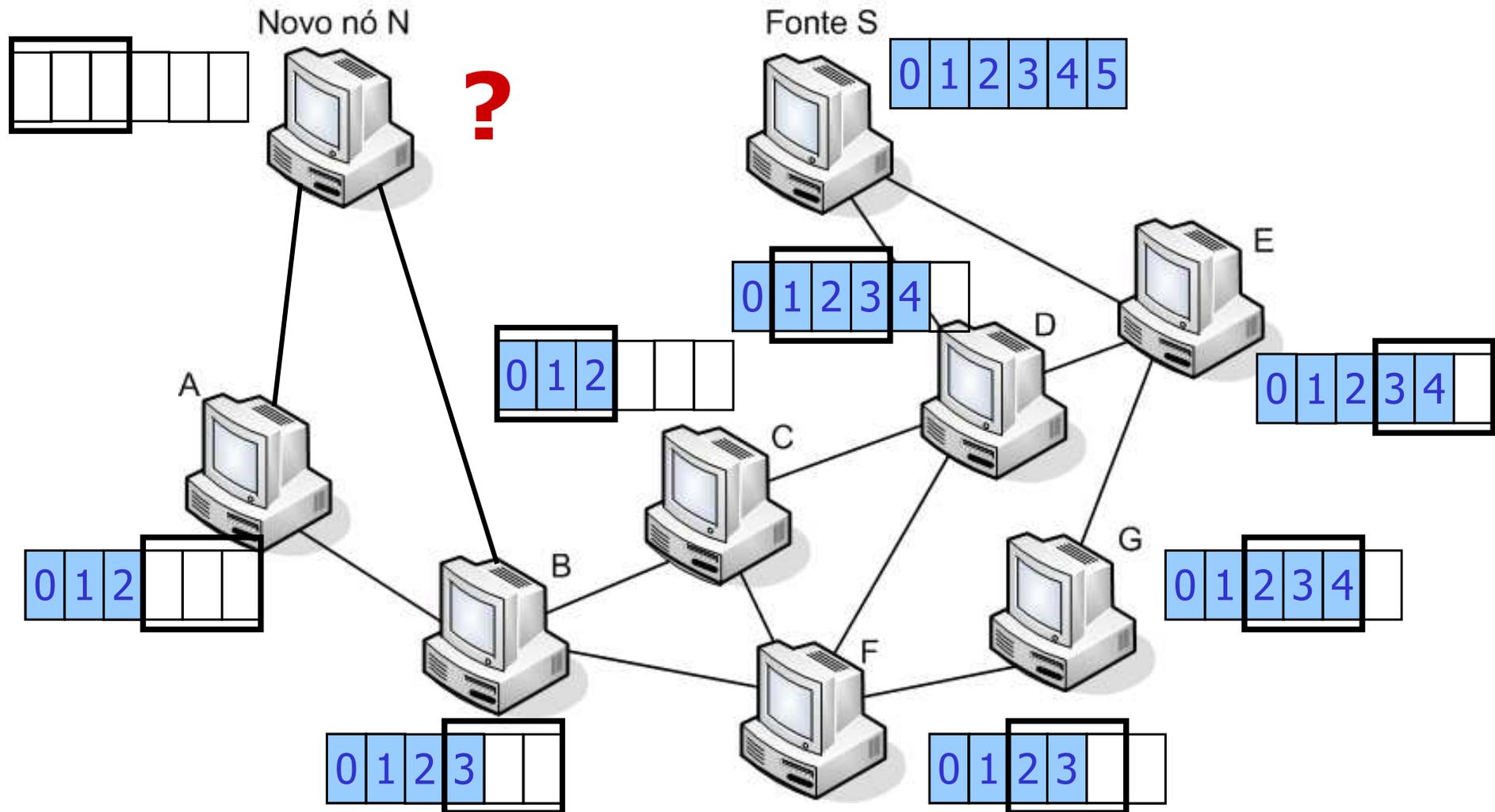
O pedaço é armazenado no *buffer*

Sistemas de Vídeo sob Demanda



A reprodução começa do início do vídeo

Sistemas de Vídeo sob Demanda

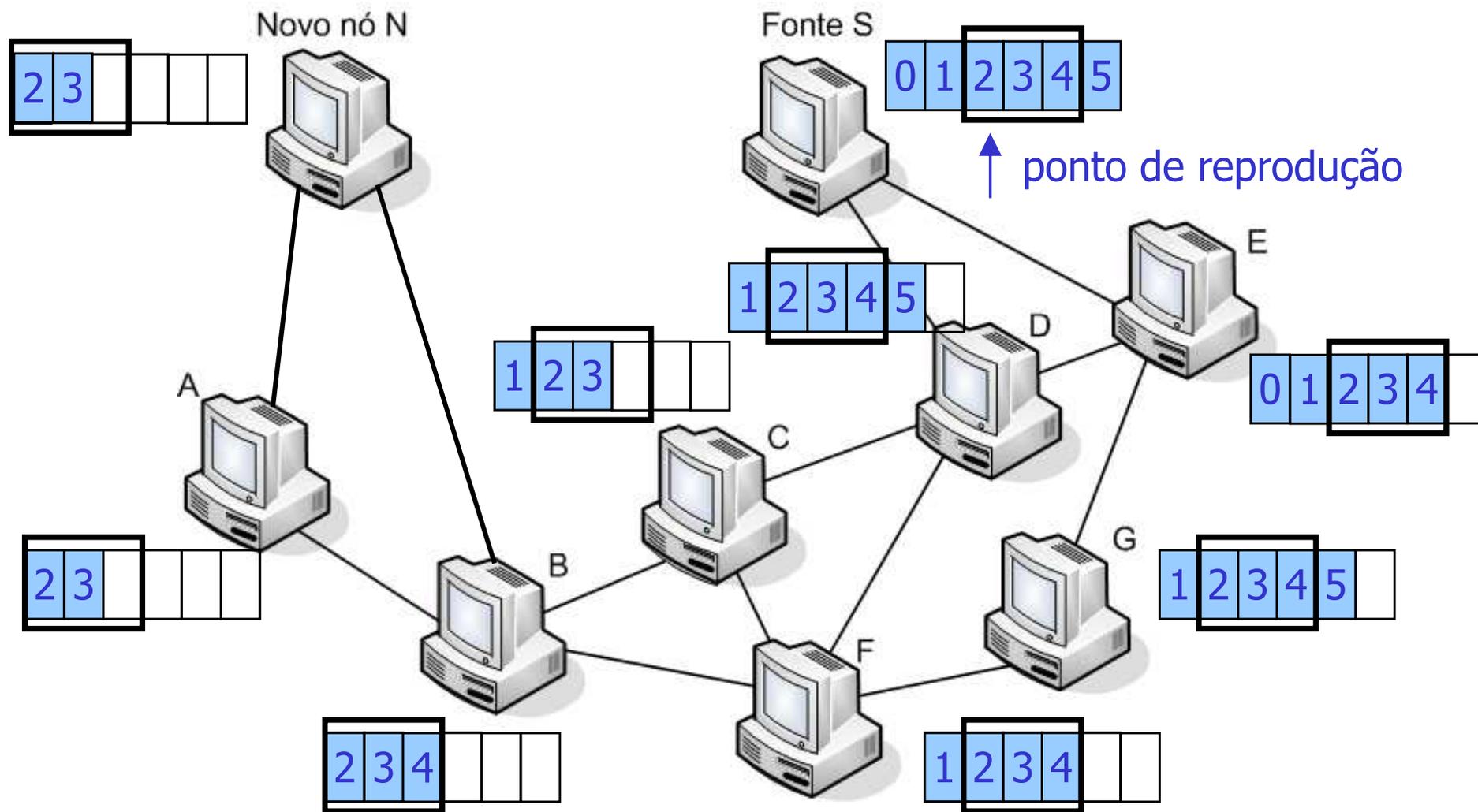


O nó N não tem nenhum pedaço de interesse em seus parceiros A e B

- Quais são os melhores parceiros?
 - Seleção aleatória?
 - Pares com maior capacidade?
 - Pares com o intervalos de interesse próximos?

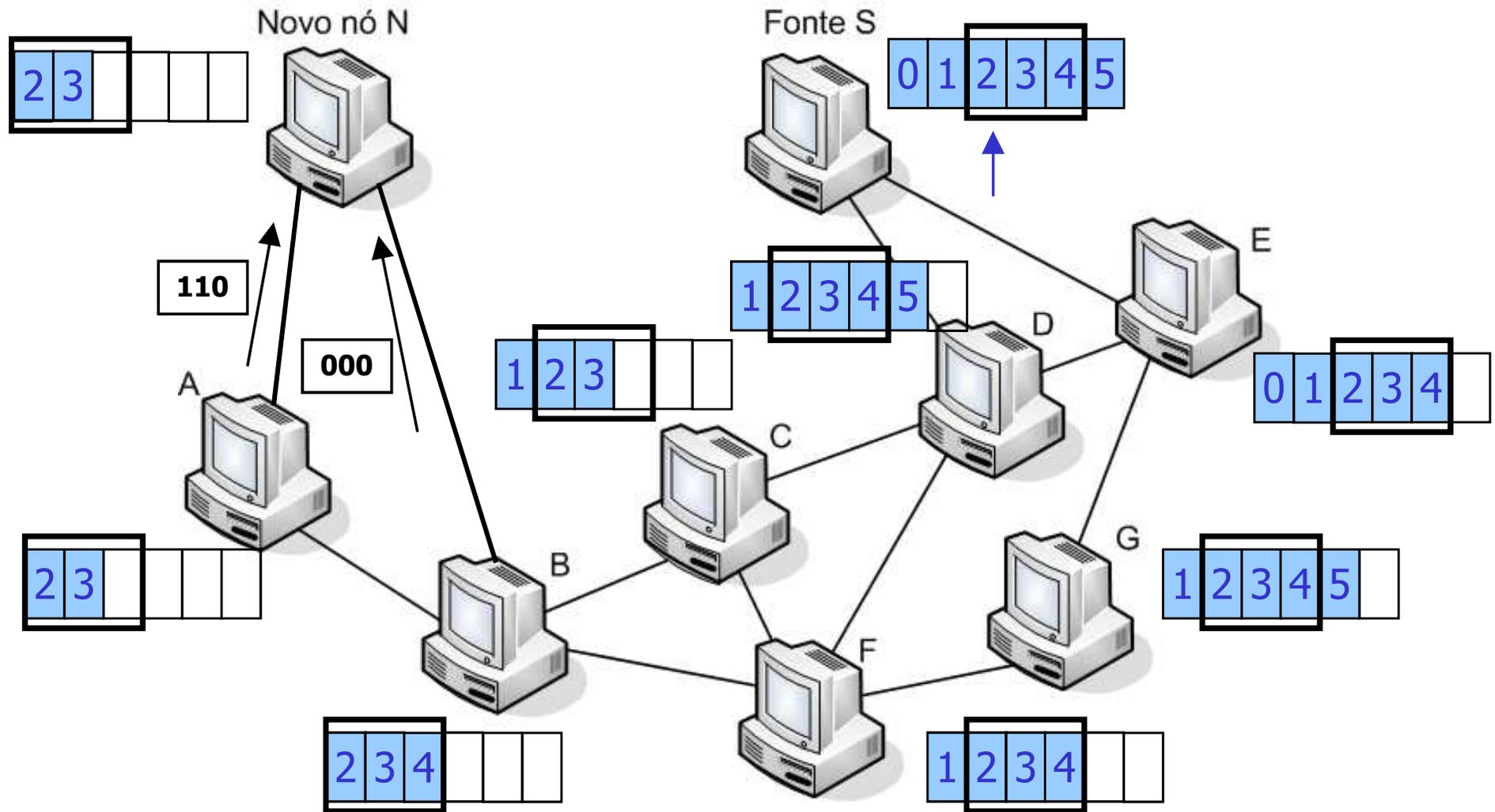
- Segurança
 - Como evitar os nós egoístas?
 - Como evitar a poluição do conteúdo?

Nós Egoístas



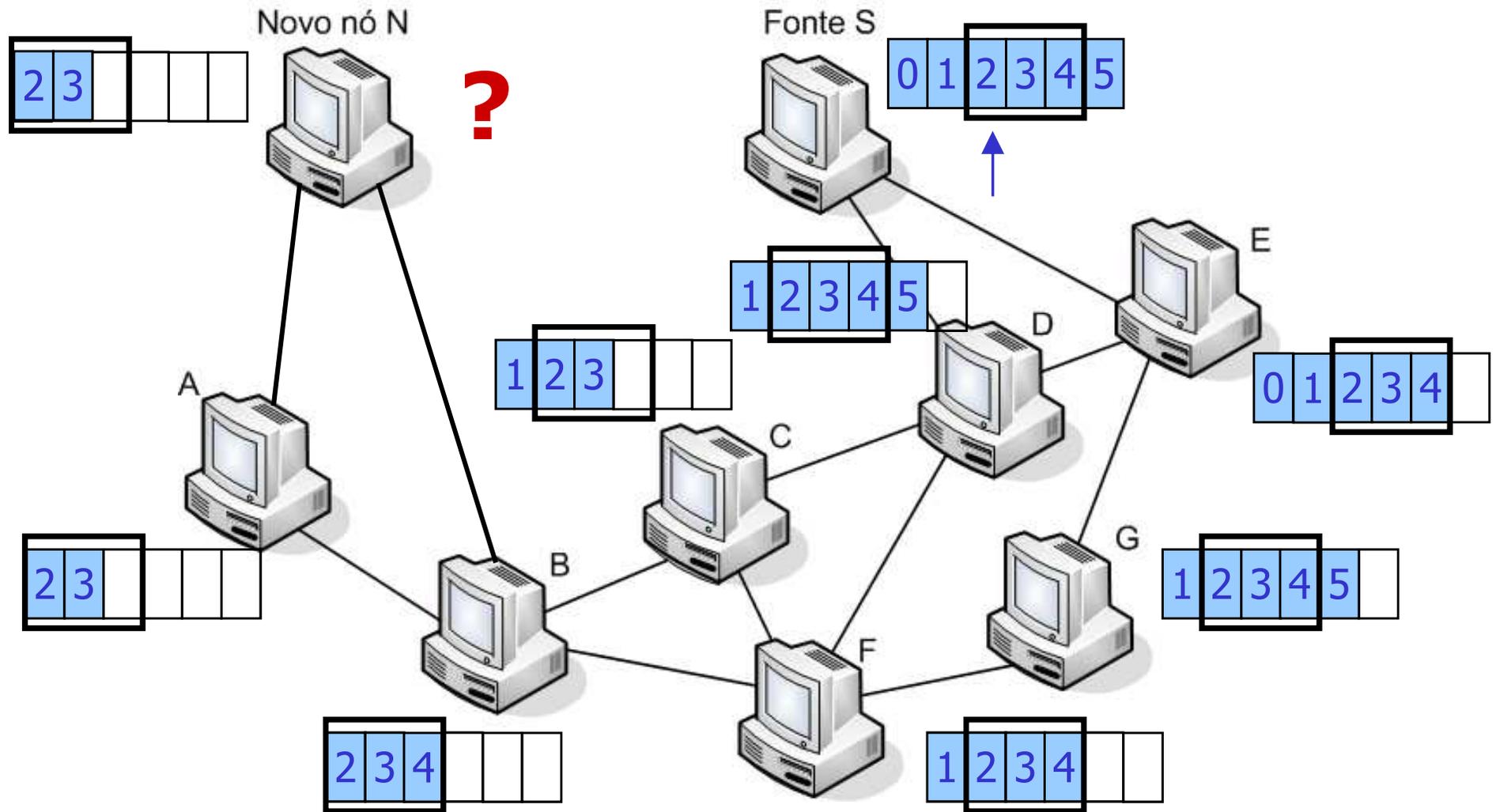
O nó N recebe os mapas de buffer dos seus parceiros

Nós Egoístas



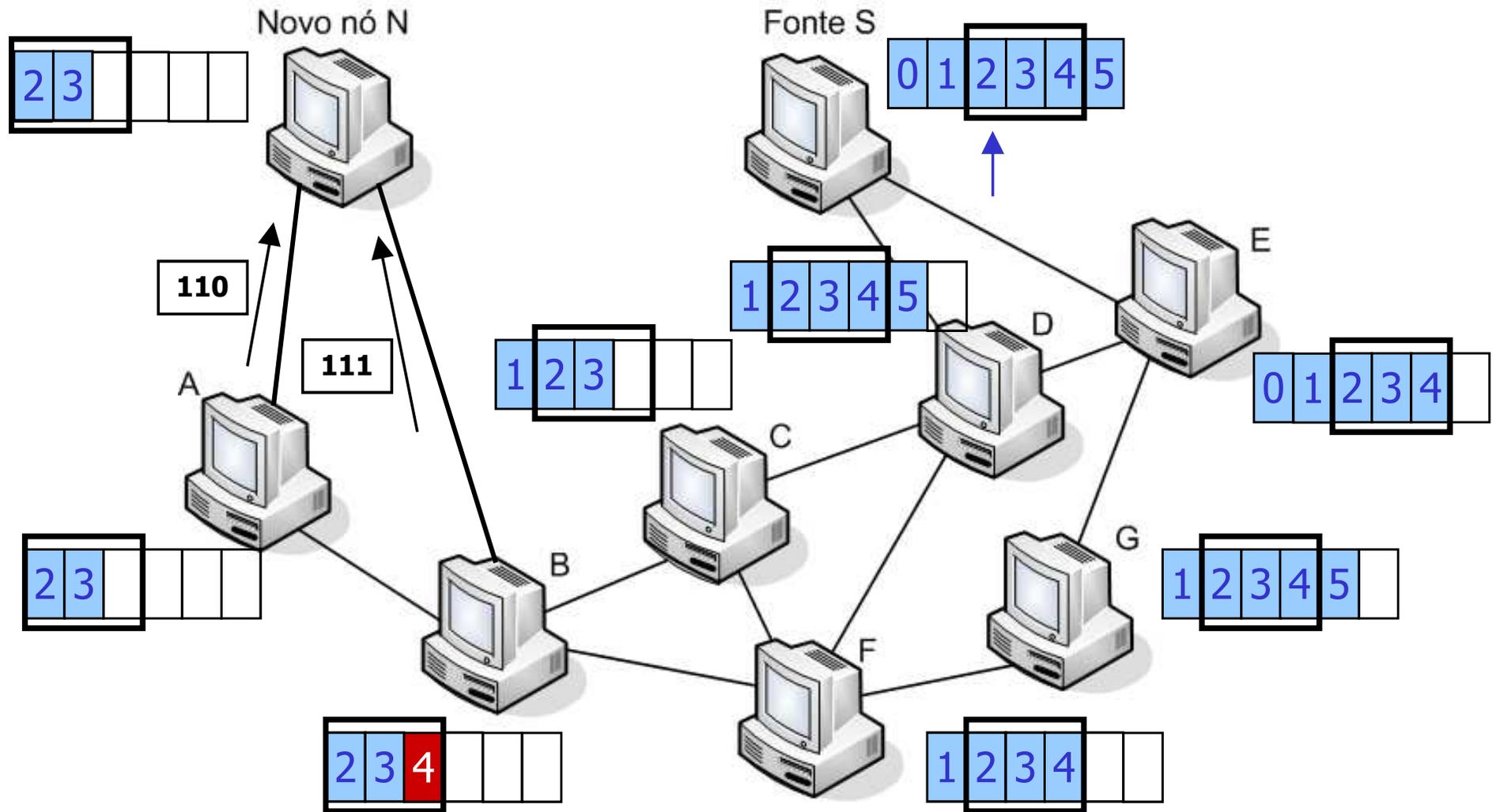
O nó N recebe os mapas de buffer dos seus parceiros

Nós Egoístas



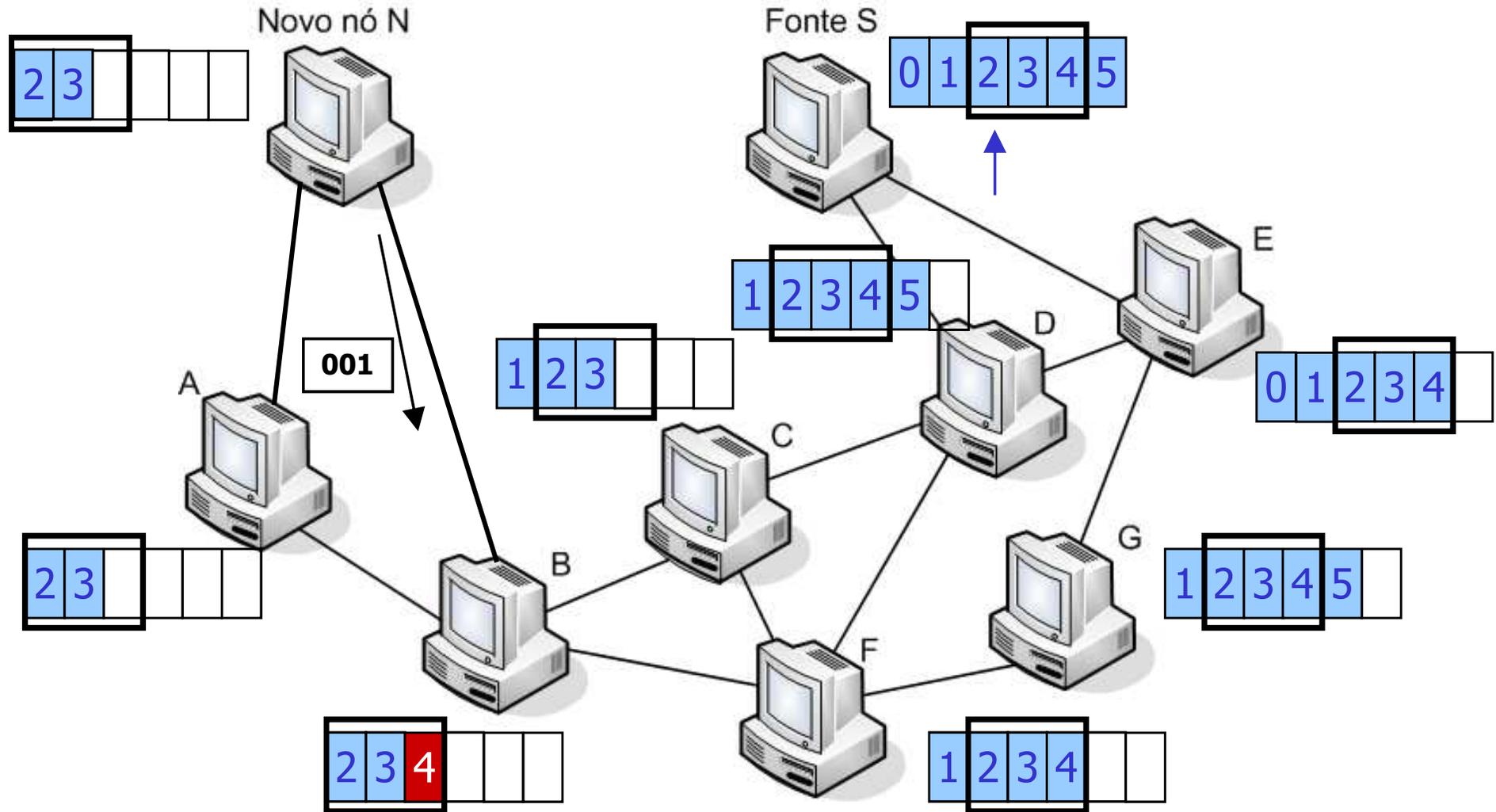
Como B "mentiu" sobre os seus pedaços, N não tem para quem pedir o pedaço 4

