Sumário

- Funcionalidade do nível rede.
- Encaminhamento.

  Tipos de algoritmos.
- Congestão.
- Serviços.

Protocolos do nível rede

- Forte dependência da topologia e estrutura da rede.
- Define:

  Endereçamento.

  Encaminhamento de pacotes.

  Controlo da congestão.
- Apróximação sistemática ao encaminhamento.

Nomes, Endereços, Caminhos

- Nome: *símbolo que identica cada nó (*Exemplo: pandora*).*
- Endereço Rede: *identifica um nó ao nível da rede (*Exemplo: endereço IP da pandora 164.139.25.2*).*
- Endereço Físico: *identificação do nó ao nível da infra-estrutura base de comunicação (*Exemplo: o endereço Ethernet da pandora é 00:25:C9:F5:32:48*).*
- Caminho: *conjunto de nós intermédios pelos quais o pacote deve/pode passar para chegar ao nó destino.*

Encaminhamento

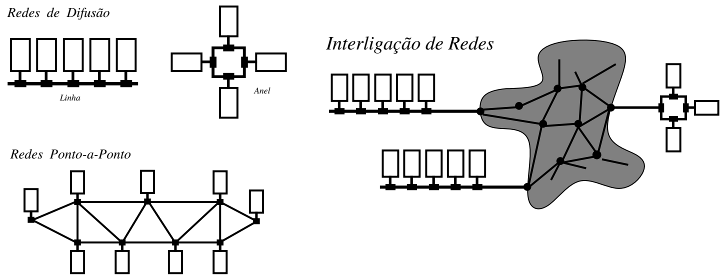
- Visa dirigir os pacotes que circulam na rede, em direcçãoo aos seus destinatários.
- Especificar ou deduzir o caminho que o pacote deve seguir, com base no seu endereço de destino.
- Pode desenvolver-se em três planos:

  *Redes de difusão (*onde assume funções muito limitadas*).*

  Redes ponto-a-ponto.

  *Redes interligadas (*onde é muito importante*).*

Encaminhamento: ilustração



Encaminhadores orientadas à ligação

- Circuito virtual.

  Entre dois nós passando vários encaminhadores.

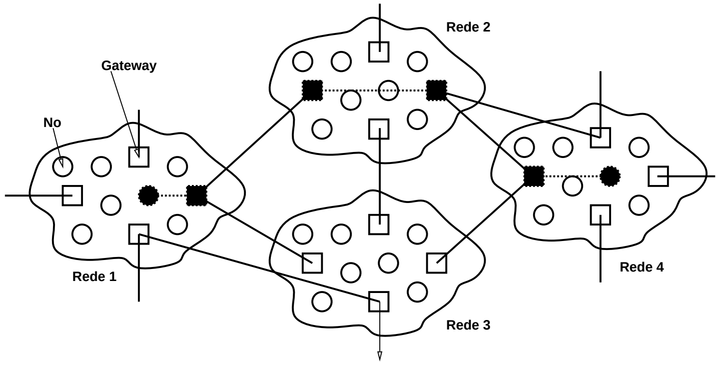
- Funcionamento:

  O emissor estabelece uma ligação com o encaminhador mais próximo.

  Este estabelece uma ligação até ao proximo encaminhador.

  Etc.

Encaminhadores orientados à ligação



Encaminhadores sem ligação

- A Rede oferece ao transporte um serviço sem ligação:

  Cada um dos pacotes é injectado na rede independentemente.

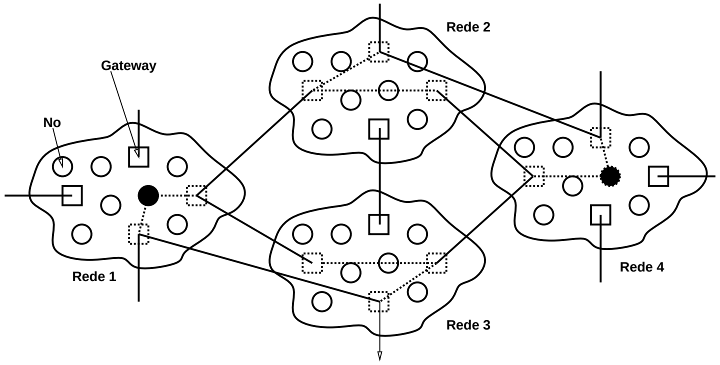
  Cada pacote pode seguir um caminho diferente.

  Entre cada par de nós/encaminhadores, cada pacote é encapsulado por um pacote do protocolo que liga esse par.

- Problema importante:

  Tamanho máximo dos pacotes.

Encaminhadores sem ligação



Tamanho dos pacotes

- Evitar:

  Tentando encaminhar por redes aonde o pacote "caiba".

  Impossível no pior caso: rede de destino não suporta o tamanho do pacote.