Poluição



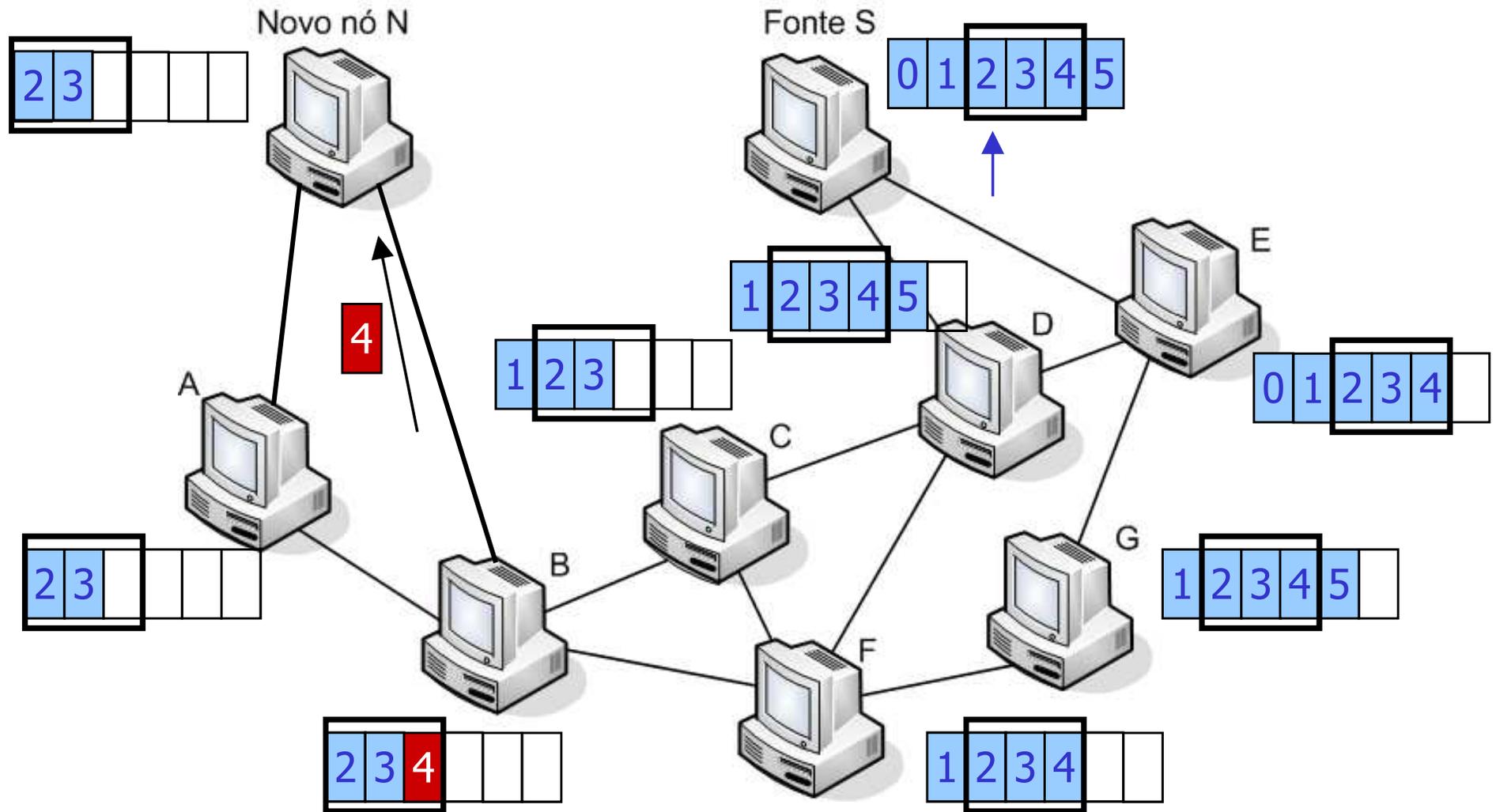
O nó B modifica o conteúdo do pedaço 4

Poluição



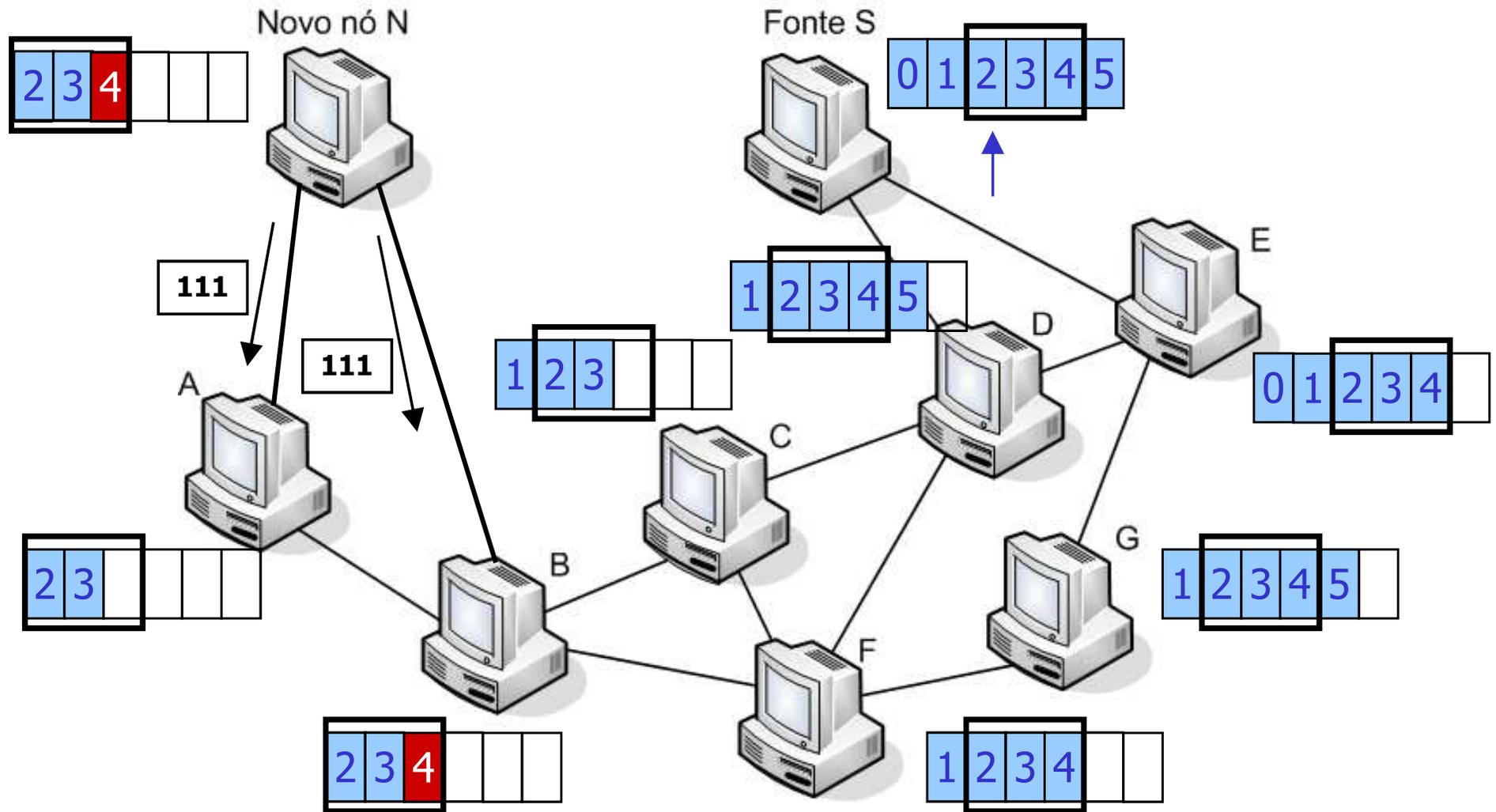
O nó N solicita normalmente o pedaço ao nó B

Poluição



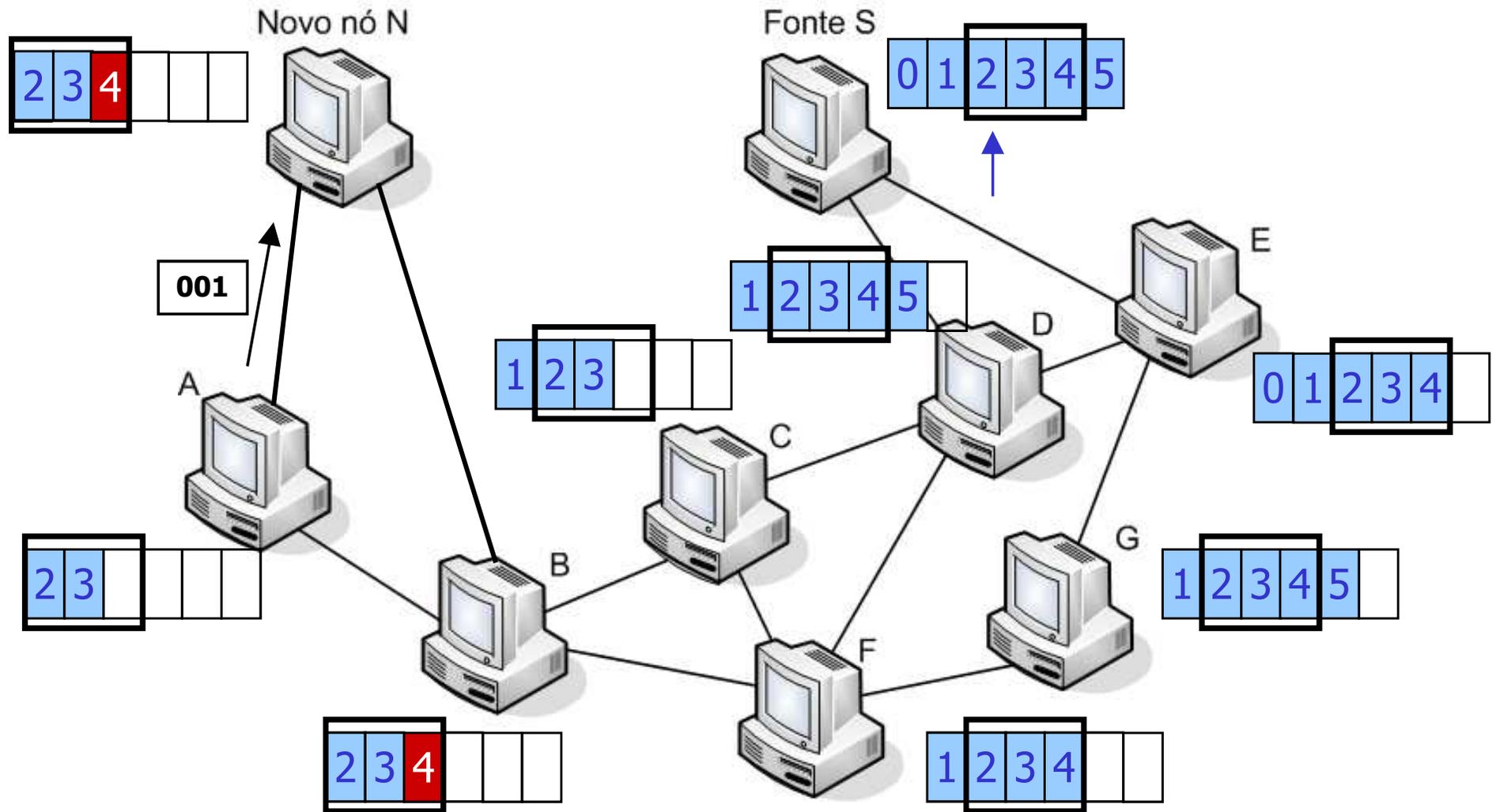
O nó N solicita normalmente o pedaço ao nó B

Poluição



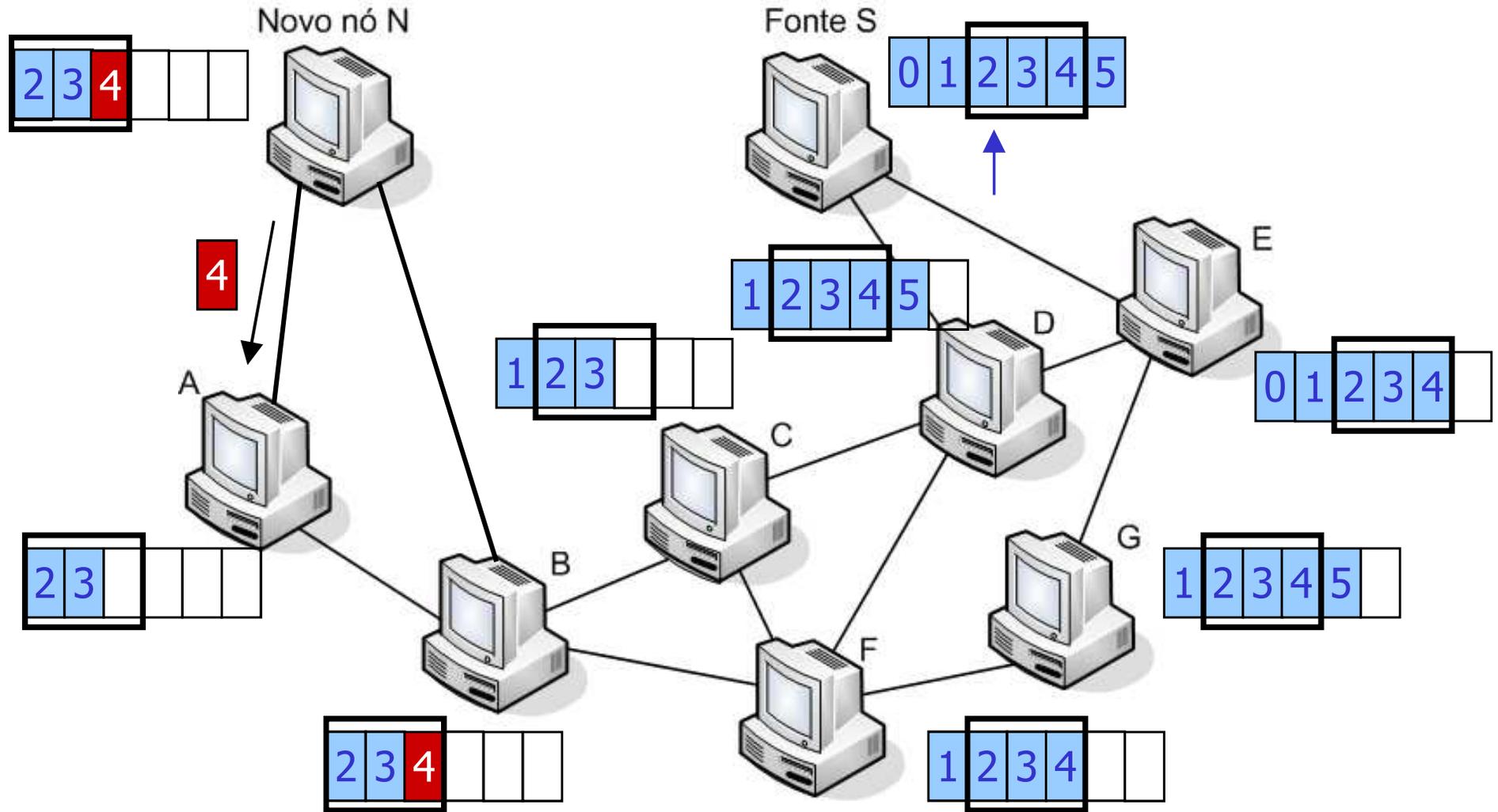
O nó N anuncia o pedaço poluído para os parceiros

Poluição



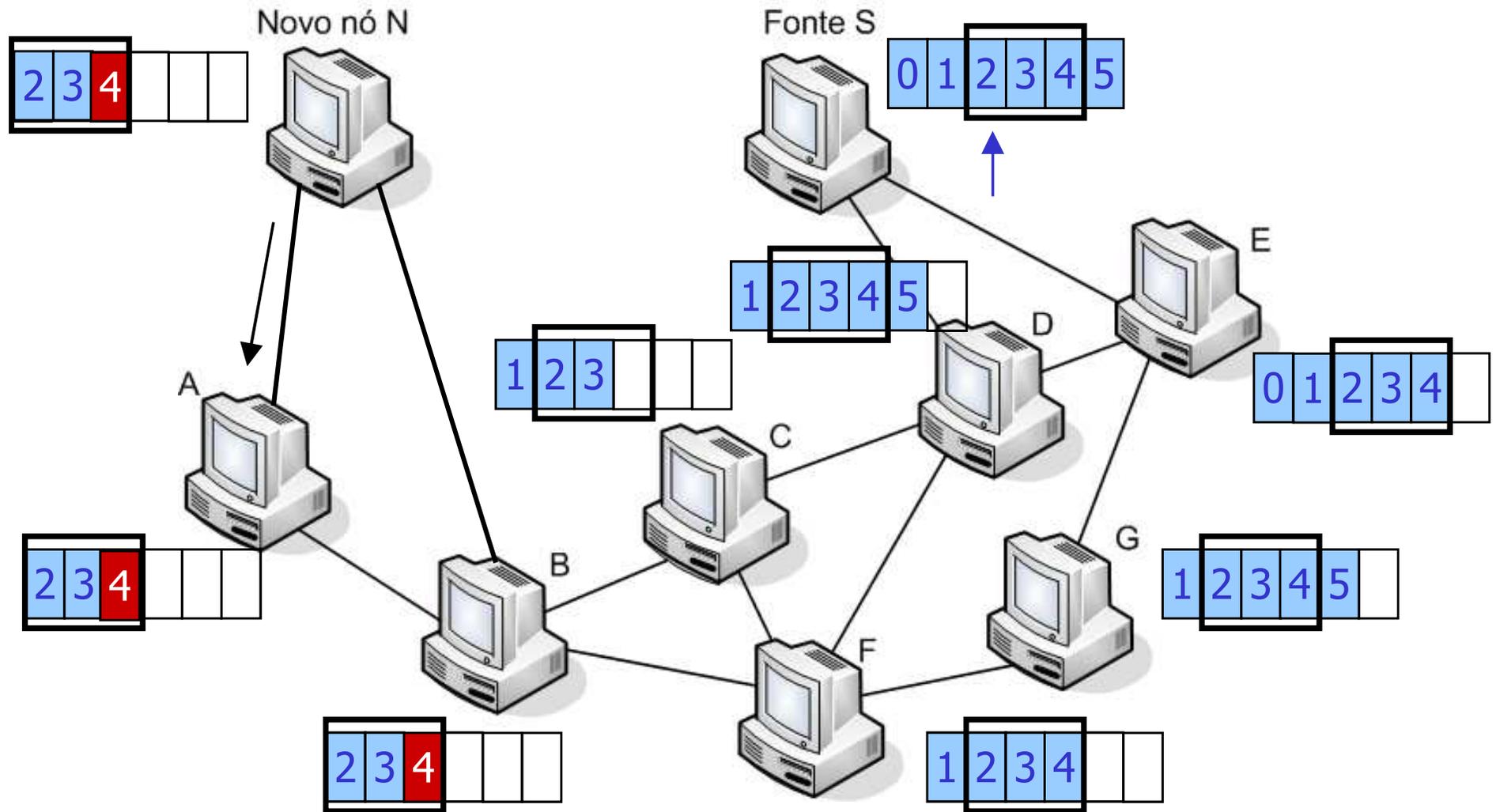
O nó A solicita o pedaço 4 ao nó N

Poluição



O nó N dissemina o pedaço poluído "sem saber"

Poluição

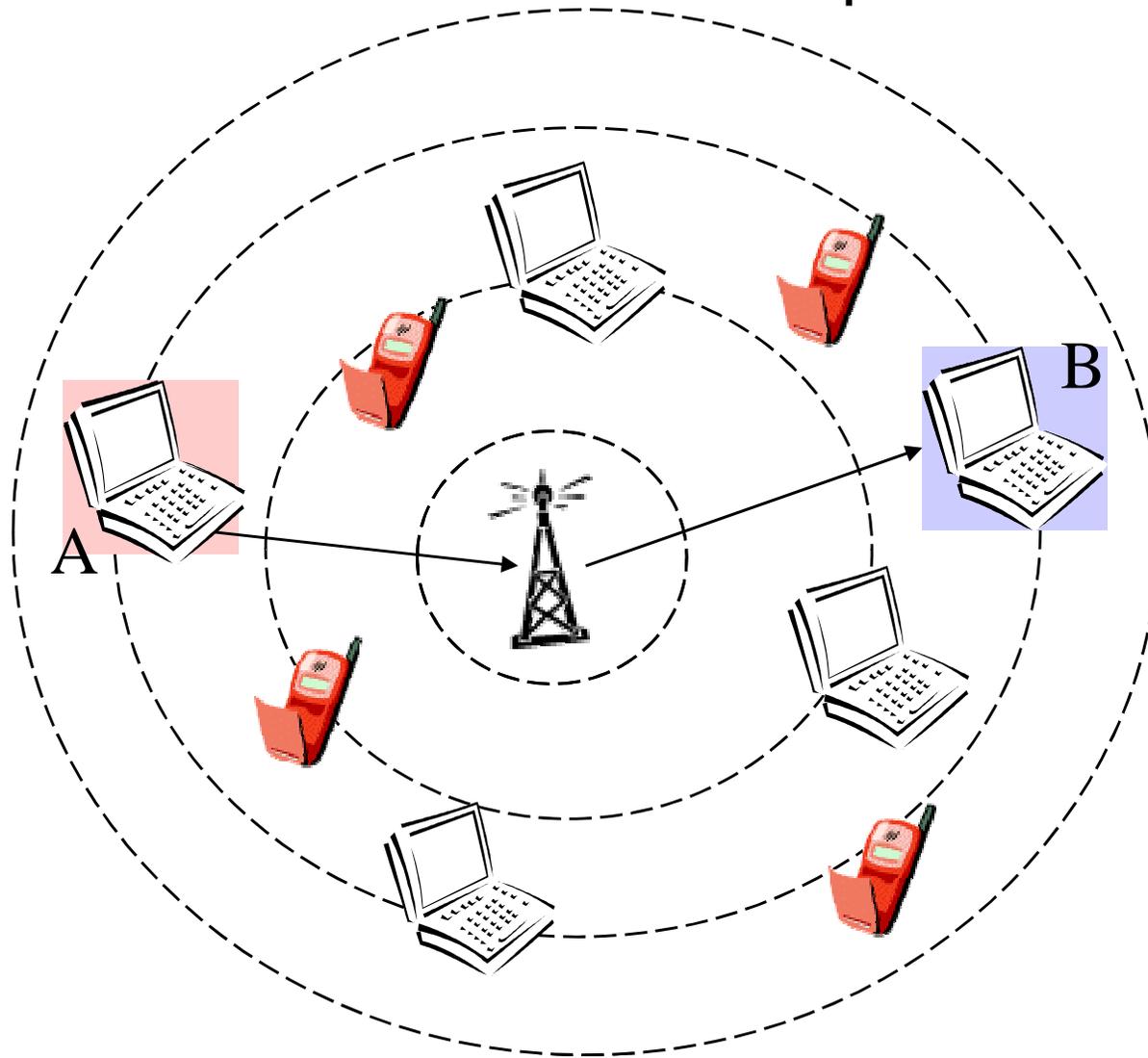


O nó N dissemina o pedaço poluído "sem saber"

Redes em Malha

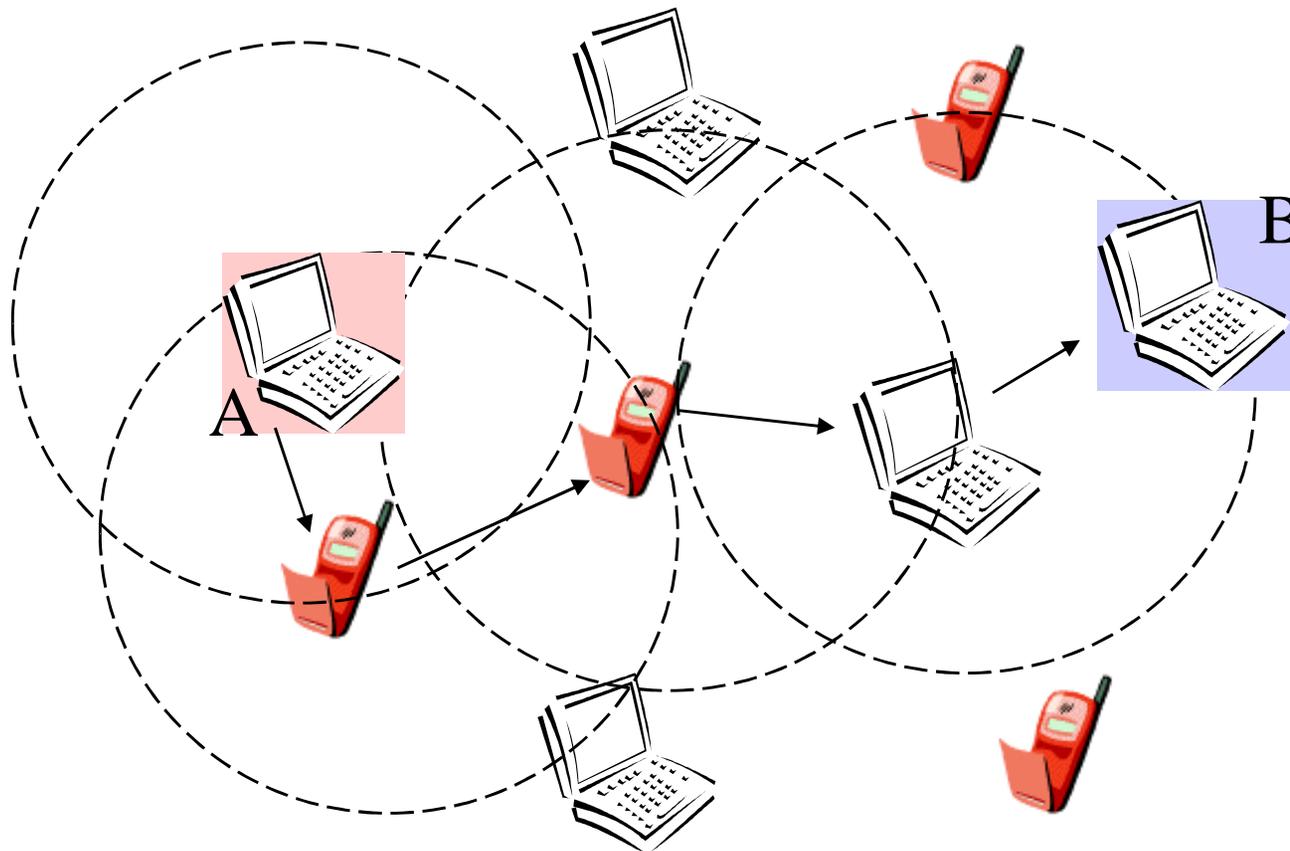
Redes Infraestruturadas

- A se comunica com B através de um ponto de acesso



Redes *Ad Hoc*

- A se comunica com B através de múltiplos saltos
 - Nós atuam como roteadores



- Baixa conectividade → **maior problema**
 - Mobilidade dos nós
 - Instabilidade do meio sem fio
 - Ausência completa de infraestrutura

Redes em Malha

- Aumentam a conectividade
- Backbone de roteadores sem fio
 - Tipicamente estacionários
 - Sem restrições de consumo de energia

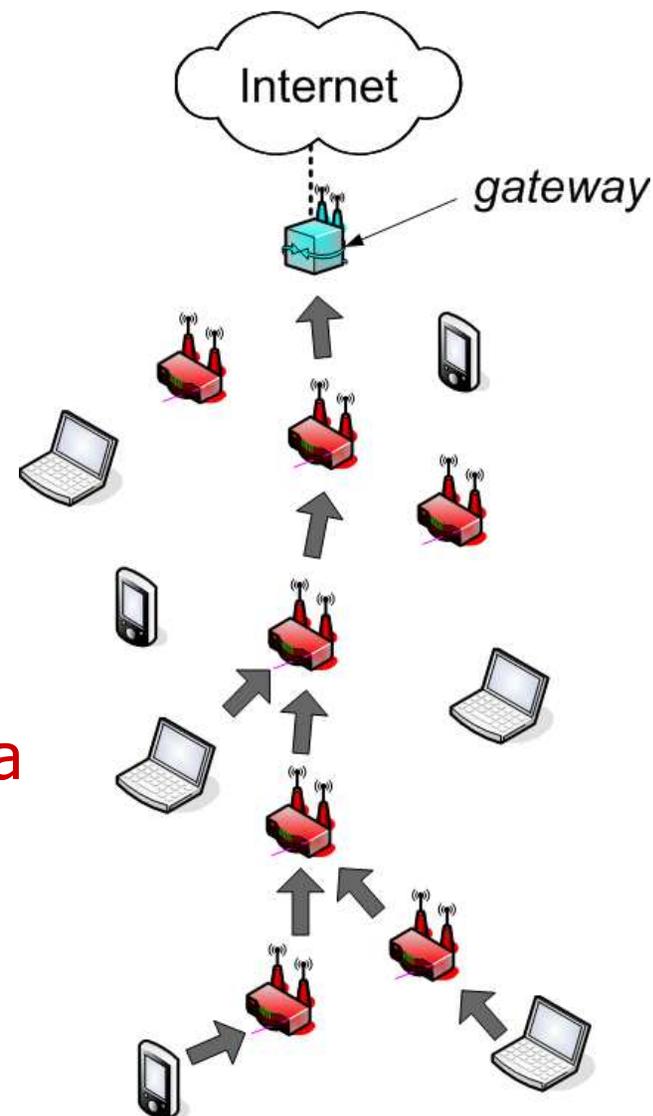
Mobilidade e consumo de energia deixam
de ser os principais problemas



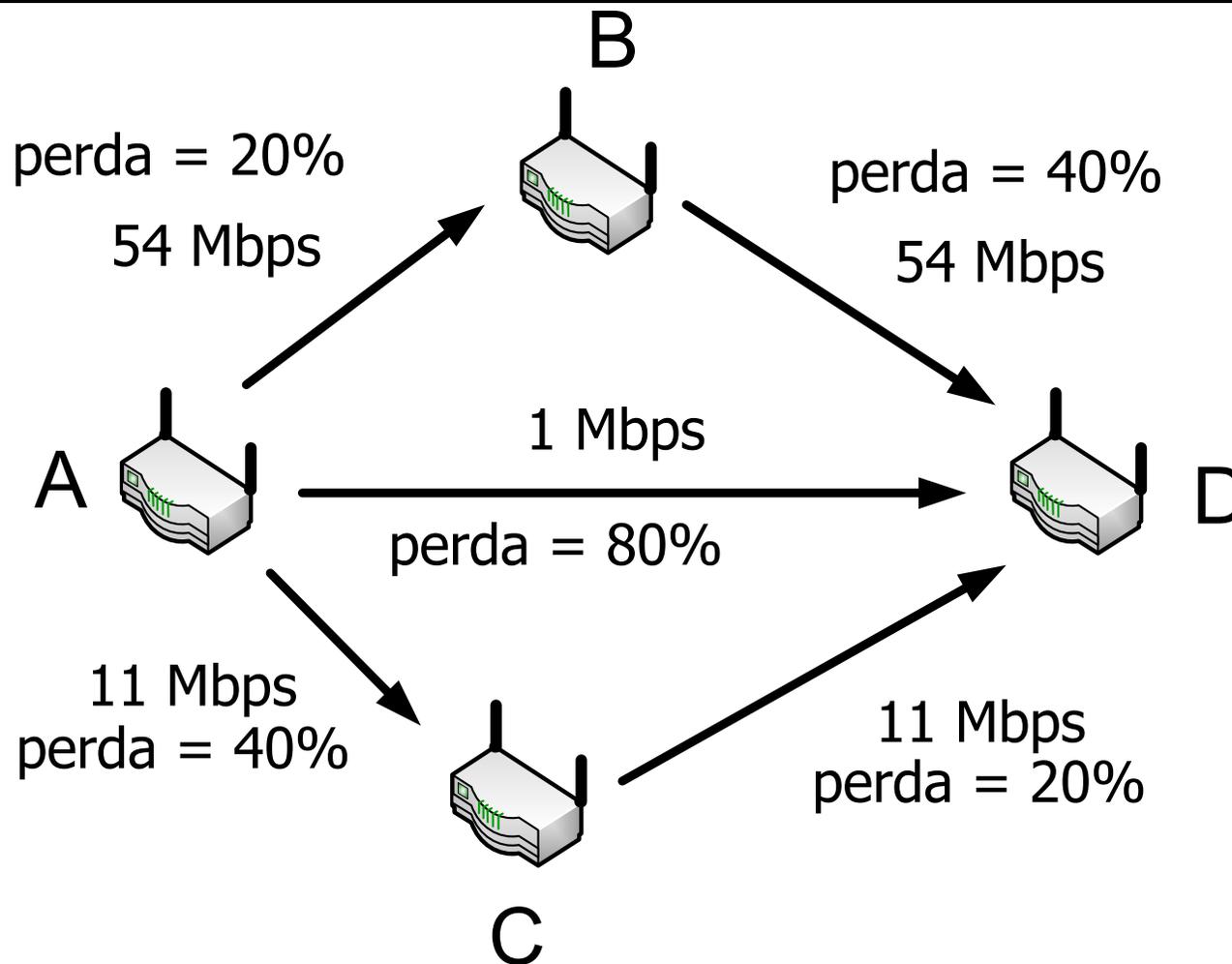
A qualidade dos enlaces ainda é um problema



**Métricas de roteamento baseada na
qualidade dos enlaces**



Exemplo



O caminho mais curto (A→D) não é o caminho com a menor taxa de perda e a maior taxa de transmissão (A→B→D)

Redes em Malha Experimentais

- Roofnet, MIT
- Remesh/Remote, UFF/MídiaCom
 - Rede em malha no campus da praia vermelha
 - Em manutenção atualmente
 - Roteadores instalados em torres de transmissão de energia na divisa de SC e RS

Remote



Remote



Remote



Remote



Redes Veiculares ou VANETs **(*Vehicular Ad Hoc Networks*)**

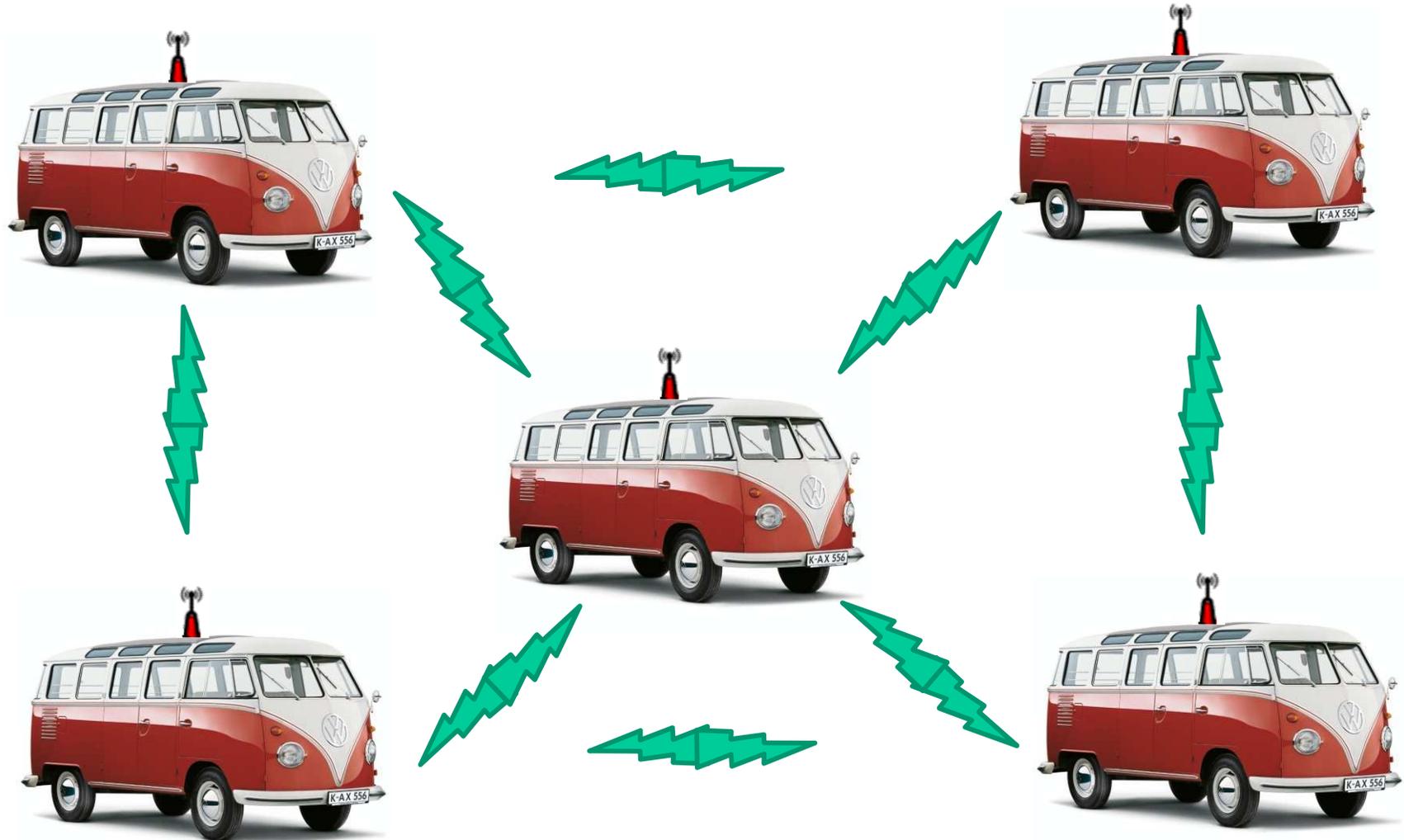
O que é uma VANET?



O que é uma VANET?



O que é uma VANET?



- Sucesso dos dispositivos móveis
 - Aumento da capacidade e redução dos custos
- No Brasil
 - Vendas de *smartphones* cresceram 69% em 2010
 - Número de aparelhos 3G já é da ordem de 11 milhões
- No mundo
 - Internet móvel → 900 milhões de usuários até 2013

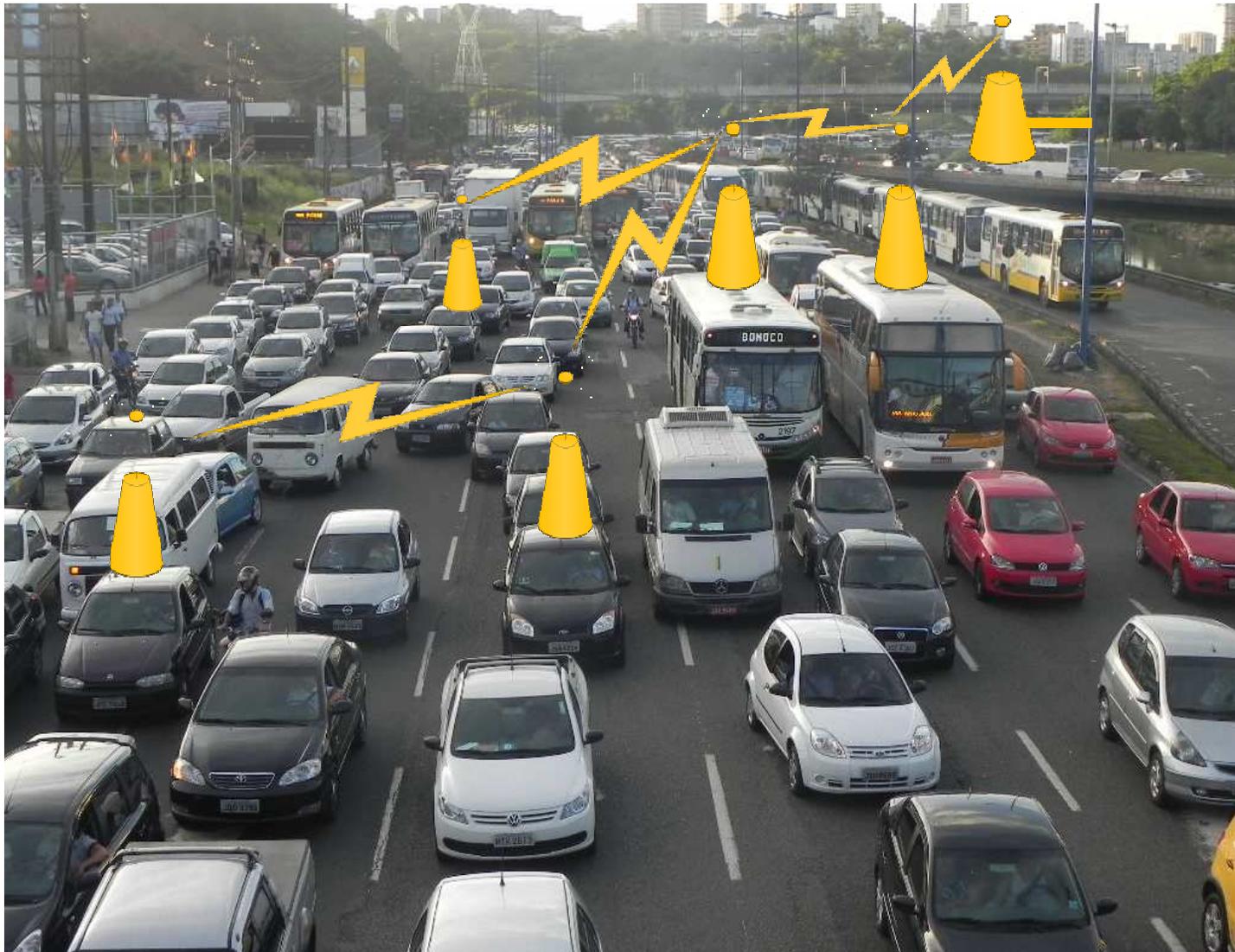
- Sucesso dos dispositivos móveis
 - Aumento da capacidade e redução dos custos

- No Brasil

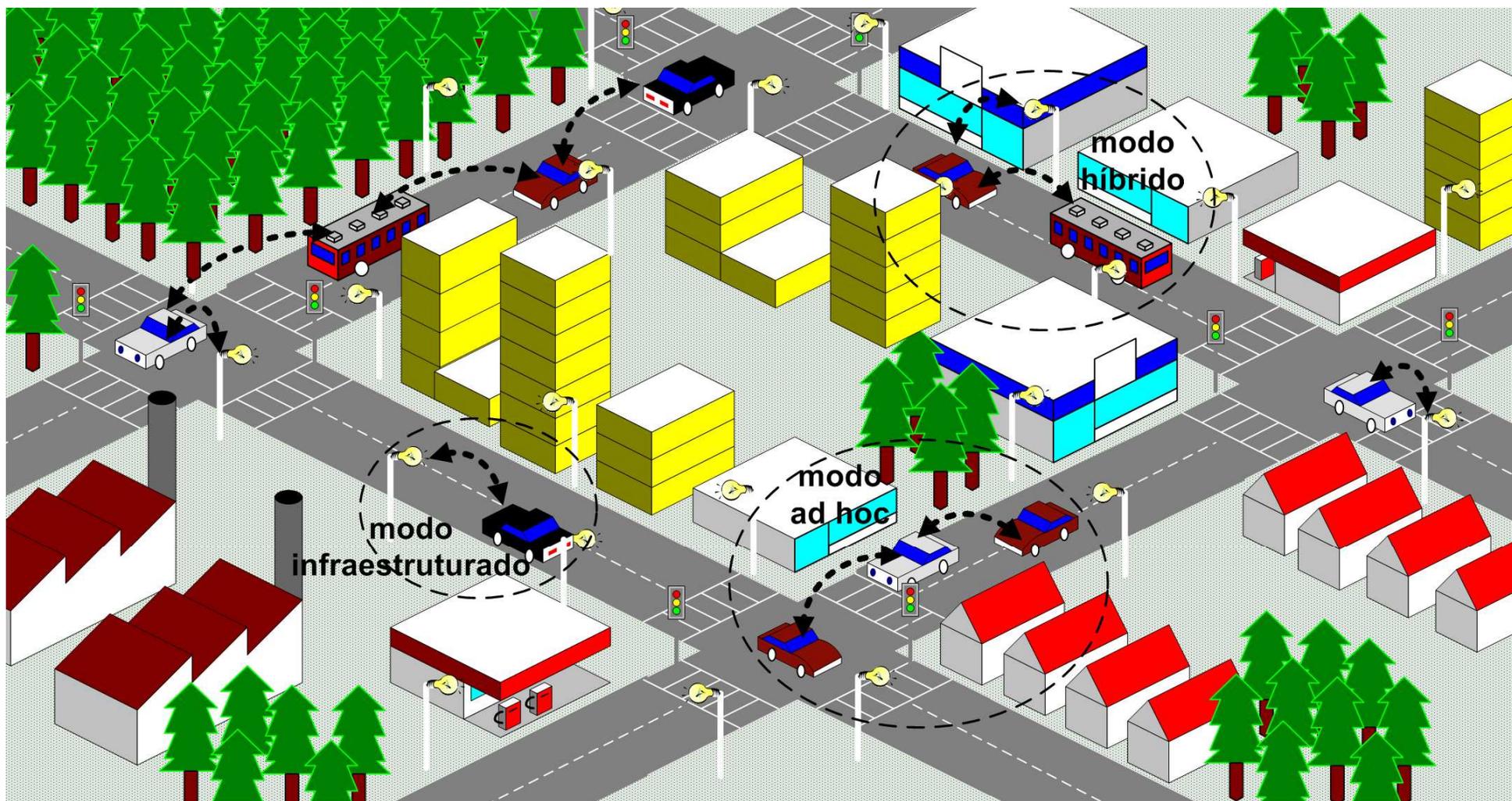
Usuários conectados à Internet "onde quer que estejam e a qualquer momento"

- Internet móvel → 900 milhões de usuários até 2013

Porque não acessar a Internet no carro ou no ônibus?

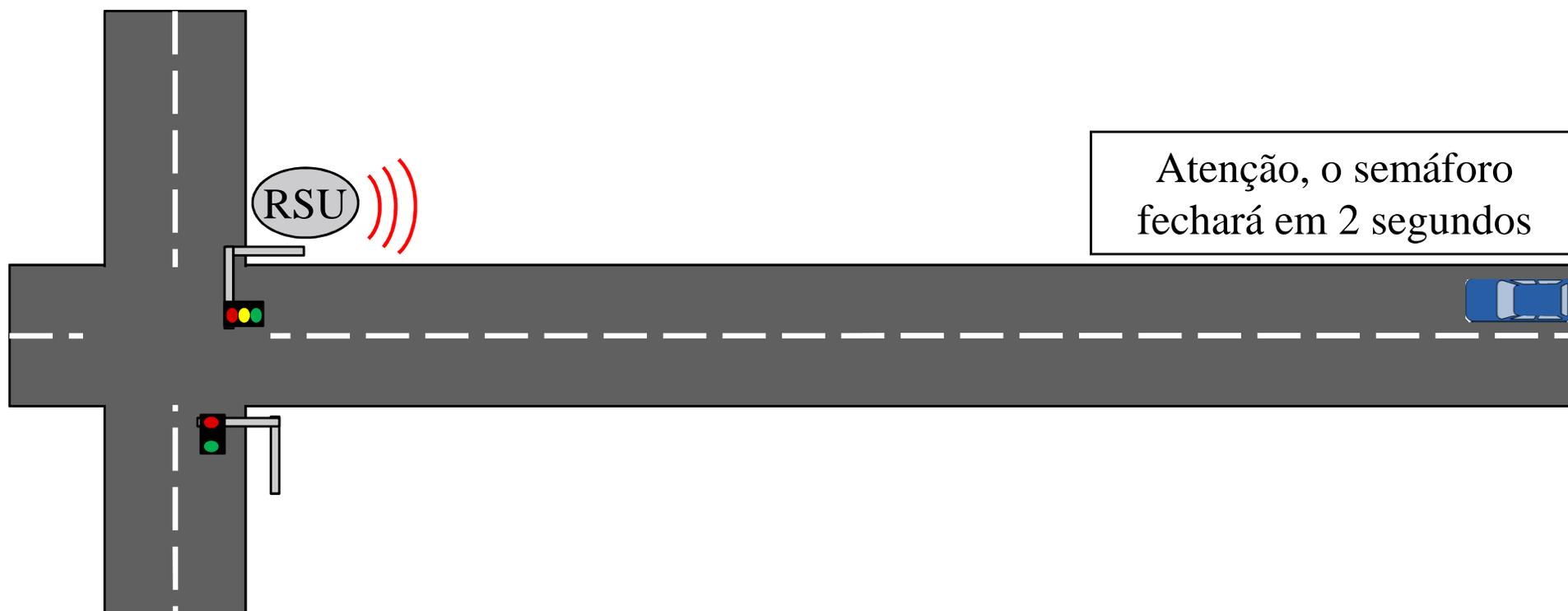


Redes Veiculares

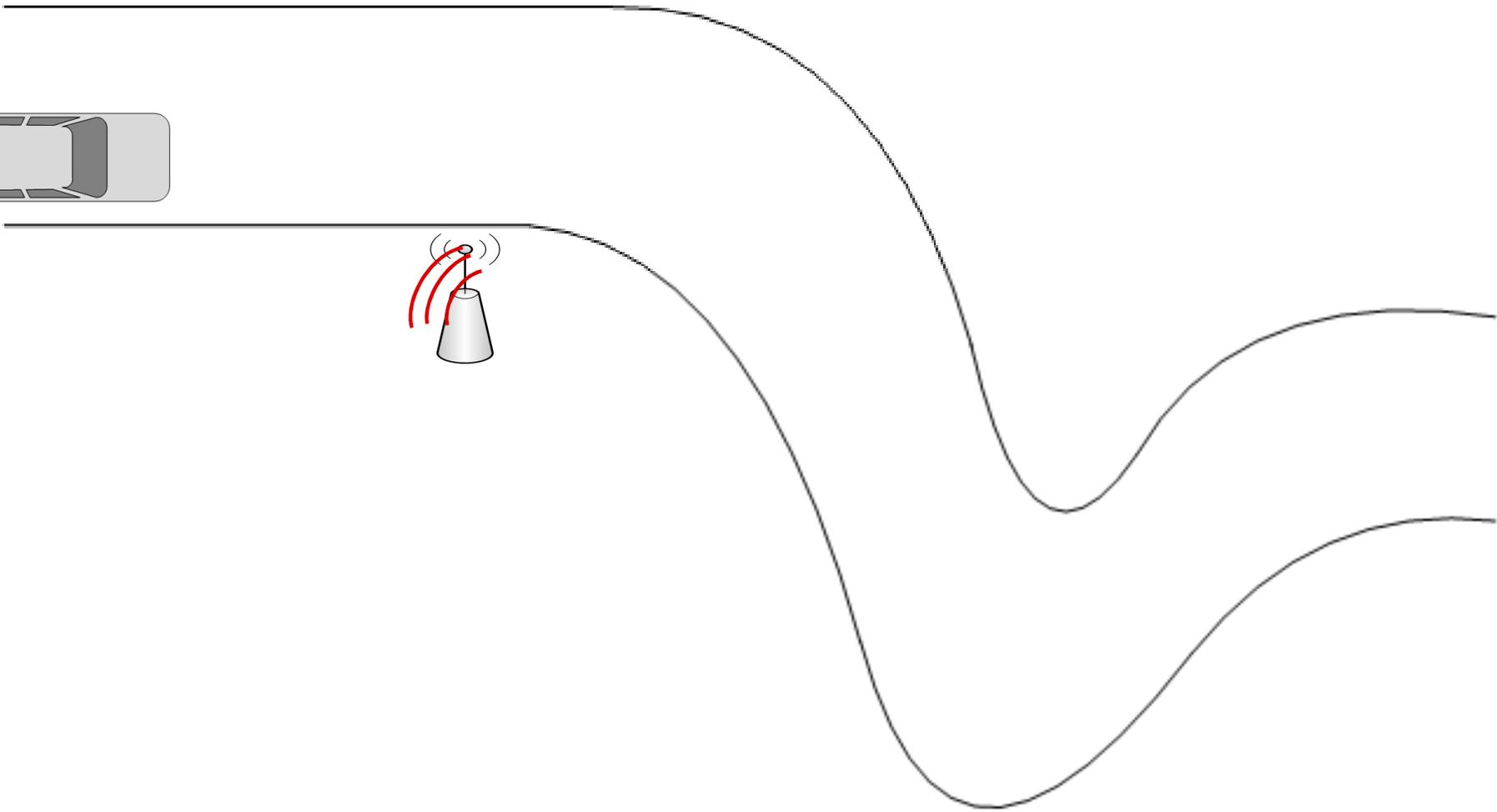
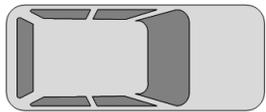