- Remediar:

  Permitir que um encaminhador fragmente os pacotes.

  Quem vai ordenar/re-agrupar?.

Fragmentação no caminho

- Re-agrupamento imediato:

  Potencialmente, grande sequência de várias fases de fragmentação/re-agrupamento.

  Transparente para o resto da rede.

- Re-agrupamento no destino: *Todos os nós de destino devem ter a capacidade de re-agrupar.*

  Mecanismo não ambiguo de numeração dos fragmentos (nota: cada fragmento pode vir a ser posteriormente sub-fragmentado). Arranjar uma unidade elementar (pior caso bit) e indicar quais os elementos que o pacote contém.

Encaminhadores: comparação

- Circuito virtual:

  Vantagens: reserva de recursos; fiabilidade na comunicação.

  Desvantagens: consome memória nos encaminhadores independentemente do tráfego; limita a possibilidade de encontrar caminhos alternativos; vulnerável à falha de encaminhadores intermédios.

- Datagrama:

  Vantagens: adaptatibilidade.

  Desvantagens: maior vulnerabilidade à congestão; pacotes maiores; encaminhamento mais complexo.

Encaminhamento: classificação

- Encaminhamento na origem: *caminho decidido na origem e incorporado no pacote.*
- Encaminhamento incremental: *decisões tomadas nó-a-nó.*
- Encaminhamento híbrido: *combina ambos os métodos.*
- Algoritmos estáticos e dinâmicos.
- Algoritmos isolados, centralizados, distribuídos.

Encaminhamento: inundação

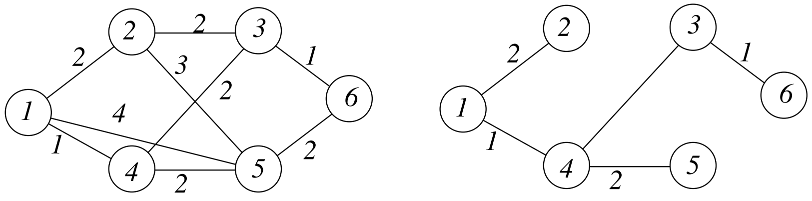
- Inundação: *disseminação por todos os caminhos possíveis (deve incluir mecanismos de prevenção contra circuitos fechados).*
- Trata-se de um algoritmo estático (sempre o mesmo algoritmo) e isolado *(embora o contador de "hops" possa ser considerado uma forma rudimentar de colaboração).*
- Pouco eficiente mas oferece elevada probabilidade de entrega.

  Bom quando se quer entregar mesmo na presença de muitas faltas.

Encaminhamento: caminho mais curto

- Encontrar qual o caminho mais curto entre dois pontos.
- Geralmente aplica-se estáticamente: *um operador instala manualmente as tabelas de encaminhamento.*
- Procurar o caminho mais curto em tempo de execução pode não ser computacionalmente exequivel.

Caminho mais curto: ilustração



Custos Globais *Tabela para o processo 1*

Encaminhamento: tabelas com opção

- Em cada nó existe uma tabela que tem diversos caminhos para chegar a um outro nó (de destino).
- Estes caminhos podem ser ordenados por prioridade.

  Escolhe-se um caminho alternativo se o primeiro está inecessível ou sobrecarregado.
- Ou usam-se todos, distribuindo o tráfego de acordo com a capacidade de cada um.

Tabelas de custos

- Cada entrada da tabela contém:

  Referência ao destino do pacote.

  Indicação de diferentes opções para o encaminhamento.
- Algoritmo para escolha de uma opção.
- Algoritmo para regeneração da tabela.
- Diversas métricas para os custos:

  Capacidades das ligações, padrões de tráfego, taxa de erros binários, atraso, ocupação de memória, preço das ligações.

Regeneração das tabelas

- Algoritmos centralizados.
- Algoritmos distribuídos.
- Regeneração implica tráfego e também processamento adicionais.
- Consistência da informação, particularmente em redes de grande dimensão.
- Necessário aproximação equilibrada que não conduza à congestão.

Aprendizagem regressiva

- Cada pacote transporta endereço de origem e uma métrica relevante.
- Construção regressiva de tabelas de encaminhamento.
- Cada entrada é periodicamente removida da tabela.

Encaminhamento: congestão

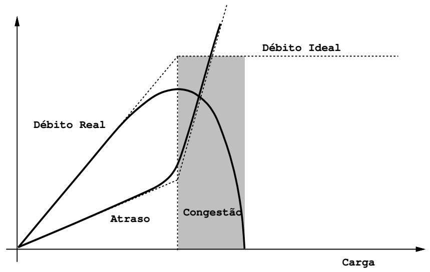
- O tráfego que chega a um dado nó excede as capacidades (memória, processador) deste.
- Gerir a congestão entre pontos terminais é da responsabilidade do transporte.
- O nível rede é responsável por gerir a congestão nos nós intermédios.