- Podem ser divididas em três classes
 - Segurança no trânsito
 - Entretenimento
 - Assistência ao motorista

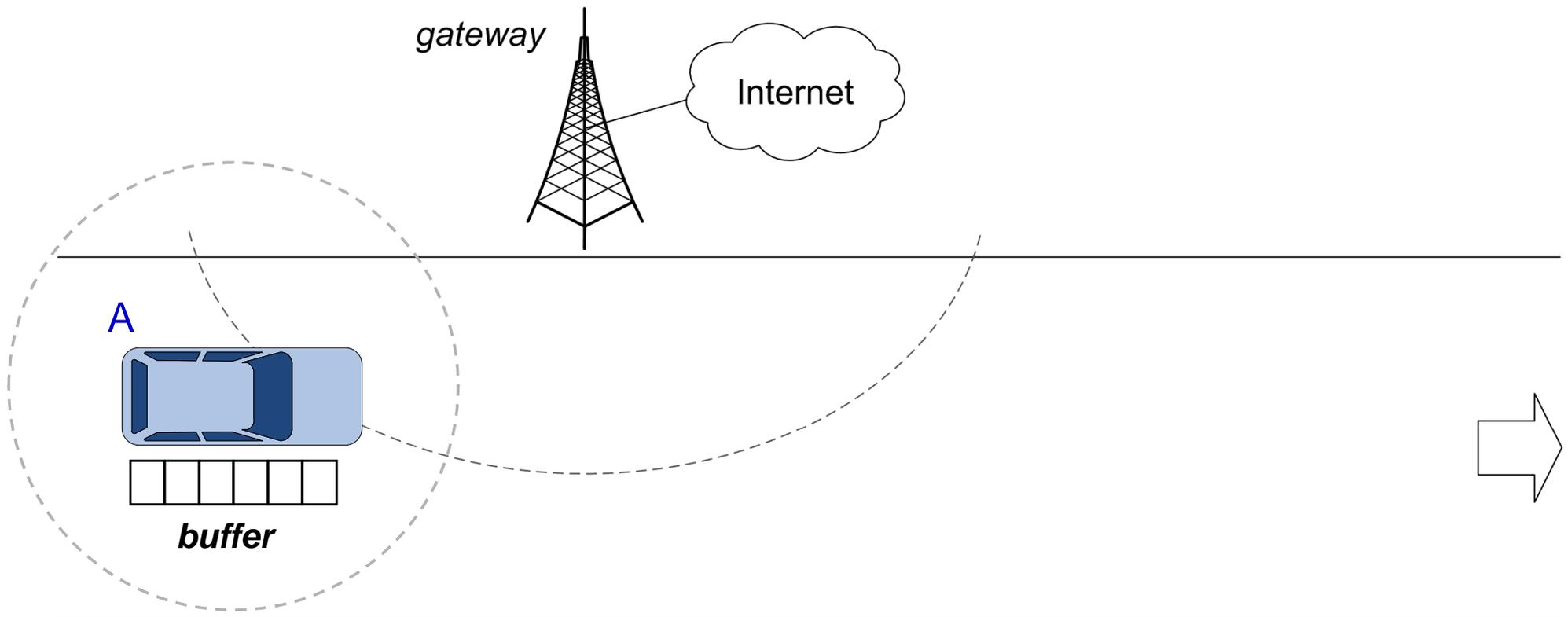
Alerta sobre Fechamento de Semáforo



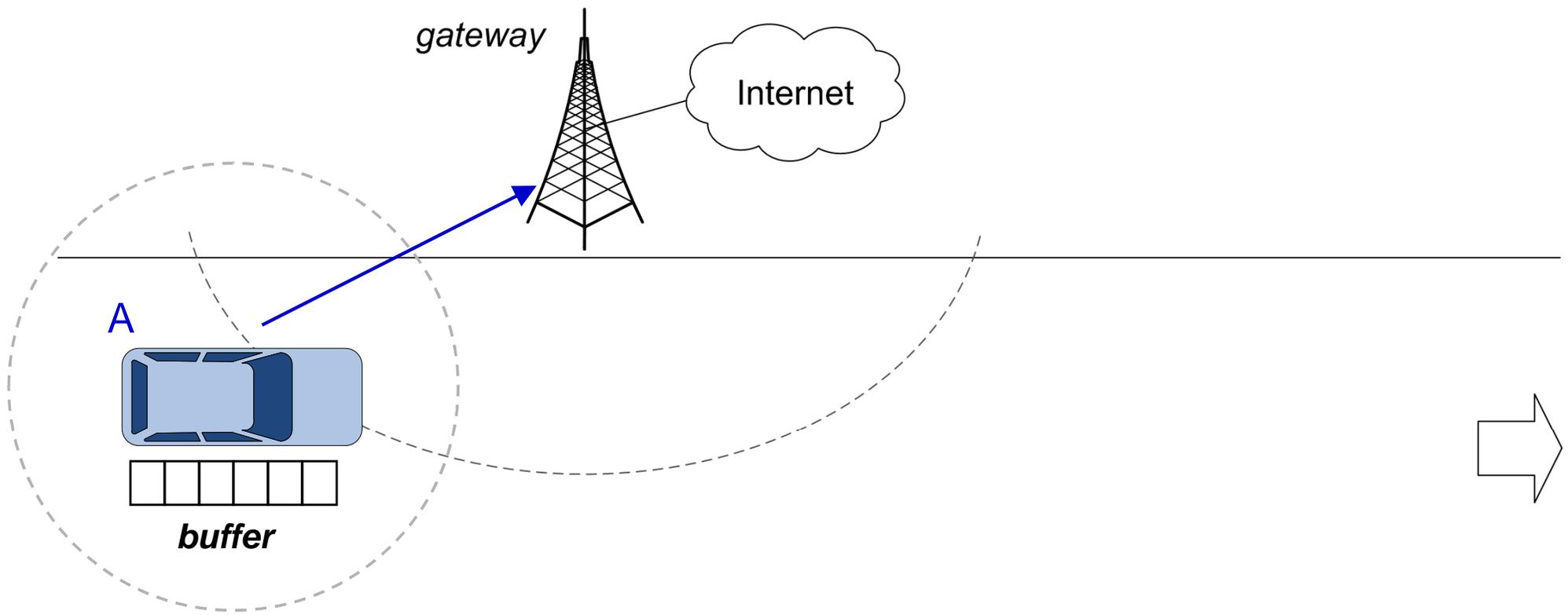
Aviso sobre Curva Perigosa ou Condições Adversas



CarTorrent

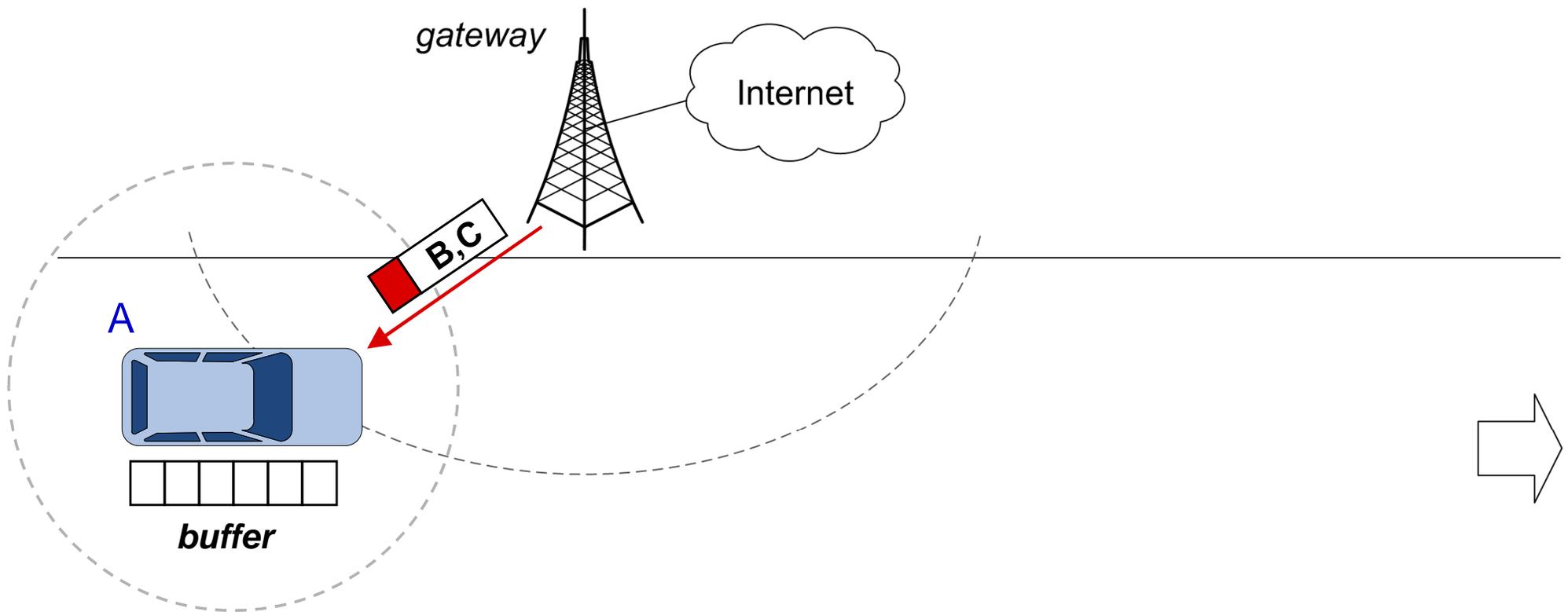


CarTorrent



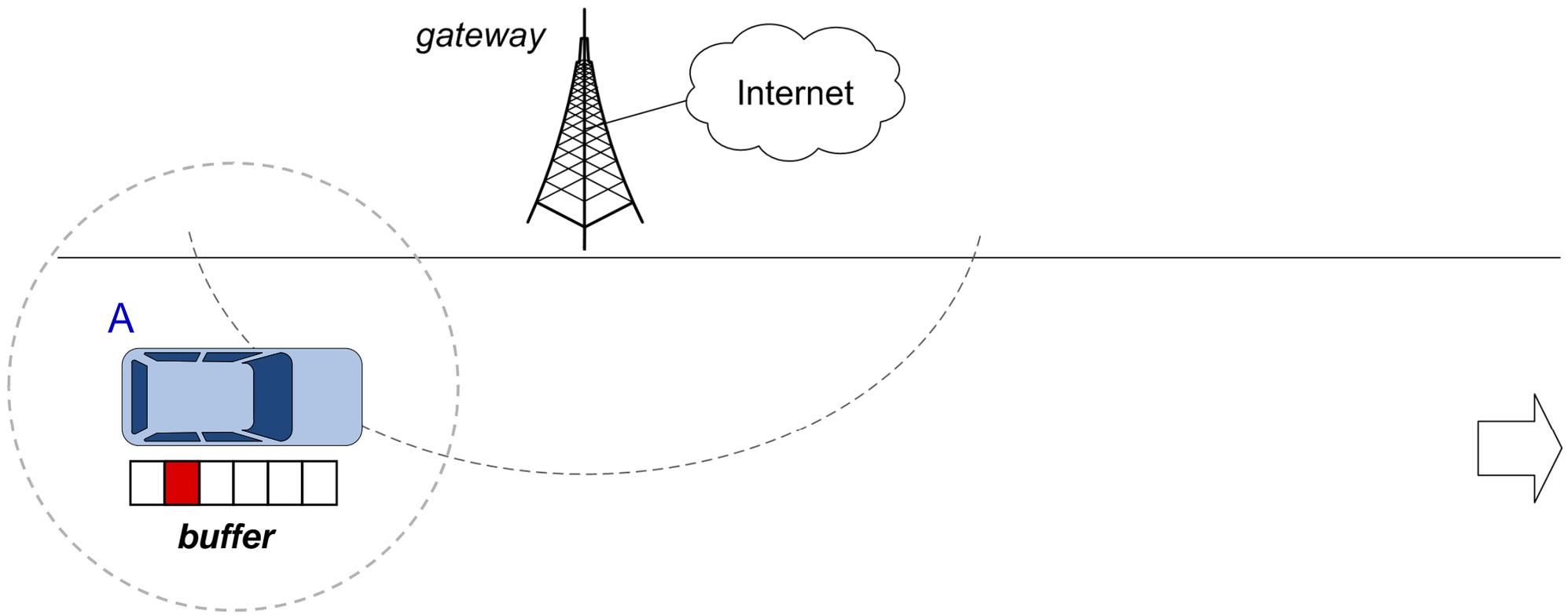
Nó A entra no alcance do *gateway* e solicita o arquivo desejado

CarTorrent



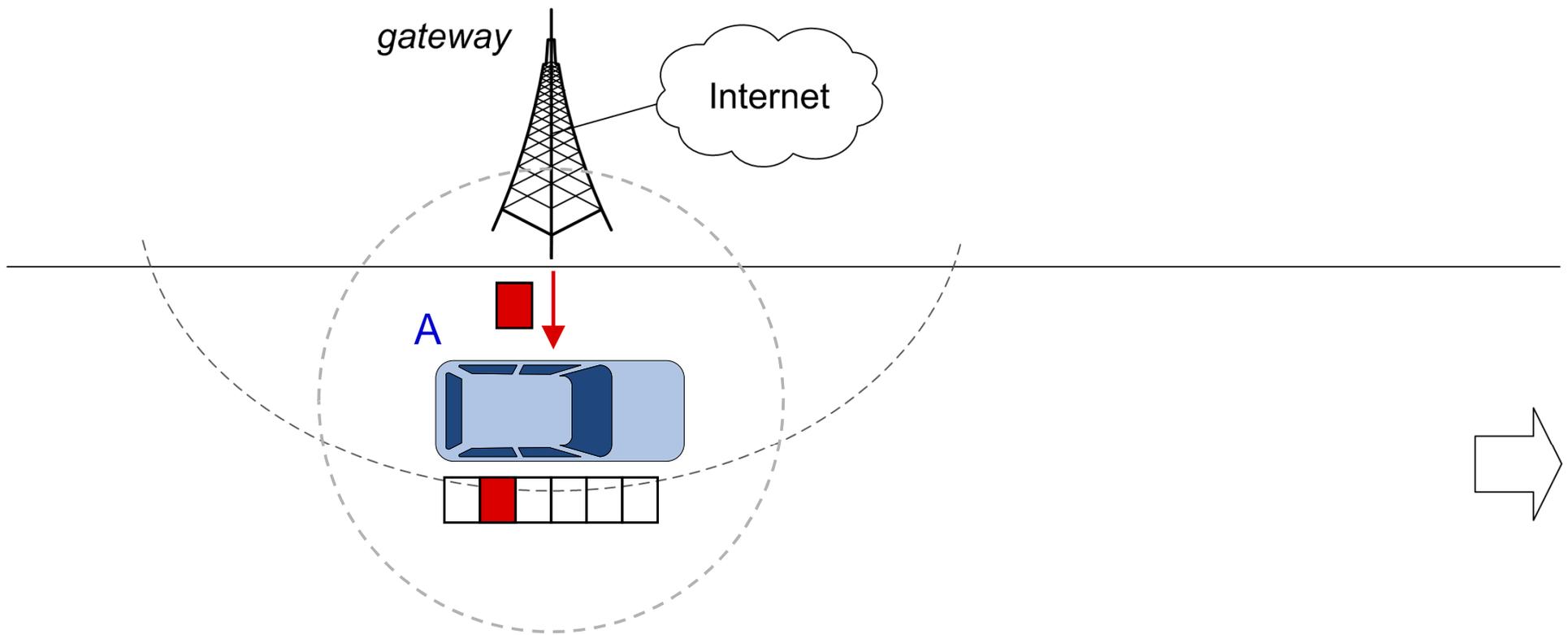
O *gateway* envia um pedaço do arquivo para A e uma lista de nós que recentemente solicitaram o mesmo arquivo

CarTorrent



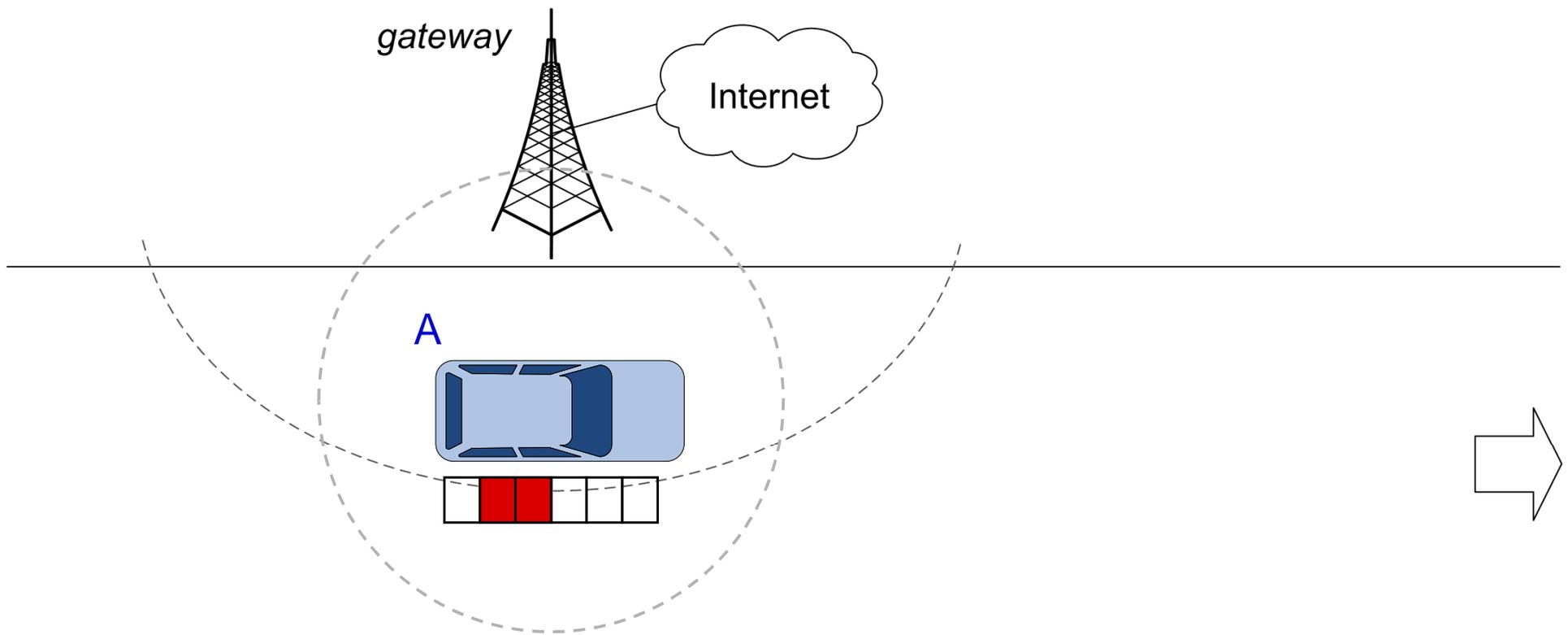
Ao receber o pedaço, o nó A o armazena no *buffer*

CarTorrent



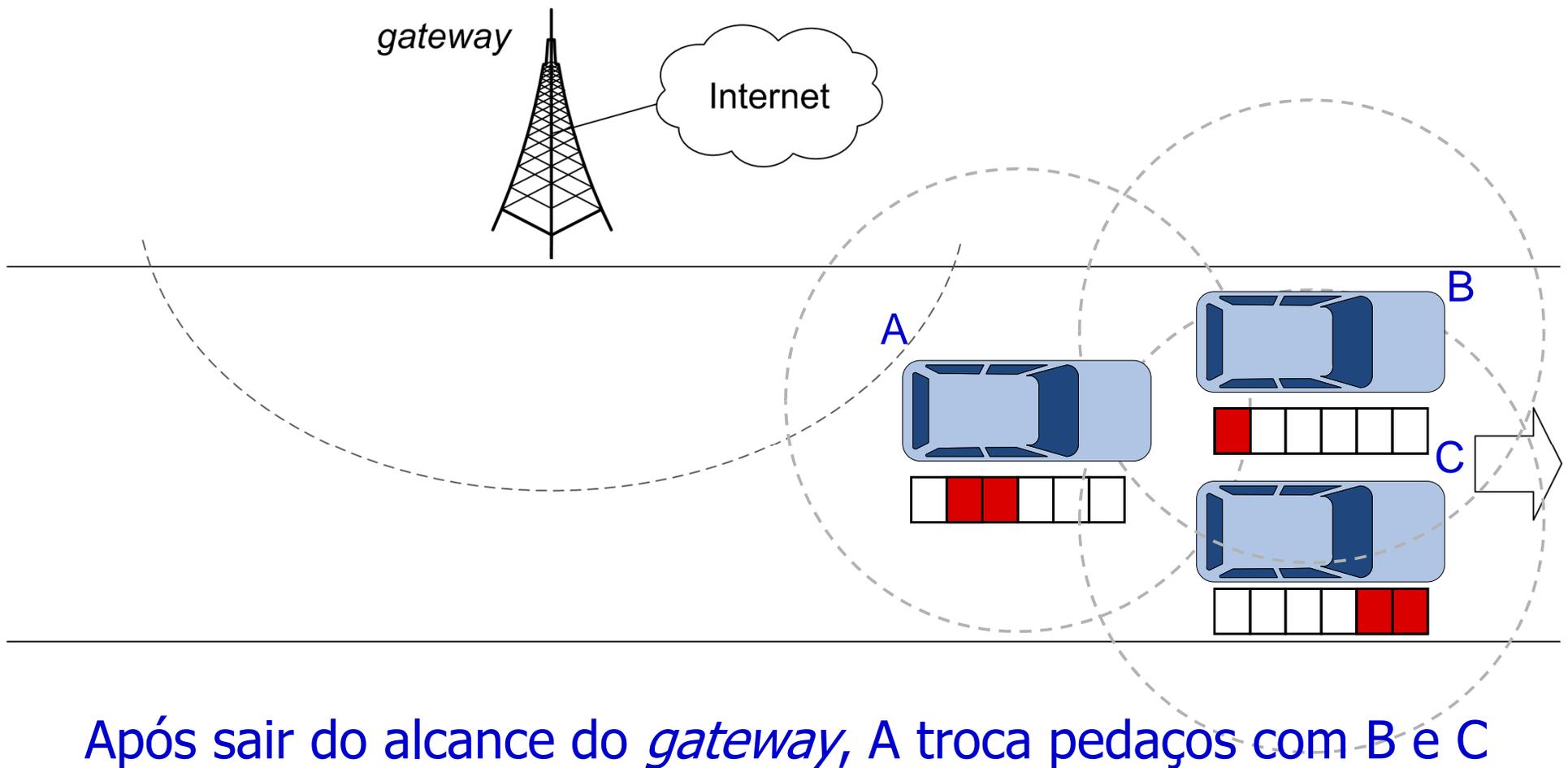
Enquanto A está no alcance do *gateway*, novos pedaços são recebidos e armazenados no *buffer*

CarTorrent

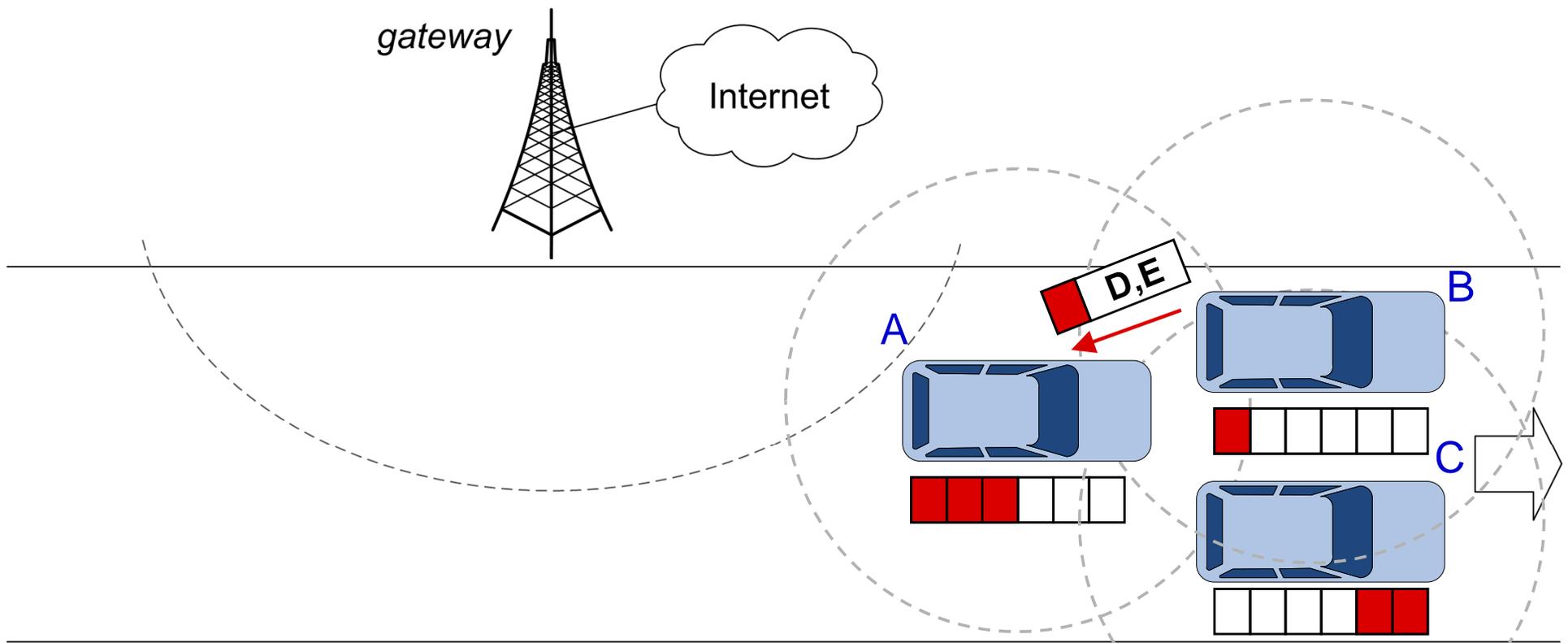


Enquanto A está no alcance do *gateway*, novos pedaços são recebidos e armazenados no *buffer*

CarTorrent

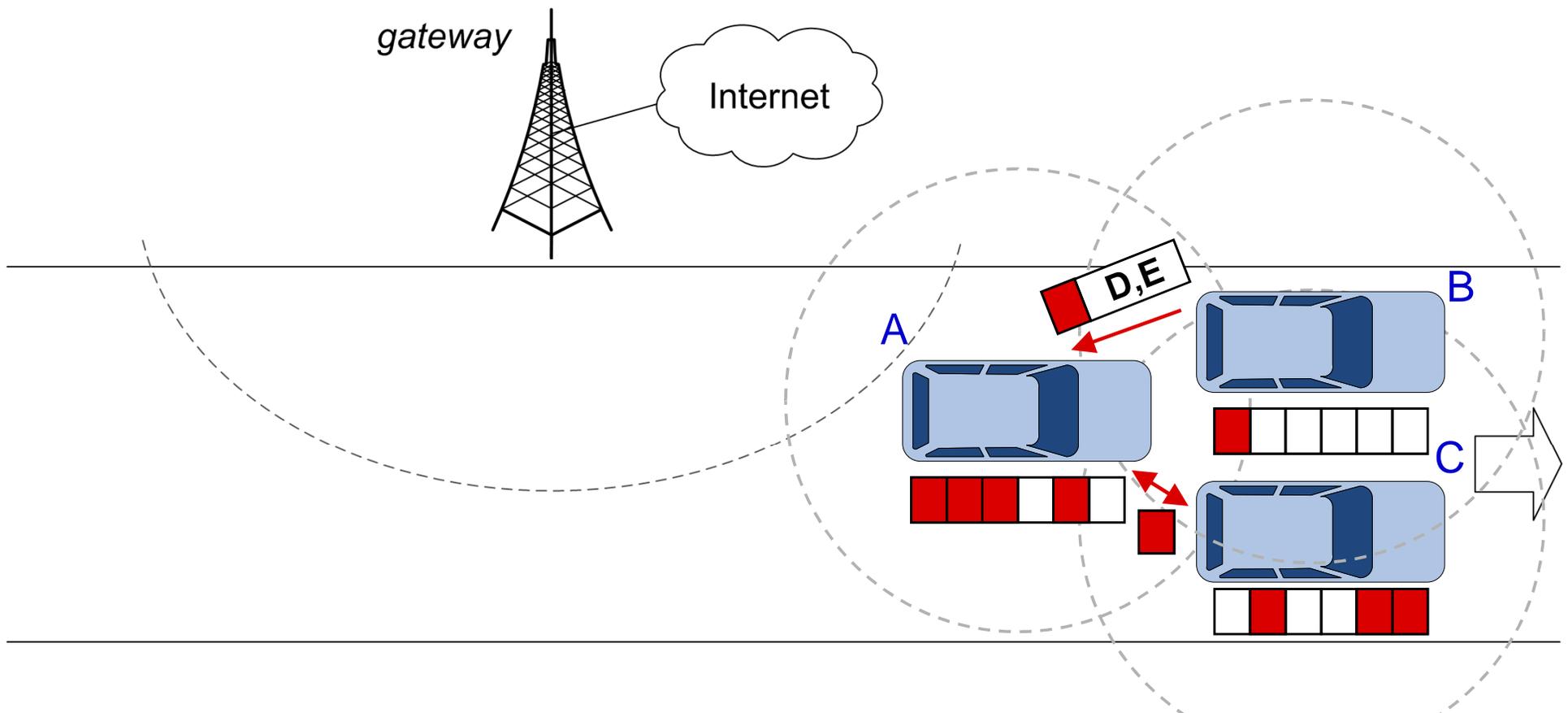


CarTorrent



Após sair do alcance do *gateway*, A troca pedaços com B e C

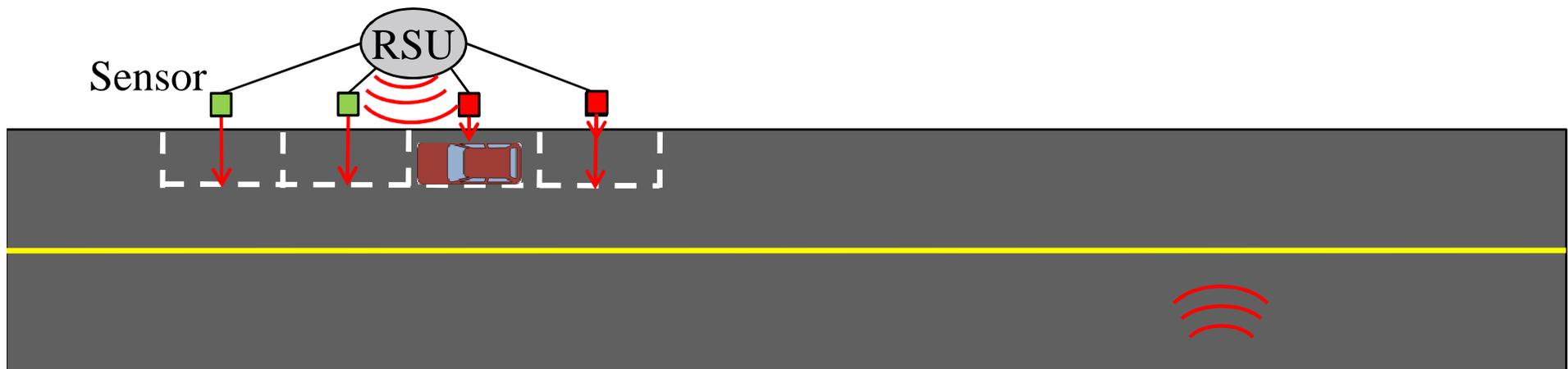
CarTorrent



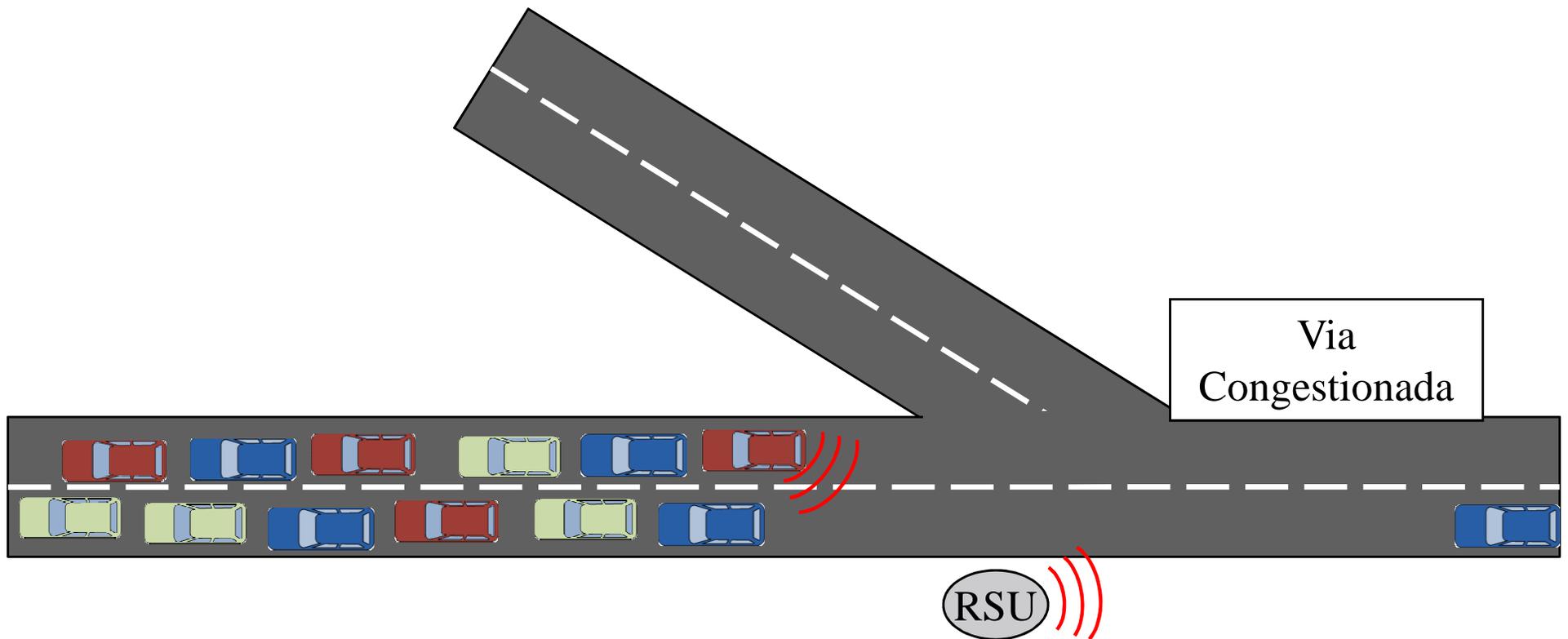
Após sair do alcance do *gateway*, A troca pedaços com B e C

Aviso de Estacionamentos

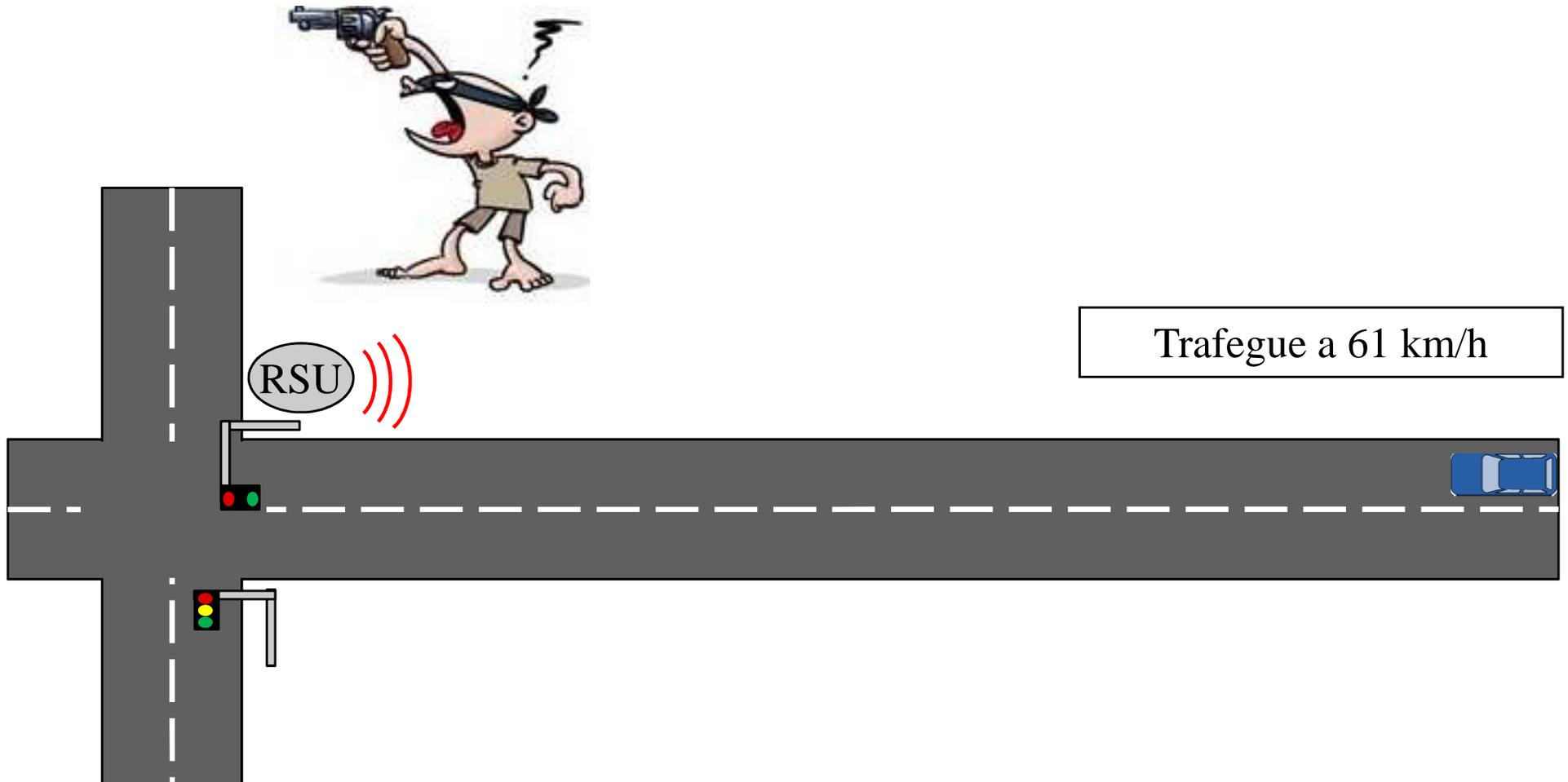
- Sensores verificam a disponibilidade de vagas
- RSU transmite quais vagas estão disponíveis
- Veículos retransmitem para veículos mais distantes
- Veículos que pretendem estacionar não precisam procurar por vagas



Controle de Tráfego



Auxílio em Cruzamentos



- Escalabilidade
 - Devem operar com milhares ou poucos nós
- Qualidade de serviço e segurança da informação
 - Devem suportar aplicações em tempo real
 - **Segurança no trânsito**
 - **Aplicações que ponham em risco a integridade humana**

- Auxílio à ultrapassagem
 - Funcionamento correto



- Auxílio à ultrapassagem
 - Funcionamento malicioso
 - Inserção de mensagens falsas



- Alta mobilidade dos nós
- Dinamismo dos cenários
- Escalabilidade
- **Adoção em larga escala... enquanto não há**
 - Perda frequente de conectividade
 - Tempo reduzido de contato

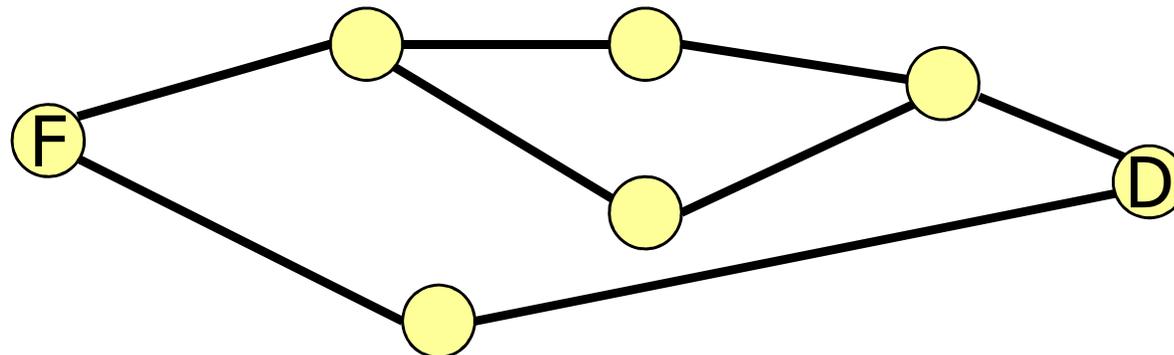
- Alta mobilidade dos nós
- Dinamismo dos cenários

Características de uma Rede Tolerante a Atrasos e Desconexões (DTN)

- **Aplicação em larga escala... enquanto não há**
 - Perda frequente de conectividade
 - Tempo reduzido de contato

Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões ou DTNs (*Delay-Tolerant Networks*)

- **Projeto baseado em suposições típicas de redes cabeadas convencionais**
- **Algumas premissas necessárias para o seu bom funcionamento**
 - Caminho fim-a-fim entre fonte e destino
 - Atrasos de comunicação relativamente pequenos
 - Baixa taxa de erros
 - Mecanismos de retransmissão efetivos



Ambientes “Desafiadores”

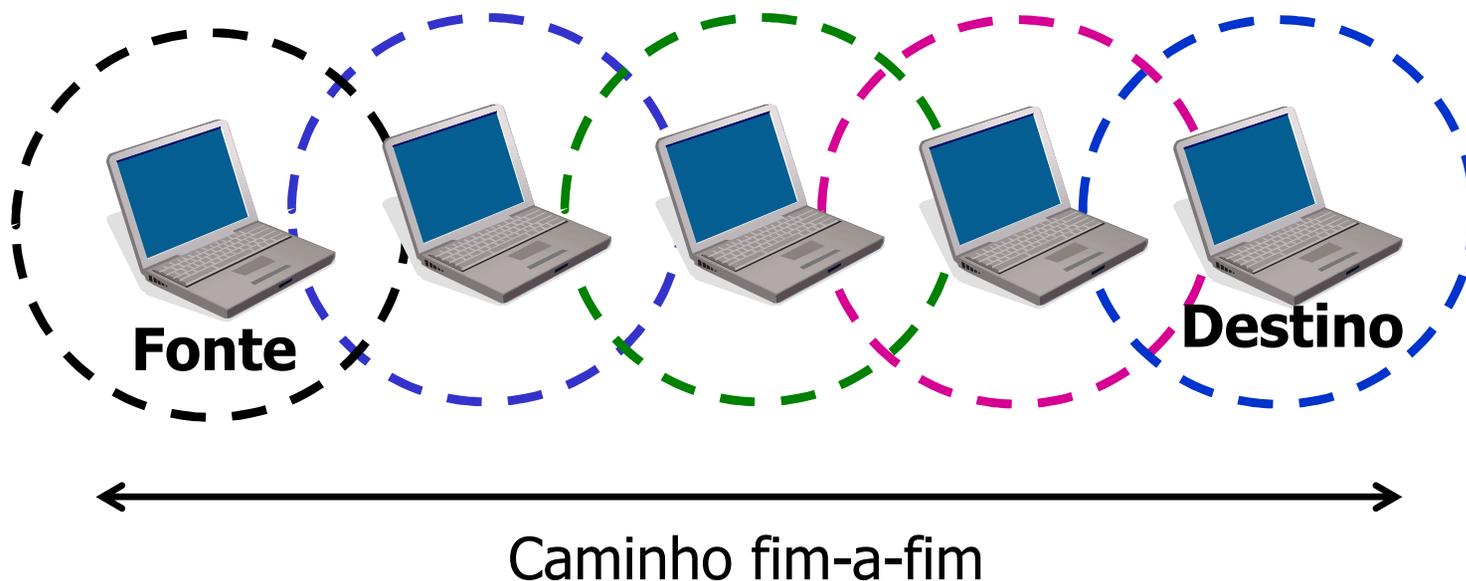
- **Exemplos**

- Comunicações sem fio
- Comunicações entre dispositivos móveis
- Comunicações entre dispositivos com restrições de bateria
- Comunicações rurais
- Comunicações em campo de batalha
- Comunicações submarinas
- Comunicações interplanetárias

- **Tornam o modelo TCP/IP inadequado e pouco robusto**

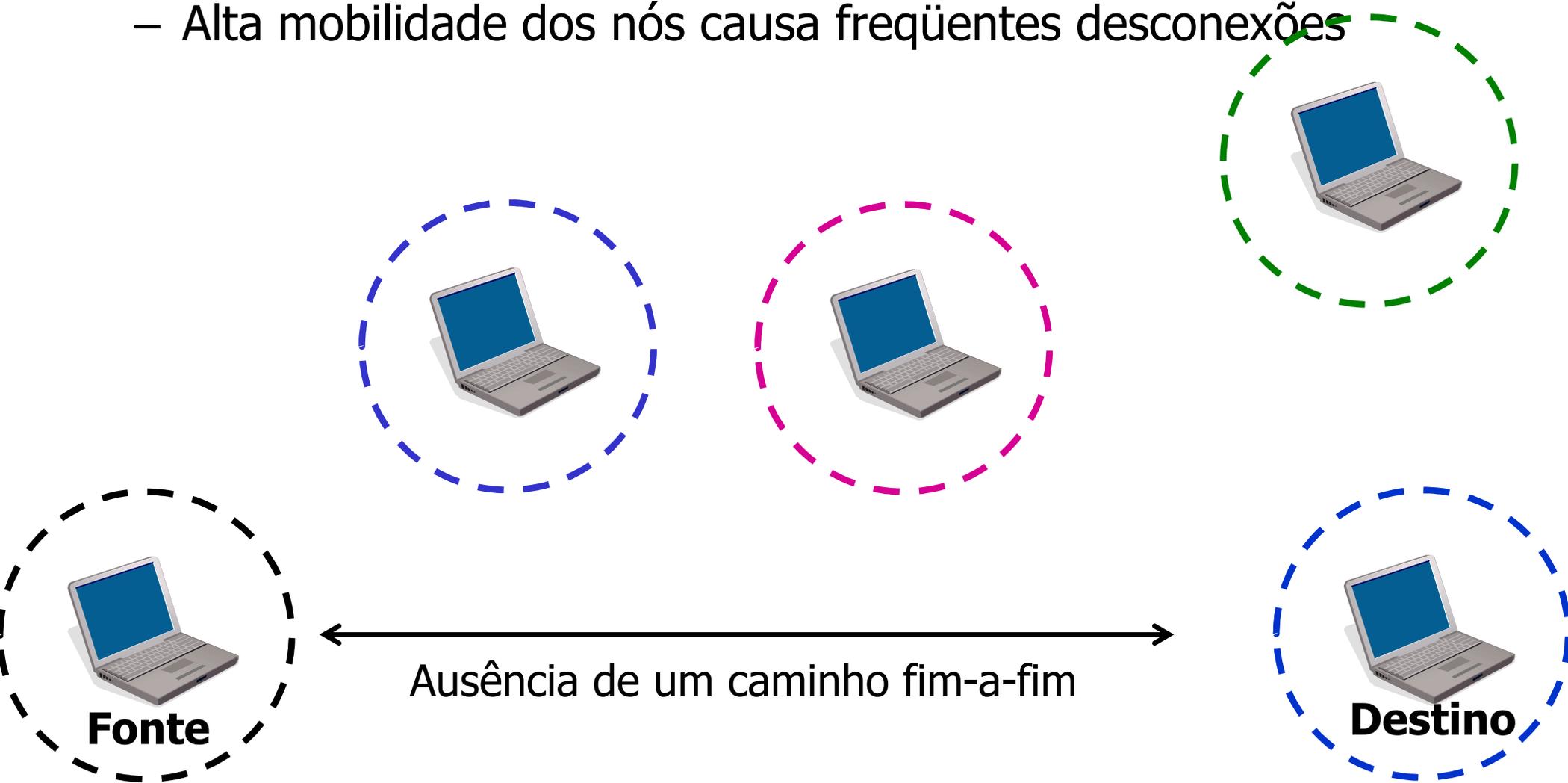
Ambientes “Desafiadores”

- **Cenário 1: *Mobile Ad hoc NETWORKS (MANETS)***
 - Alta mobilidade dos nós causa freqüentes desconexões