Congestão

- Não sendo controlada, a congestão pode propagar-se a toda a rede.
- A congestão está correlacionada com o controlo de fluxo e com o encaminhamento.

Congestão: efeitos

- Débito diminui e o atraso aumenta.



Congestão: soluções

- Reserva de recursos.
- Descarte de pacotes.
- Controlo do fluxo de pacotes na rede.

Controlo de fluxo centralizado

- Um nó coordenador obtém informação acerca do estado da rede.

  Avaliar ou estimar o débito de cada nó e a carga de cada elo.

- O coodenador calcula uma nova distribuição do tráfego.
- O coordenador dissemina as nova regras por todos os nós.

Controlo de fluxo "Isarithmic"

- Limita-se o número máximo de pacotes a circular na rede.
- Para transmitir é necessário ter uma "autorização".

  Uma autorização é gasta quando uma mensagem é enviada e criada quando uma mensagem é entregue.

  É necessário re-distribuir as autorizações pelo sistema.

Encaminhamento baseado na congestão

- Encaminhar os pacotes por caminhos que minimizem a congestão:

  Minimizar a partilha do mesmo elo.

  Minimizar a utilização de memória nos nós intermédios.

Nível Rede da ISO

- Duas normas:

  Norma ISO 8348 (serviços).

  Norma ISO 8473 (protocolos).

- Dois tipos de serviço: *com ligação e sem ligação.*

Serviço orientado à ligação

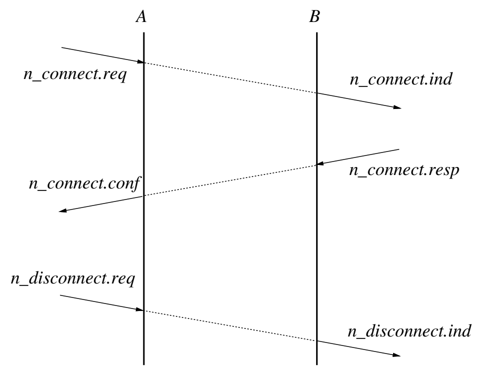
- Estabelecimento da ligação. *Negociação da qualidade do serviço (atrasos, débito, prioridade, protecção). Negociação da possibilidade de confirmação e existência de dados expeditos. Transferência agregada de informação até 128 octetos no próprio pedido de ligação.*
- Libertação da ligação. *Evocada pelos utilizadores ou fornecedor do serviço; não garante entrega de informação em trânsito.*
- Transferência de informação: *serviço fiável e ordenado; controlo de fluxo; confirmação pelo utilizador remoto especificada pacote a pacote.*

Serviço datagrama

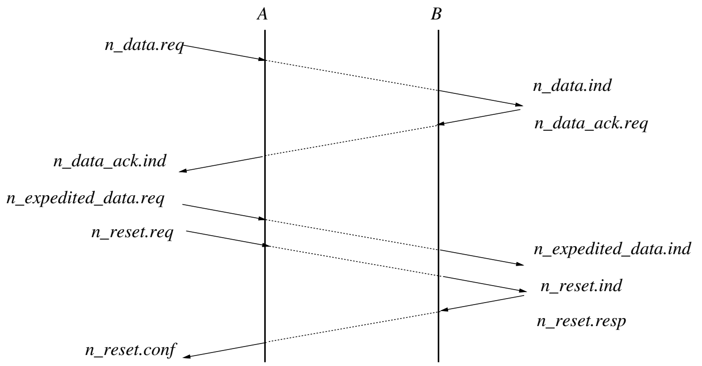
- Ausência de ligações.
- Transferência de informação:

  Ausência de fiabilidade e ordem; especificação da qualidade de serviço incorporada no pacote.

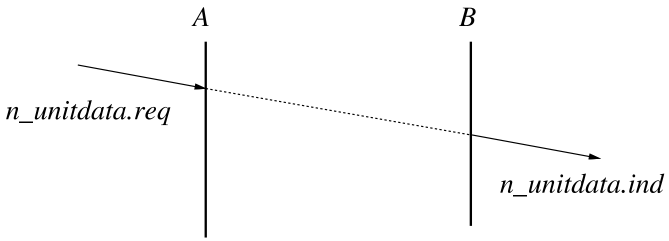
Nível rede: primitivas para ligação



Nível rede: primitivas para transferência



Nível rede: primitivas para datagrama



Resumo

- Funcionalidade do nível rede.

  Definir endereços, realizar encaminhamento, controlar a congestão.

- Encaminhamento.

  Encaminho mais curto; tabelas com opção; inundação; tabelas de custos.

- Controlo da congestão.

  Controlo de fluxo; encaminhamento.

- Serviços.

  Circuito virtual e datagrama.