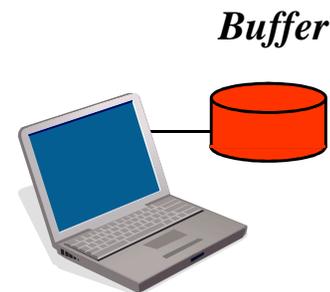
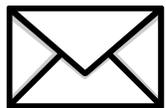
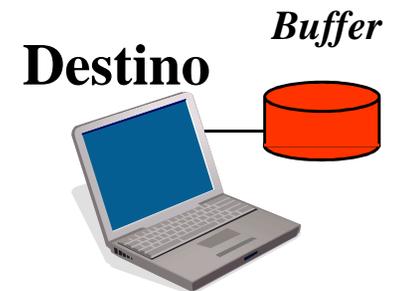
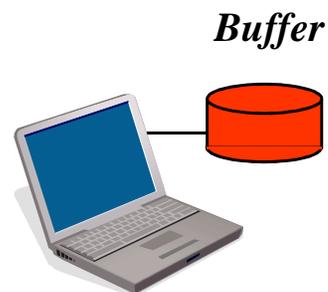
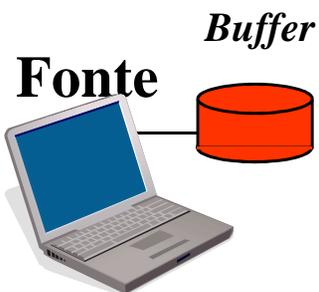
Ambientes “Desafiadores”

- **Cenário 1: *Mobile Ad hoc NETWORKS (MANETS)***
 - Alta mobilidade dos nós causa freqüentes desconexões



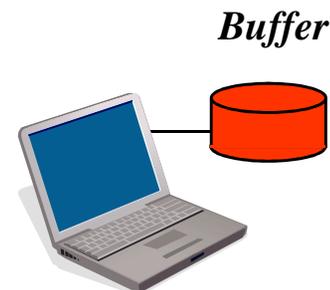
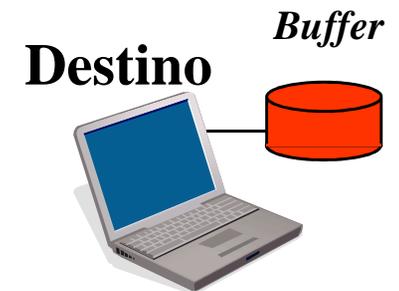
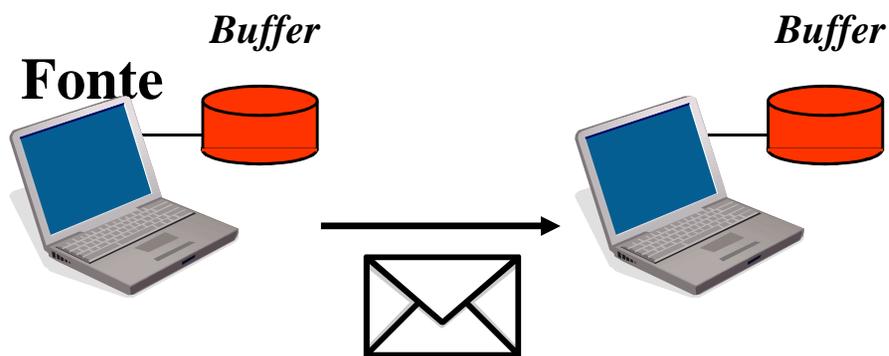
Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões

- **Redes do tipo armazena-e-encaminha (*store-and-forward*)**



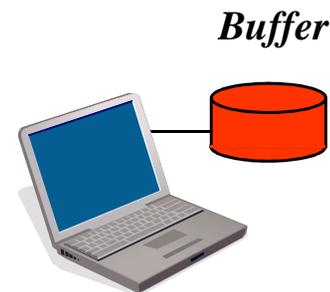
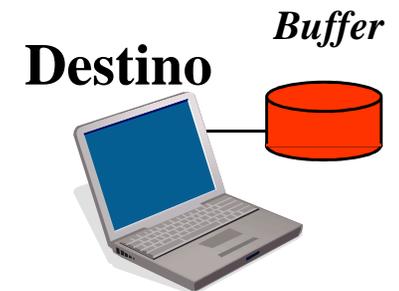
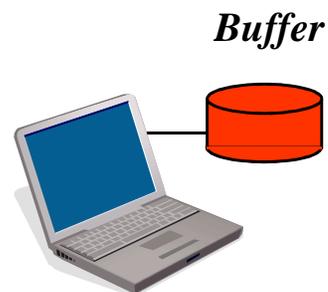
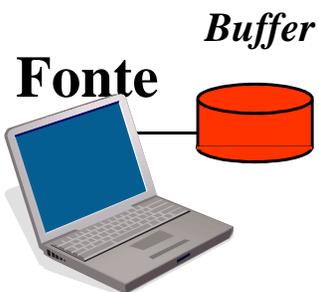
Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões

- Redes do tipo armazena-e-encaminha (*store-and-forward*)



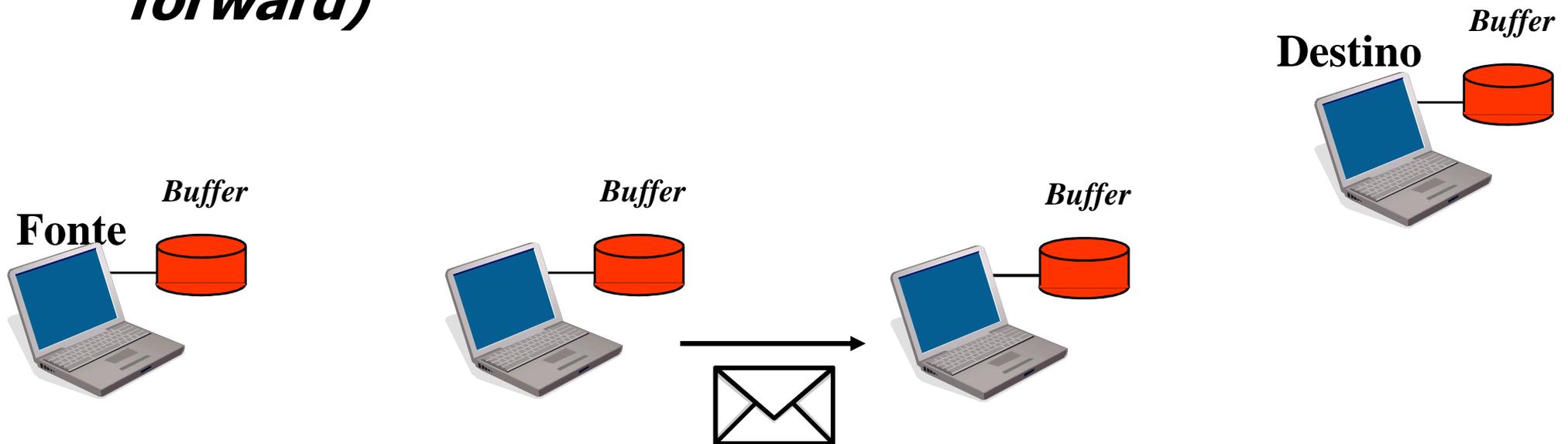
Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões

- **Redes do tipo armazena-e-encaminha (*store-and-forward*)**



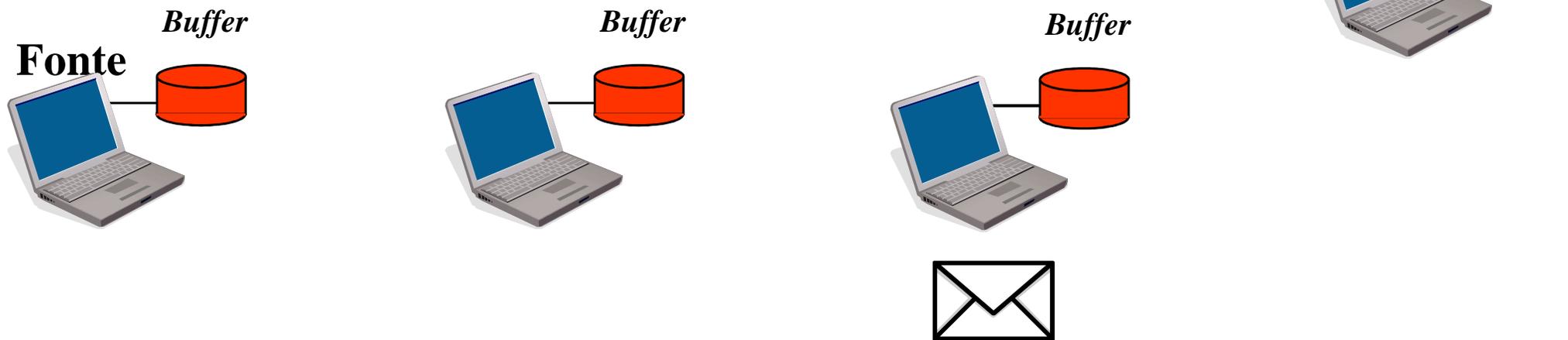
Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões

- **Redes do tipo armazena-e-encaminha (*store-and-forward*)**



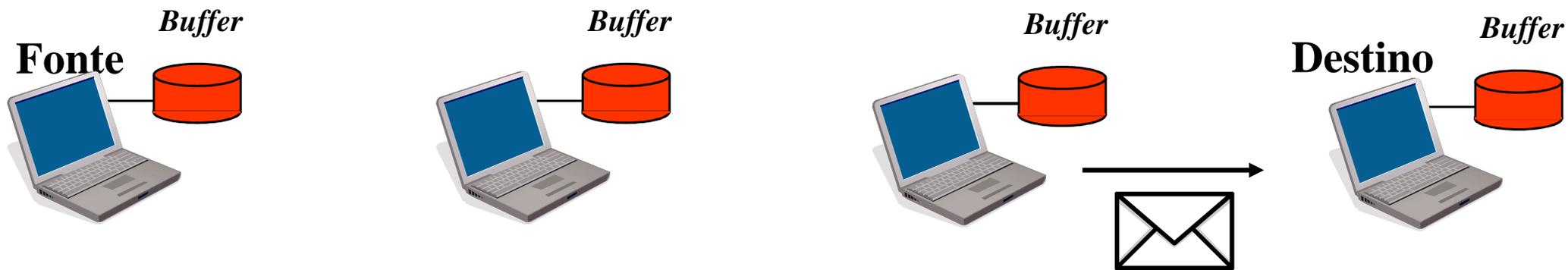
Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões

- Redes do tipo armazena-e-encaminha (*store-and-forward*)



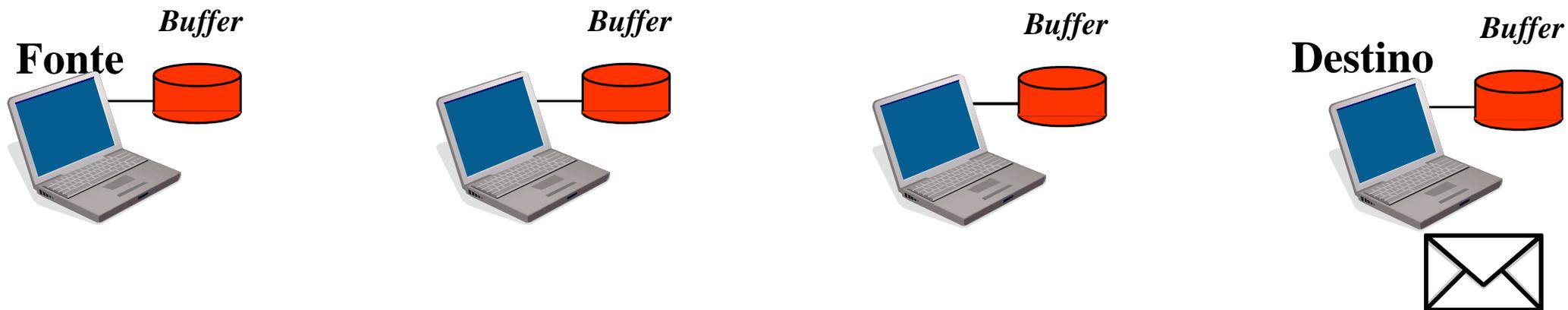
Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões

- **Redes do tipo armazena-e-encaminha (*store-and-forward*)**



Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões

- **Redes do tipo armazena-e-encaminha (*store-and-forward*)**



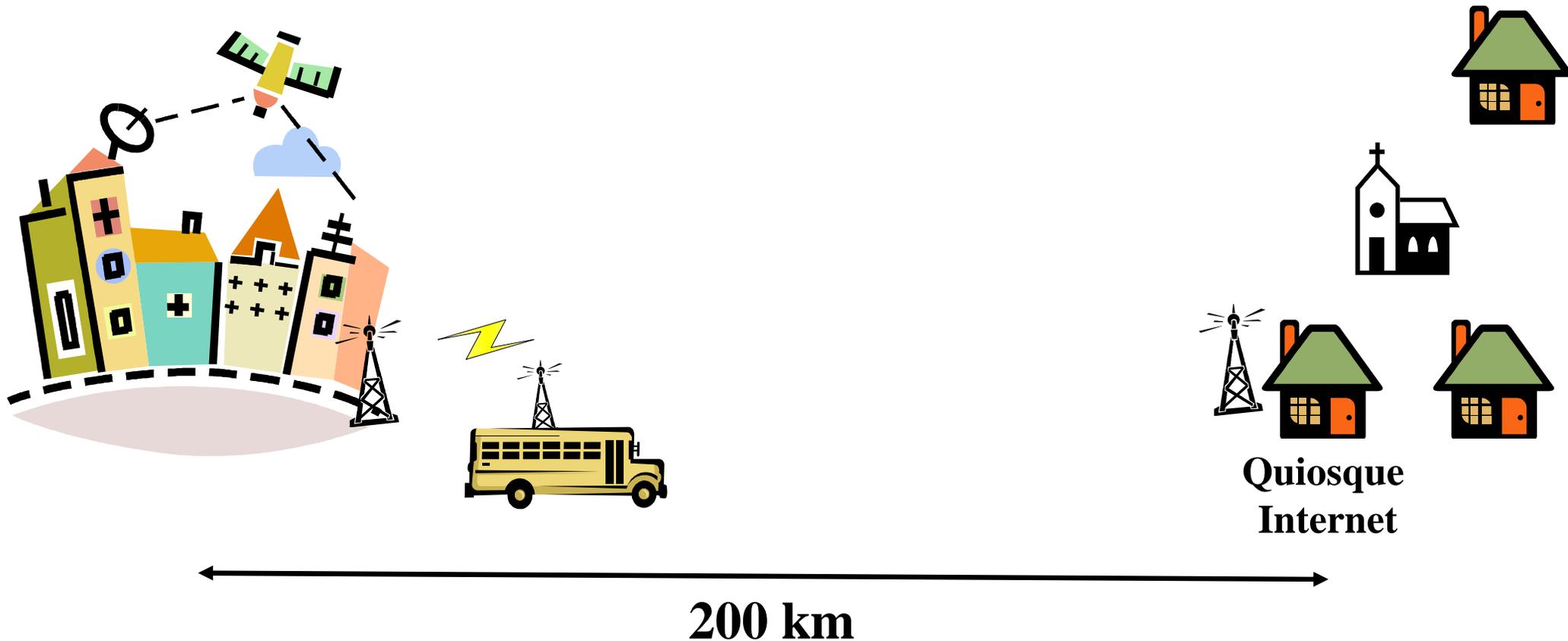
Tipos de Contato

- **Contatos previsíveis**

- Nós fazem previsões sobre o horário e a duração dos contatos
- Utilizam históricos de contatos previamente realizados
- Exemplo
 - Rede rural esparsa

Tipos de Contato

- **Contatos previsíveis**



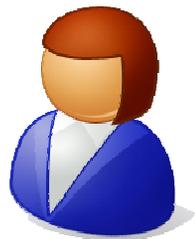
Tipos de Contato

- **Contatos oportunistas**

- Ocorrem diante de encontros não previamente programados
- Obtêm vantagens de contatos realizados totalmente ao acaso
- Nós desconhecem informações acerca do estado, da localização ou dos padrões de mobilidade dos outros nós



Maria



Paula

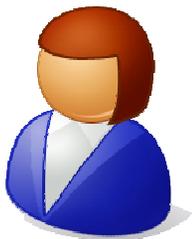
Tipos de Contato

- **Contatos oportunistas**

- Ocorrem diante de encontros não previamente programados
- Obtêm vantagens de contatos realizados totalmente ao acaso
- Nós desconhecem informações acerca do estado, da localização ou dos padrões de mobilidade dos outros nós



Maria



Paula

Tipos de Contato

- **Contatos oportunistas**

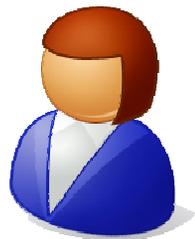
- Ocorrem diante de encontros não previamente programados
- Obtêm vantagens de contatos realizados totalmente ao acaso
- Nós desconhecem informações acerca do estado, da localização ou dos padrões de mobilidade dos outros nós



Maria



Pedro



Paula



Tipos de Contato

- **Contatos oportunistas**

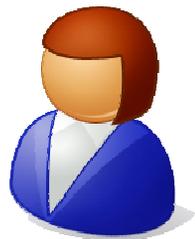
- Ocorrem diante de encontros não previamente programados
- Obtêm vantagens de contatos realizados totalmente ao acaso
- Nós desconhecem informações acerca do estado, da localização ou dos padrões de mobilidade dos outros nós



Maria



Pedro



Paula

Tipos de Contato

- **Contatos oportunistas**

- Ocorrem diante de encontros não previamente programados
- Obtêm vantagens de contatos realizados totalmente ao acaso
- Nós desconhecem informações acerca do estado, da localização ou dos padrões de mobilidade dos outros nós



Maria



Pedro



Paula



Tipos de Contato

- **Contatos oportunistas**

- Ocorrem diante de encontros não previamente programados
- Obtêm vantagens de contatos realizados totalmente ao acaso
- Nós desconhecem informações acerca do estado, da localização ou dos padrões de mobilidade dos outros nós



Maria



Pedro



Paula



Tipos de Contato

- **Contatos oportunistas**

- Ocorrem diante de encontros não previamente programados
- Obtêm vantagens de contatos realizados totalmente ao acaso
- Nós desconhecem informações acerca do estado, da localização ou dos padrões de mobilidade dos outros nós



Maria



Pedro



Paula



Conectividade Intermitente

- **Contatos oportunistas**

- *Pocket Switched Network* (PSN)

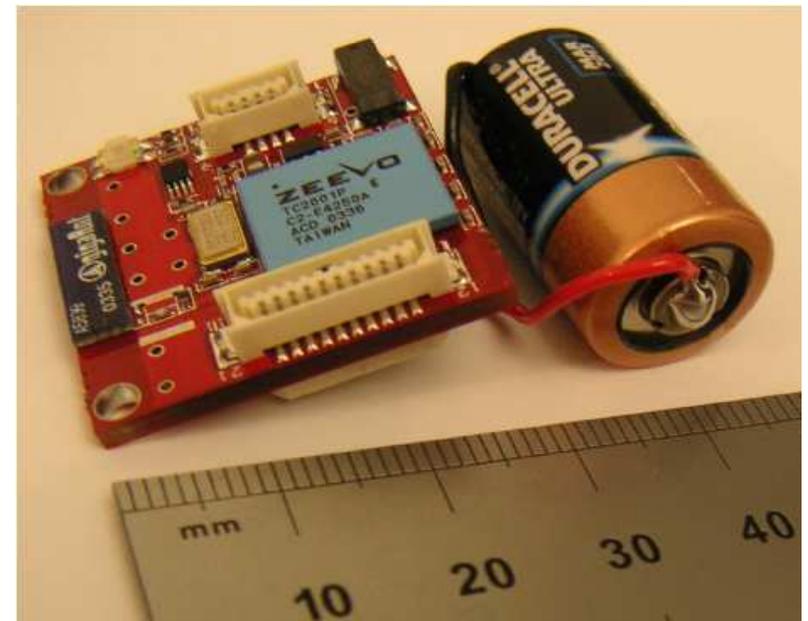
- Modelo de redes que atua dentro do contexto de DTN
 - Dispositivos eletrônicos sem fio
 - Celulares, laptops, PDA, etc.
 - Realizam a comunicação na ausência de uma conectividade fim-a-fim
 - Obtêm vantagem de qualquer oportunidade de transmissão ao longo do trajeto do dispositivo móvel

Tipos de Contato

- **Contatos oportunistas**

- *Pocket Switched Network (PSN)*

- Distribuição de um jornal eletrônico em *Cambridge* – Inglaterra



iMote

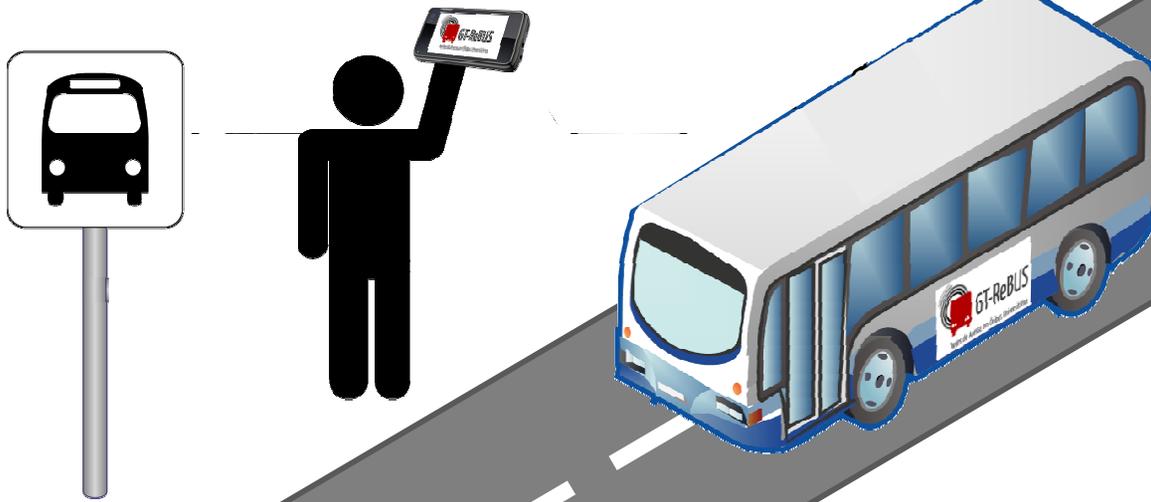
- Prover um serviço de acesso à Internet dentro de ônibus universitários
 - Usado por alunos, professores e funcionários
- Mais informações
 - <http://www.gta.ufrj.br/gt-rebus>



- Envio de mensagens
 - Aplicativo para envio de mensagens de e-mail do ônibus
 - Mensagens são enviadas quando o ônibus se conecta a um roteador da rede em malha sem-fio
- Obtenção de informativos
 - Aplicativo para obtenção de informativos armazenados no ônibus
 - Informativos são atualizados quando se conecta a um roteador da rede em malha sem-fio

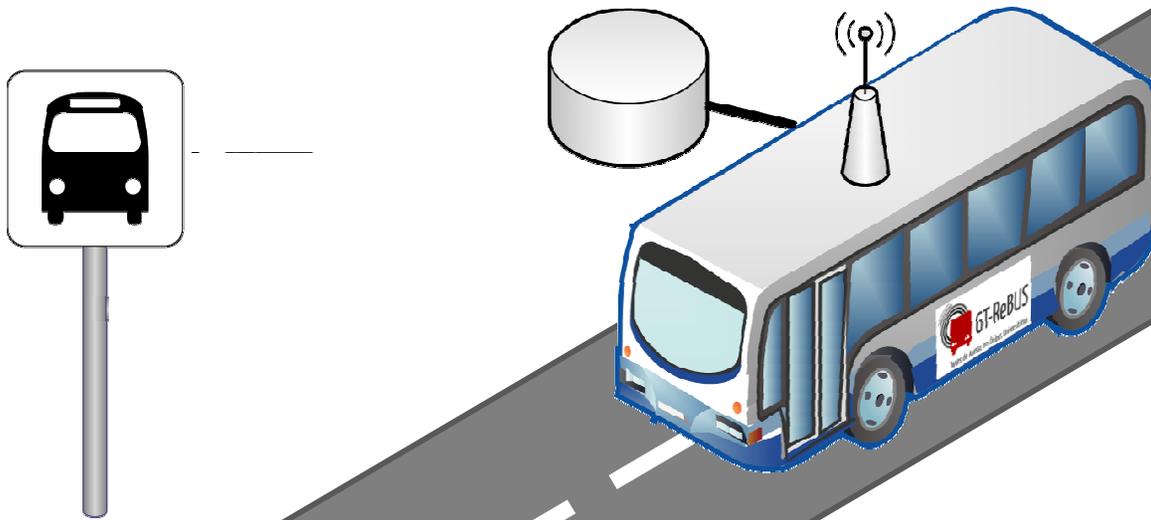
Protótipo do Serviço

- Nós clientes dos passageiros
 - Dispositivos com interface de rede sem-fio padrão IEEE 802.11

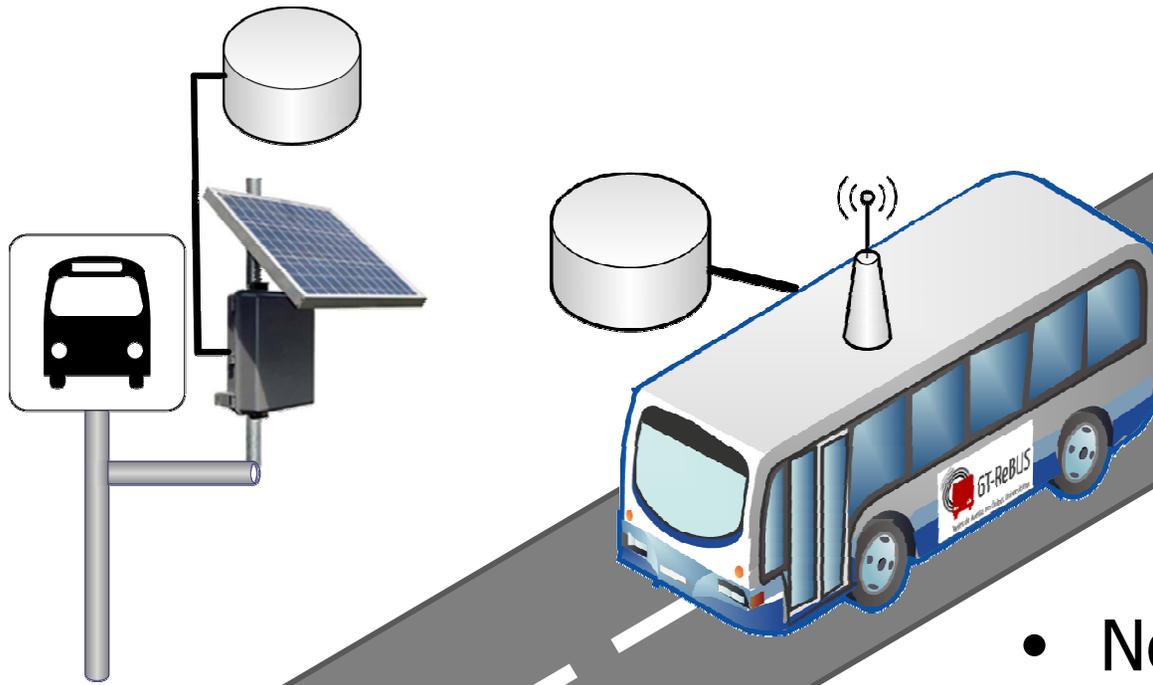


Protótipo do Serviço

- Nó móvel localizado no ônibus
 - Roteador sem-fio IEEE 802.11 com armazenamento persistente

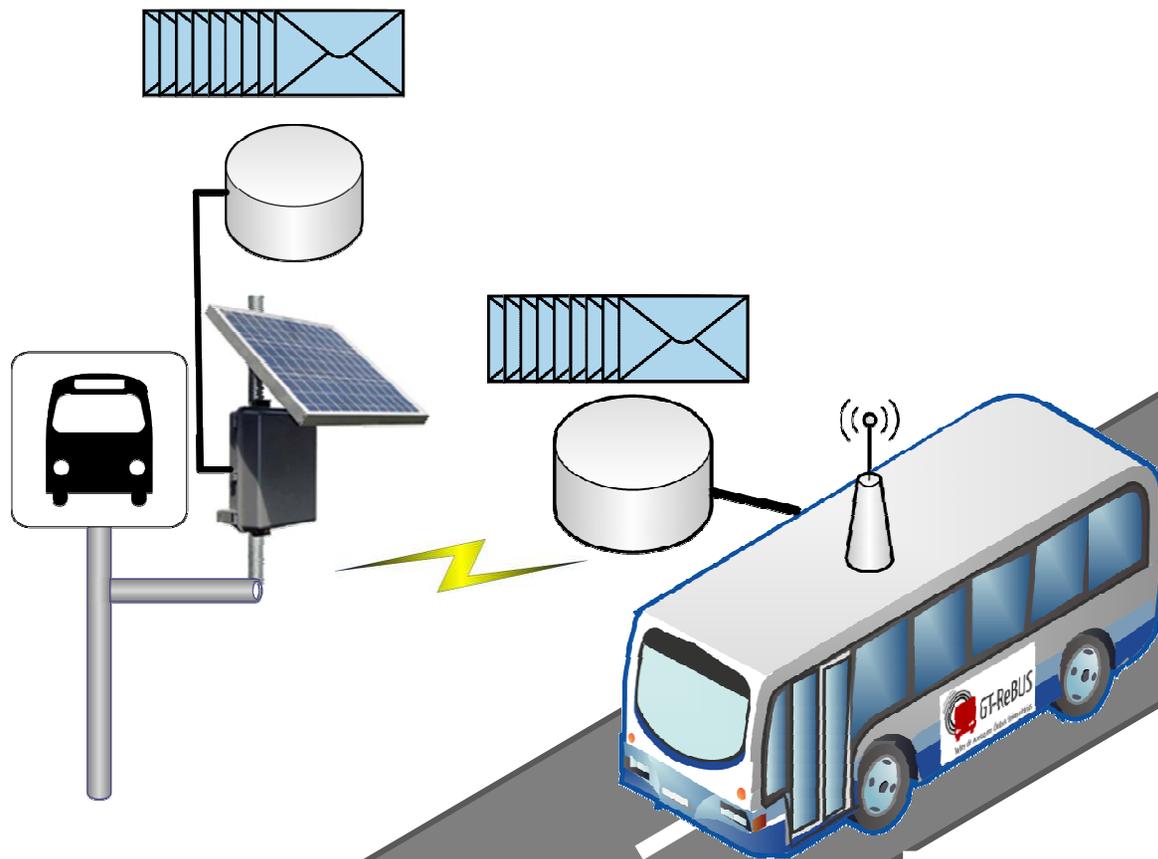


Protótipo do Serviço



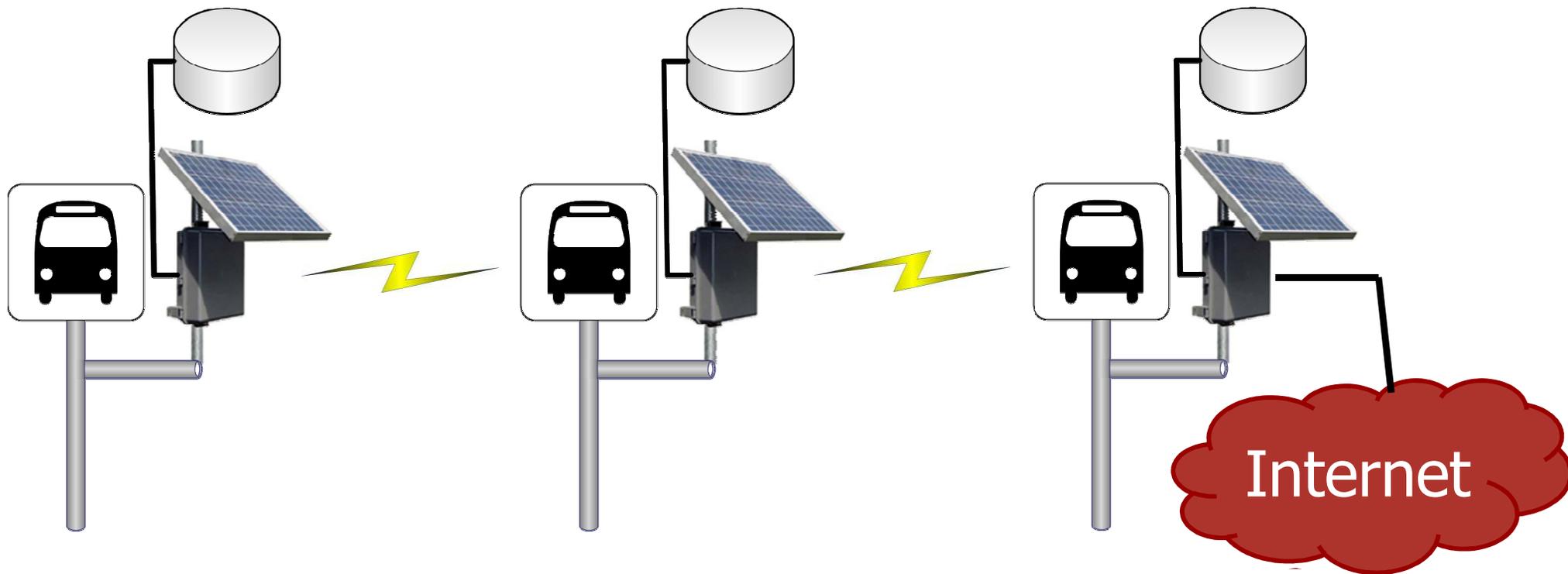
- Nó fixo de acostamento
 - Roteador sem-fio IEEE 802.11 alimentado por energia solar

Envio de Mensagens



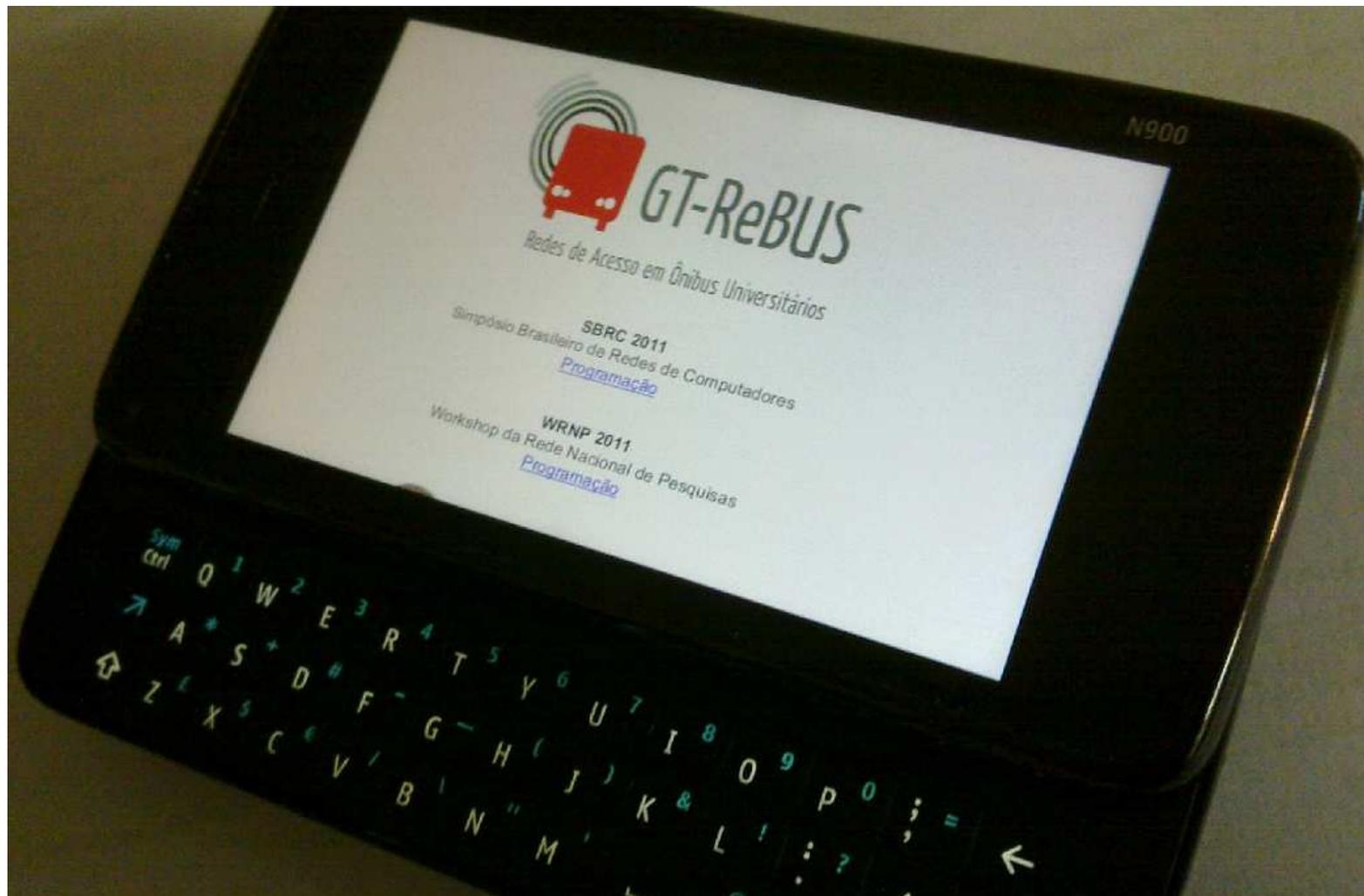
Acesso à Internet

- Rede em malha de múltiplos saltos





Nó Cliente



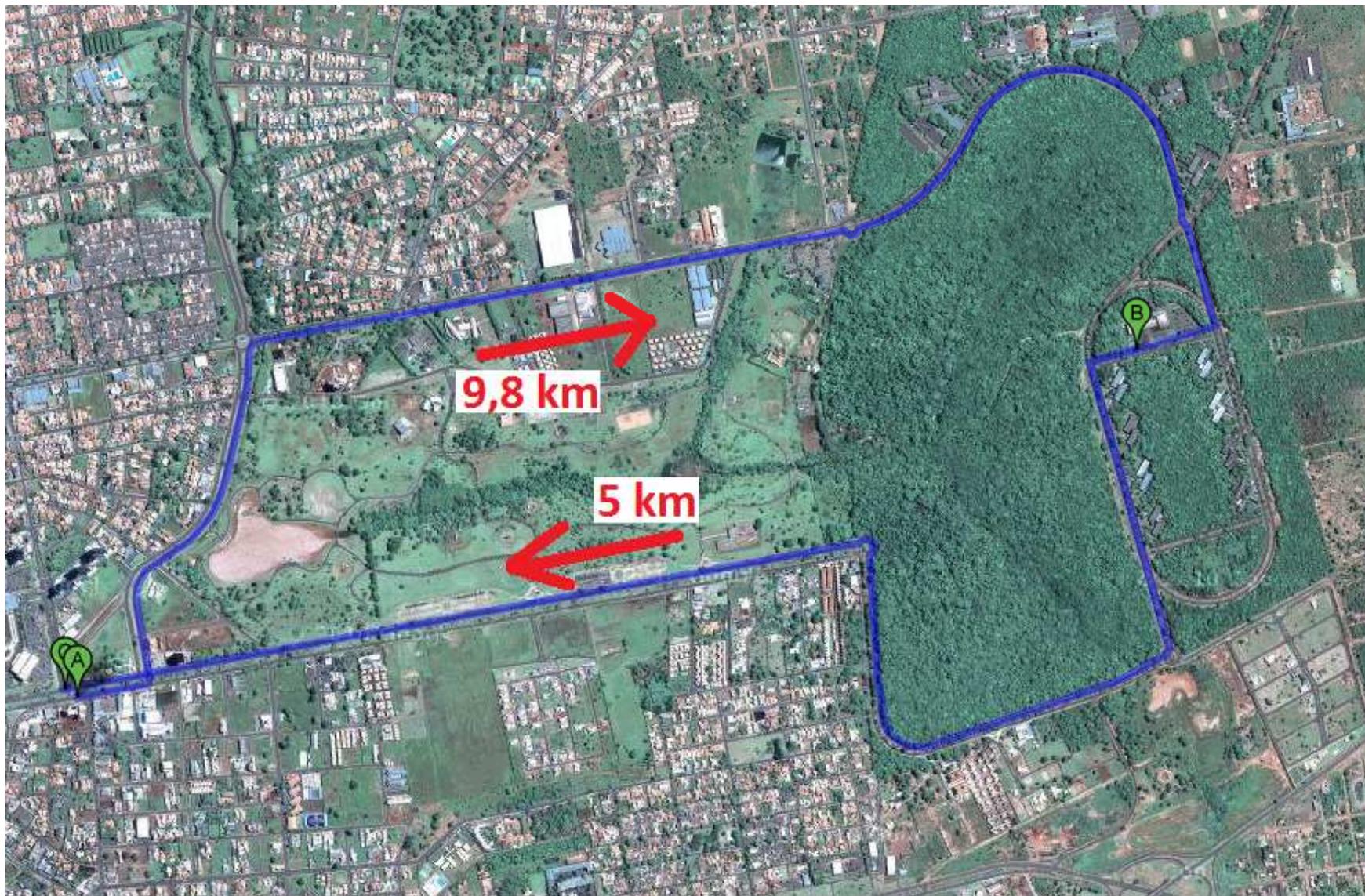
Nó Móvel



Nó Fixo



Cenário de Testes – SBRC 11



- **Comunicações de dados submarinas**
 - Não utiliza radiofrequência devido ao seu pequeno alcance na água
 - Alcance de uma tecnologia WiFi se mediria em centímetros
 - Redes acústicas
 - Usam sonares a taxas da ordem de 1 kbps para viabilizar a comunicação debaixo d'água
 - Meio de comunicação hostil → alta taxa de erros
 - Desvanecimento
 - Múltiplos caminhos
 - Reflexões (no fundo e na superfície do mar)

- **Comunicações de dados submarinas**
 - Barulho de um navio passando perto de uma rede inviabiliza qualquer transmissão por dezenas de minutos
 - Para uma mesma distância, o atraso de propagação do som na água é muito maior que o atraso para a luz no ar
 - Velocidade do som na água = 1500 m/s
 - Velocidade da luz no vácuo = 3×10^8 m/s

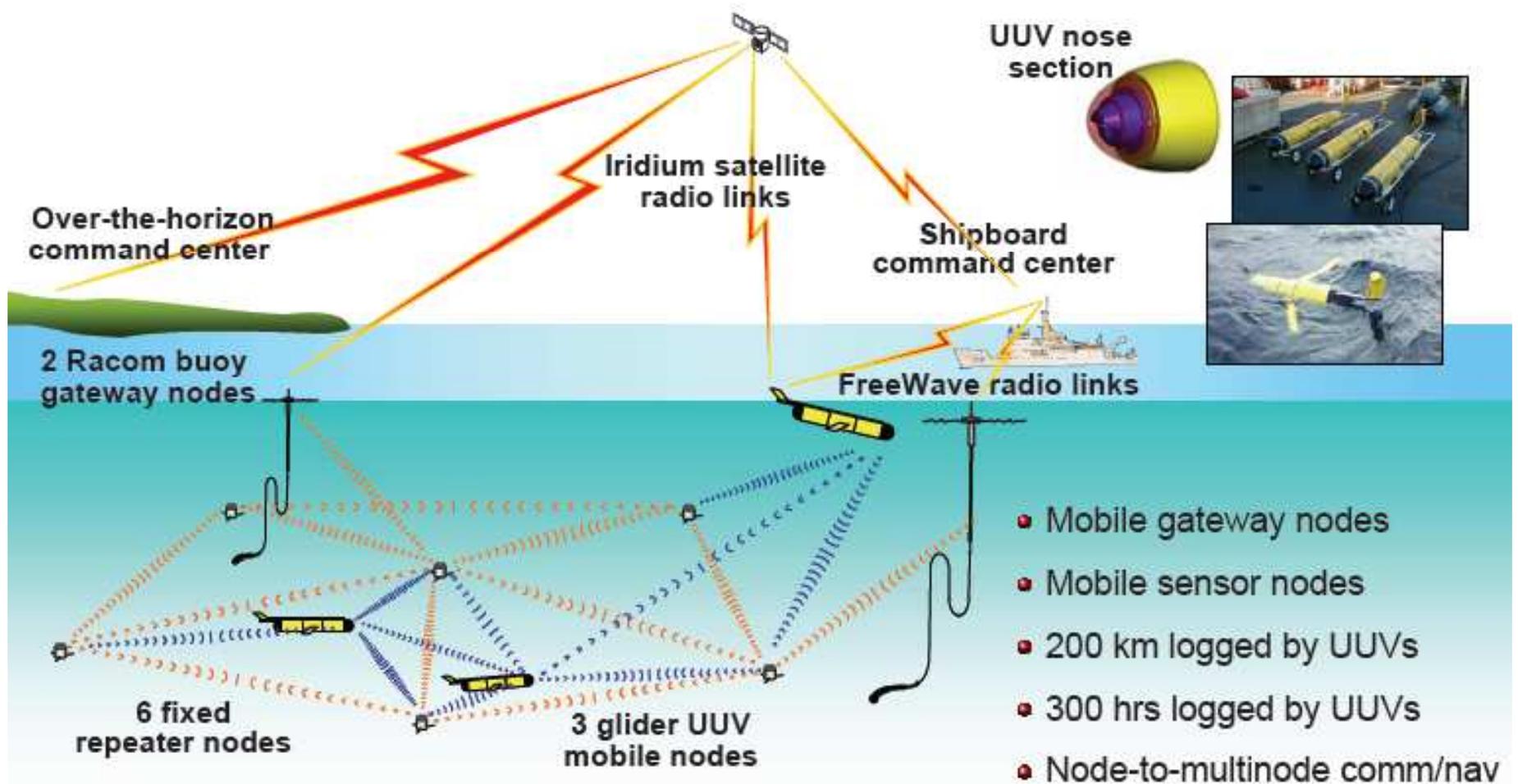
Interrupções + alta taxas de erros + longos atrasos → DTN

Aplicações e Projetos

- Projeto Seaweb
 - Marinha americana
 - Funcionalidades
 - Alcance
 - Localização
 - Navegação
 - Redes formadas por
 - Bóias
 - Veículos submarinos autônomos (AUVs)
 - Nós repetidores

Aplicações e Projetos

- Projeto Seaweb



Codificação de Rede ***(Network Coding)***

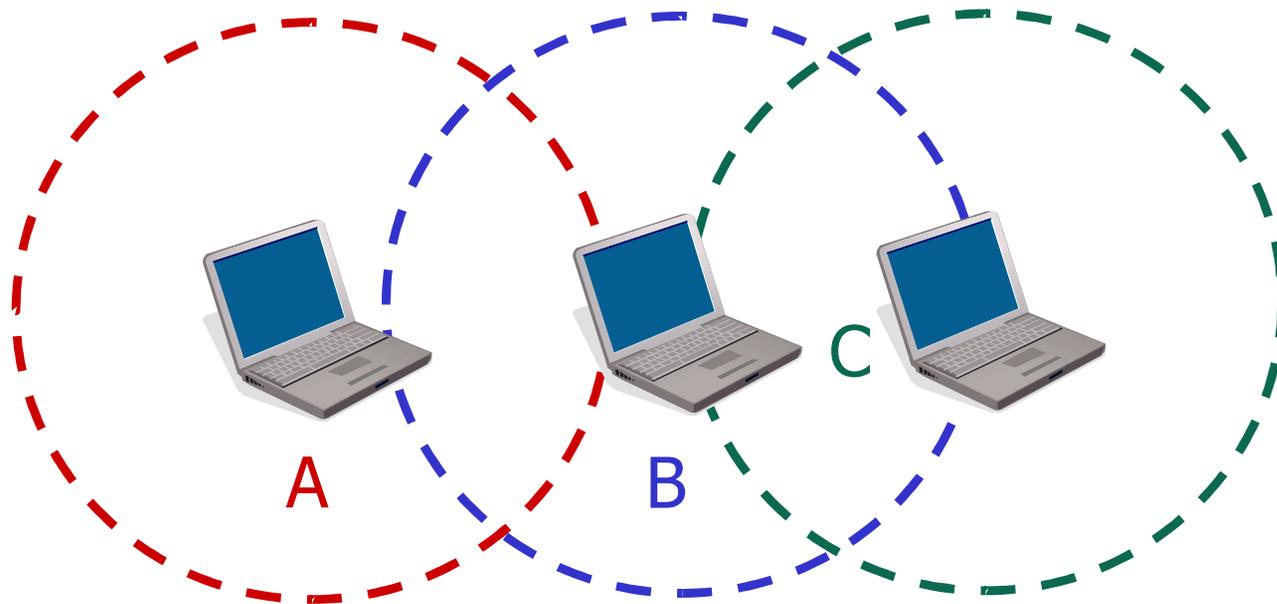
- Novo paradigma de encaminhamento
 - Nós intermediários podem **combinar** diferentes mensagens em uma única unidade de informação
 - Tradicionalmente, os nós intermediários apenas
 - Direcionam mensagens para portas de saída ou
 - Replicam as mensagens (*multicast* ou *broadcast*)



**Reduzir o número de transmissões
em redes sem fio**

Codificação de Rede

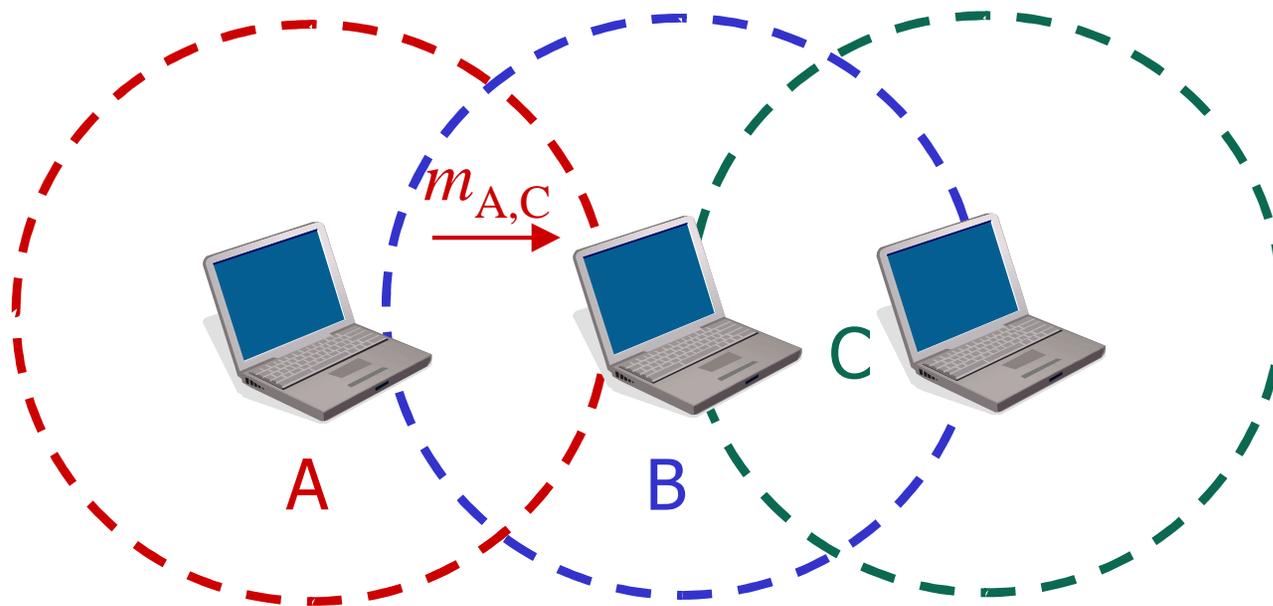
- Dois fluxos em sentidos opostos



Sem codificação, são necessárias duas transmissões por parte de B

Codificação de Rede

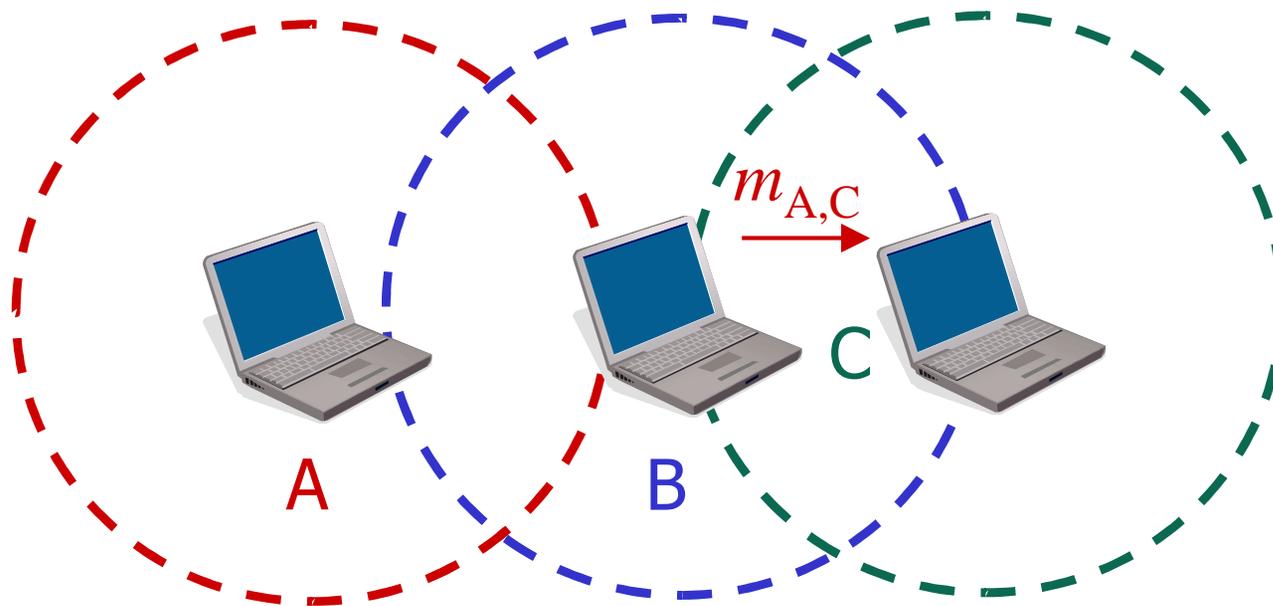
- Dois fluxos em sentidos opostos



Sem codificação, são necessárias duas transmissões por parte de B

Codificação de Rede

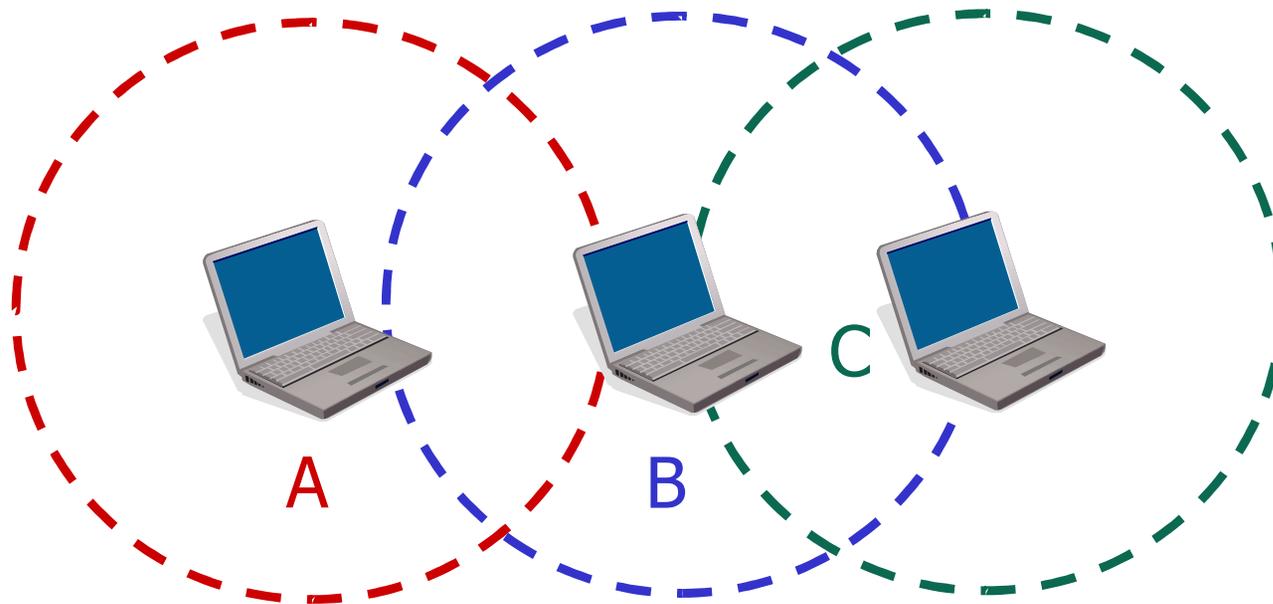
- Dois fluxos em sentidos opostos



Sem codificação, são necessárias duas transmissões por parte de B

Codificação de Rede

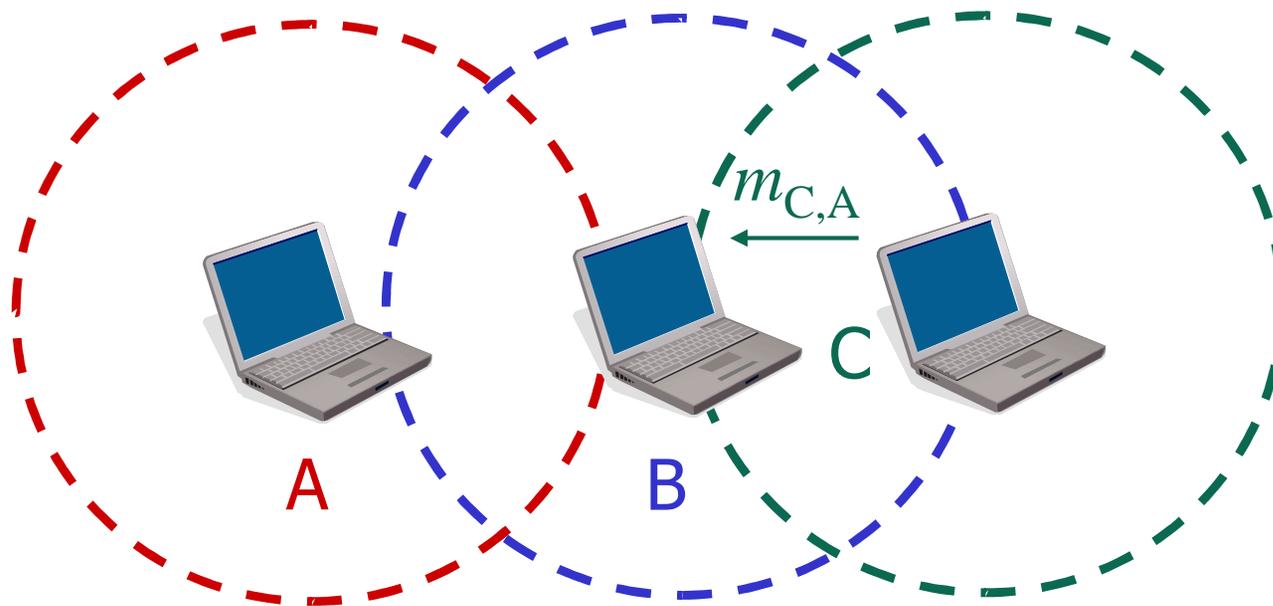
- Dois fluxos em sentidos opostos



Sem codificação, são necessárias duas transmissões por parte de B

Codificação de Rede

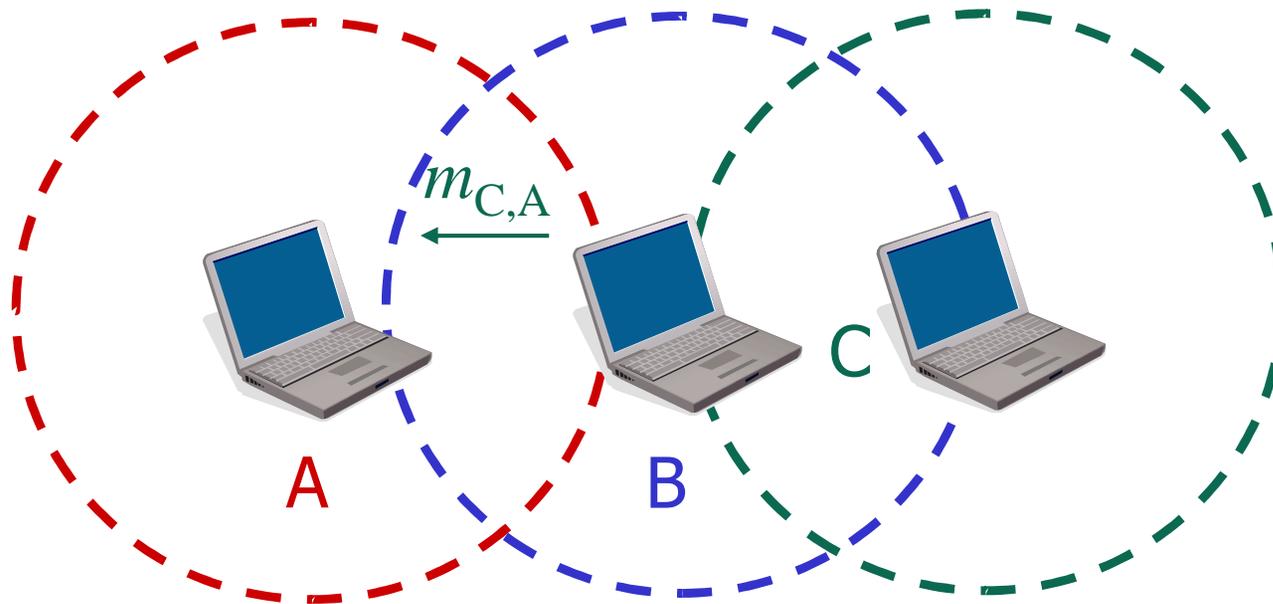
- Dois fluxos em sentidos opostos



Sem codificação, são necessárias duas transmissões por parte de B

Codificação de Rede

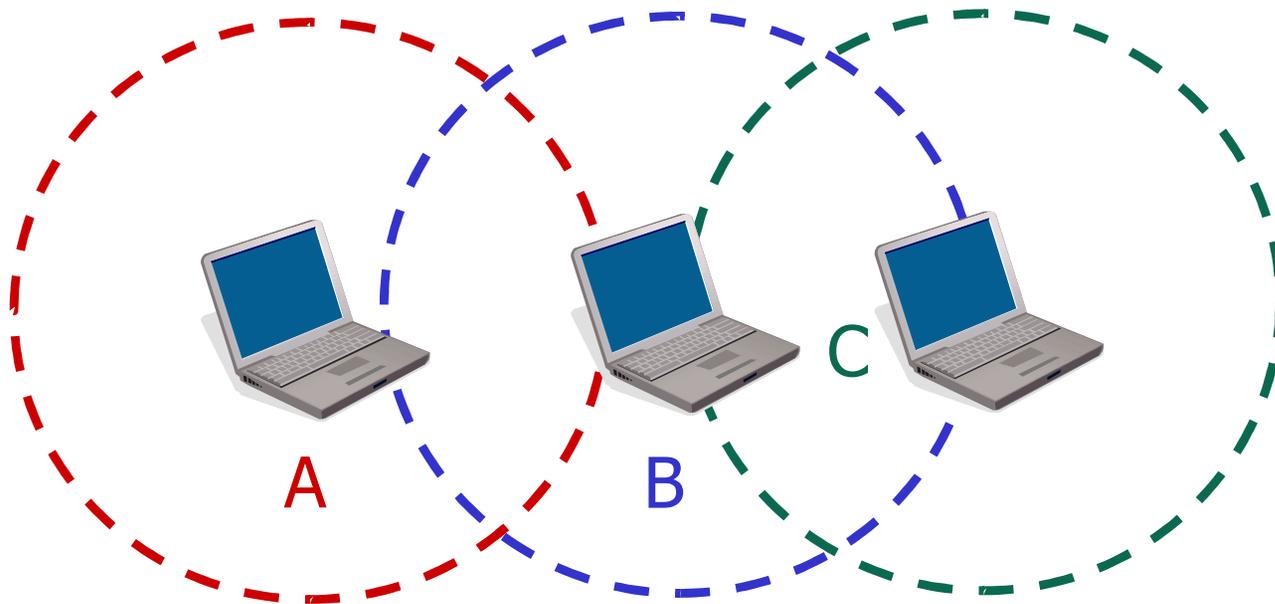
- Dois fluxos em sentidos opostos



Sem codificação, são necessárias duas transmissões por parte de B

Codificação de Rede

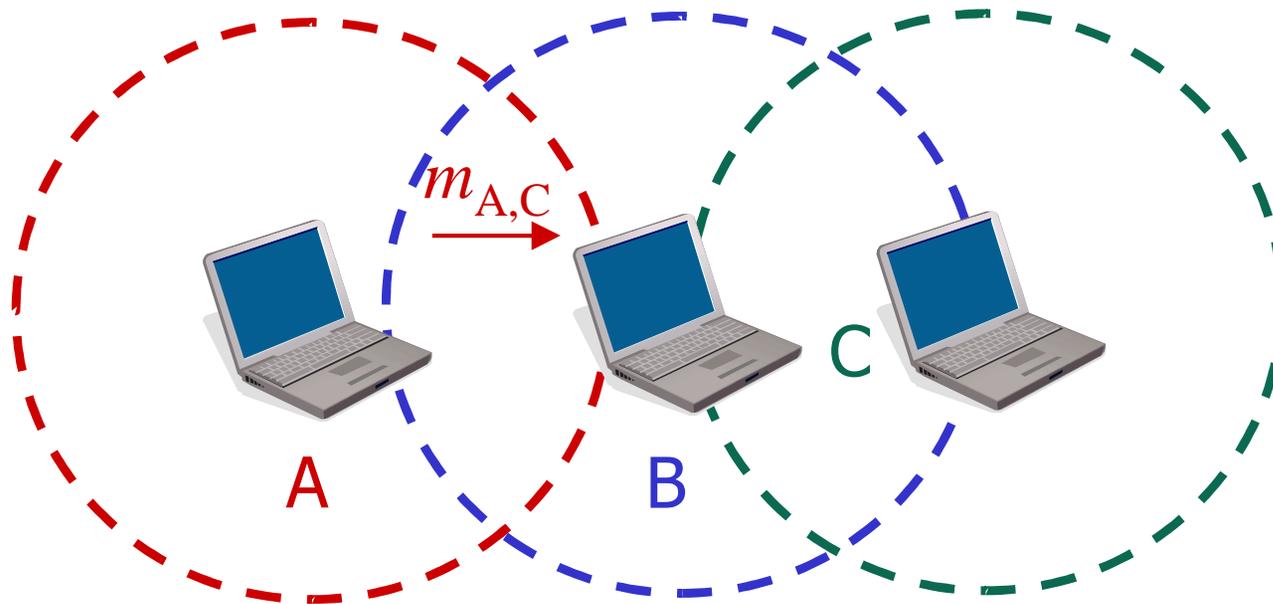
- Dois fluxos em sentidos opostos



Com codificação, é necessária apenas uma transmissão por parte de B

Codificação de Rede

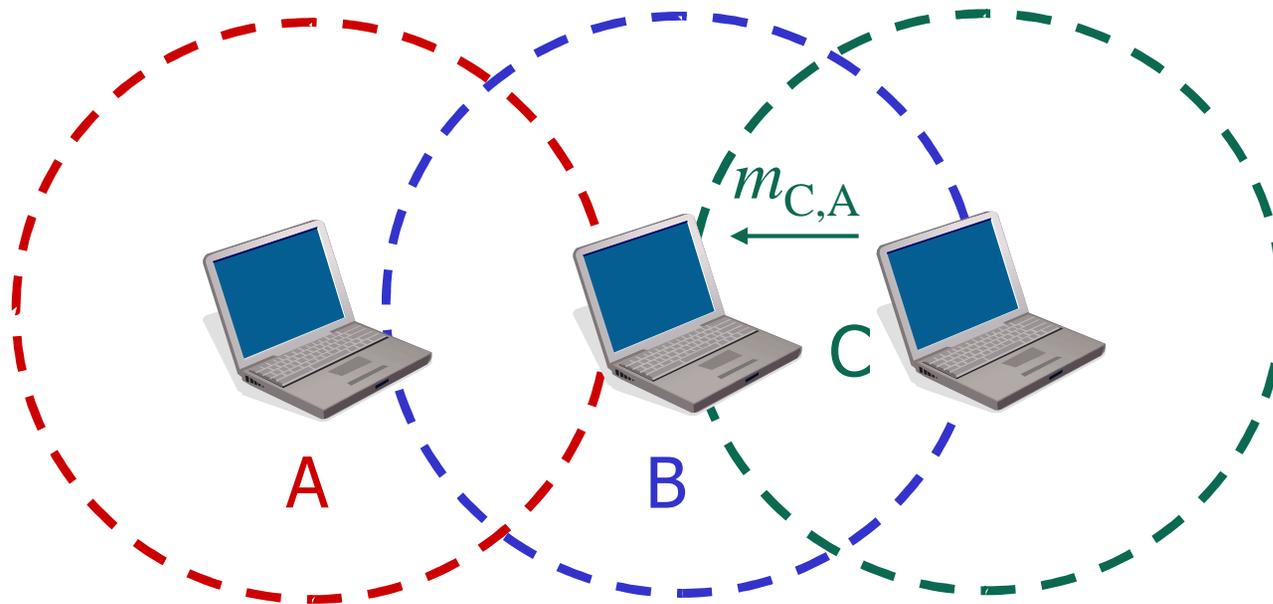
- Dois fluxos em sentidos opostos



Com codificação, é necessária apenas uma transmissão por parte de B

Codificação de Rede

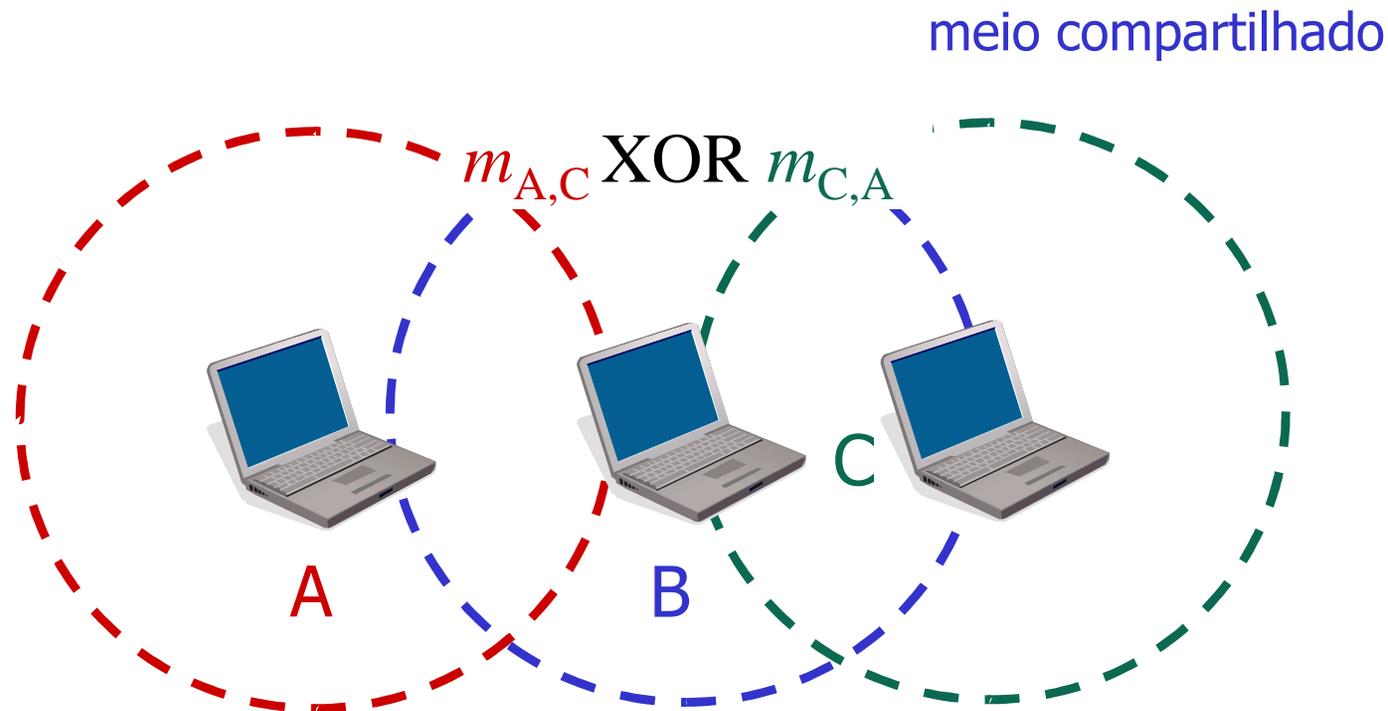
- Dois fluxos em sentidos opostos



Com codificação, é necessária apenas uma transmissão por parte de B

Codificação de Rede

- Dois fluxos em sentidos opostos



Com codificação, é necessária apenas uma transmissão por parte de B

Desafios

- Testes experimentais
- Aumentar o número de oportunidades de combinação

Rádios Cognitivos

Rádios Cognitivos

- Compartilhamento dinâmico do espectro
 - Dispositivos localizam faixas de frequência não utilizadas em um dado momento por usuários licenciados
 - Baseados no conceito de rádio definido por software (*Software Defined Radio*)

Rádios Cognitivos

- Desafios
 - Como se comportam os usuários licenciados?
 - *Handoff*
 - Escalonamento entre os nós não-licenciados
 - Etc.

Redes Verdes

- Preocupação ambiental
 - Impacto das redes de comunicação
- Energia consumida por *data centers*, PCs e equipamentos de rede
 - Em 2008 → 3% da energia consumida em todo o mundo
 - Em 2020 → 10% da energia consumida em todo o mundo

- Redes que
 - Utilizam técnicas de conservação de energia
 - Permitem o desenvolvimento de aplicações que reduzem algum tipo de impacto ambiental
- Exemplos
 - Redes veiculares
 - Evitam congestionamentos e reduzem a emissão de CO₂
 - Codificação de rede
 - Menos transmissões, menor consumo de energia
 - Redes em malha
 - Roteadores alimentados por painel solares

Outros temas

Temas SEMPRE atuais

- Roteamento
- Segurança
- Qualidade de serviço

Referências Bibliográficas

- Alves, R. S. A., Campbell, I. V., Couto, R. S., Campista, M. E. M., Moraes, I. M., Rubinstein, M. G., Costa, L. H. M. K., Duarte, O. C. M. B., and Abdalla, M. - "Redes Veiculares: Princípios, Aplicações e Desafios", in Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores - SBRC'2009, pp. 199-254, Recife, PE, Brazil, May 2009.
- Moraes, I. M., Campista, M. E. M., Moreira, M. D. D., Rubinstein, M. G., Costa, L. H. M. K., and Duarte, O. C. M. B. - "Distribuição de Vídeo sobre Redes Par-a-Par: Arquiteturas, Mecanismos e Desafios", in Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores - SBRC'2008, pp. 115-171, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, May 2008.
- Oliveira, C. T., Moreira, M. D. D., Rubinstein, M. G., Costa, L. H. M. K., and Duarte, O. C. M. B. - "Redes Tolerantes a Atrasos e Desconexões", in Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores - SBRC'2007, Belém, PA, Brazil.

Aula 2

Temas de Pesquisa em Redes de Computadores

Igor Monteiro Moraes
Redes de Computadores