Arquitetura Internet - Camada Inter-Redes

1. Introdução a Camada Inter-Redes
2. Endereçamento na Arquitetura TCP/IP
   - Como é formado o Endereço IP ?
   - Endereço IP na Notação Decimal
   - Endereços IP Especiais
   - Como definir uma Subrede ?
3. Mapeamento entre os End. Físico e IP
   - Protocolos ARP e RARP
4. Comportas na Interconexão de Redes
5. Padrões da Camada Inter-Redes
   - Protocolos IP, ICMP, EGP, RIP

1 - A Camada Inter-Redes (TCP/IP)

- ... a Camada Inter-Redes na Arquitetura TCP/IP é equivalente a uma camada de rede do Modelo OSI orientada a datagrama (sem conexão).
- ... algumas particularidades importantes desta camada:
  - não é garantido que pacotes serão entregues ao endereço destino;
  - não provê forma de reconhecimento por parte do emissor;
  - o controle de congestionamento se dá pelo descarte de pacotes;
  - procedimentos de reconhecimento e retransmissão que garantem confiabilidade na comunicação são deixados a cargo da camada de transporte.
- ... a camada inter-redes na arquitetura TCP/IP enfoca mais o aspecto de interconexão de subredes que a confiabilidade na transmissão de datagramas.
- ... de fato, a ausência do estabelecimento prévio de conexão entre os *hosts* comunicantes pode acarretar perda e duplicação de datagramas, assim como recepção fora de ordem de datagramas.

2 - Endereçamento na Arquitetura TCP/IP

- ... toda comunicação via rede supõe a existência de um emissor e um destinatário identificados por endereços;

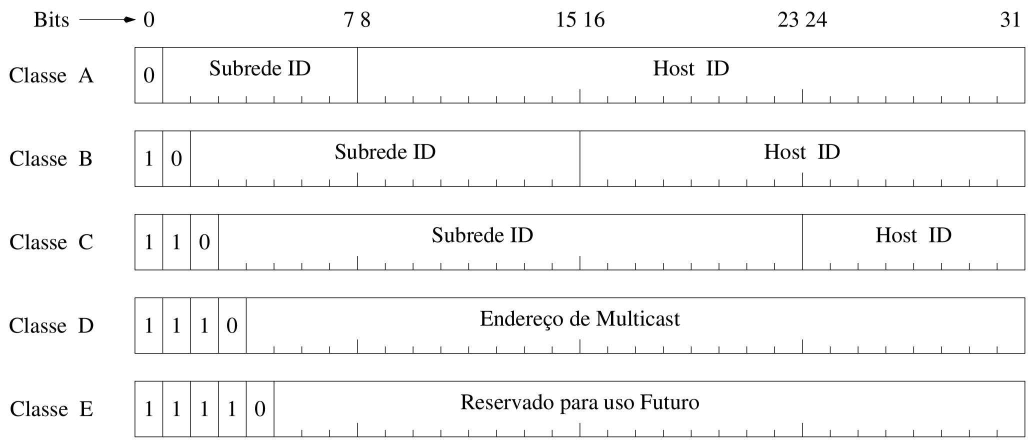
- ... diferentes camadas do modelo de redes tratam endereços de forma distinta;
  - ✘ endereços na camada de aplicação identificam processos de aplicação em comunicação (endereços são identificados por nomes simbólicos);
  - ✘ na camada inter-redes, o endereço deve identificar um *host* e a subrede na qual o *host* está conectado (endereço é composto por números);

- ... na camada interface de rede, o endereço deve identificar um dispositivo físico ligado ao meio (cadeia de *bits* atribuído pelo fabricante ao dispositivo);

2.1 - Como é formado o Endereço IP ?

- ... endereços IP são utilizados pelo Protocolo IP (*Internet Protocol*) para transporte de datagrama entre 02 *hosts* (referem-se a camada inter-redes);

- ... endereços IP ocupam 32 *bits* e são divididos em 5 classes;



2.2 - Endereço IP na Notação Decimal

- ... é comum representar o endereço IP numa notação decimal, assim divide-se o endereço em 4 grupos de 8 *8 bits* e converte-se os 8 *bits* para a notação decimal;

B_2	10000000	00001010	00000010	00011110	
B_{10}	128	10	2	30	Notação Decimal: 128.10.2.30

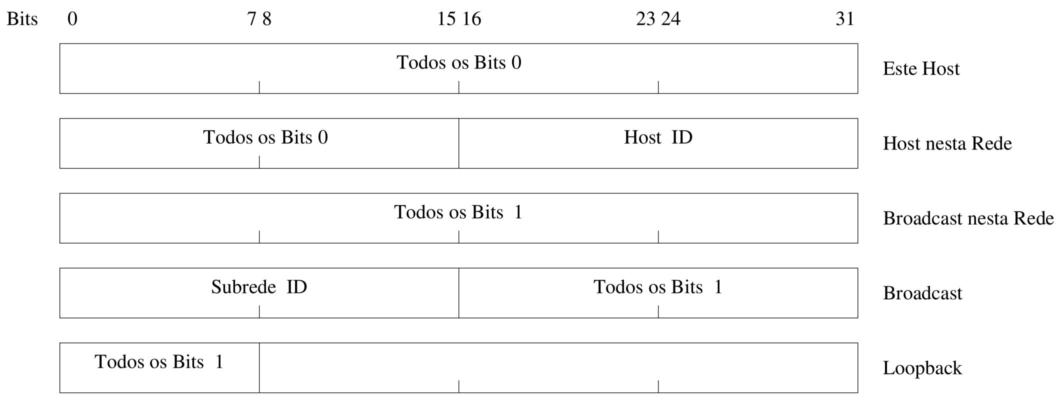
- ... a notação decimal é utilizada por administradores de sistema para, por exemplo, atribuir endereço IP a um novo *host*, configura *gateways*, etc.

- ... relativamente so valor do 1º *byte*, podemos observar que:

  ✗ $x < 128$: endereço Classe A;
  ✗ $128 \leq x < 192$ endereço Classe B;
  ✗ $192 \leq x < 224$ endereço Classe C;
  ✗ $x \leq 224$ reservado.

2.3 - Endereços IP Especiais

- ... a figura abaixo mostra endereços especiais e os correspondentes significados (trata-se de uma convenção seguida pelos protocolos da camada inter-redes);



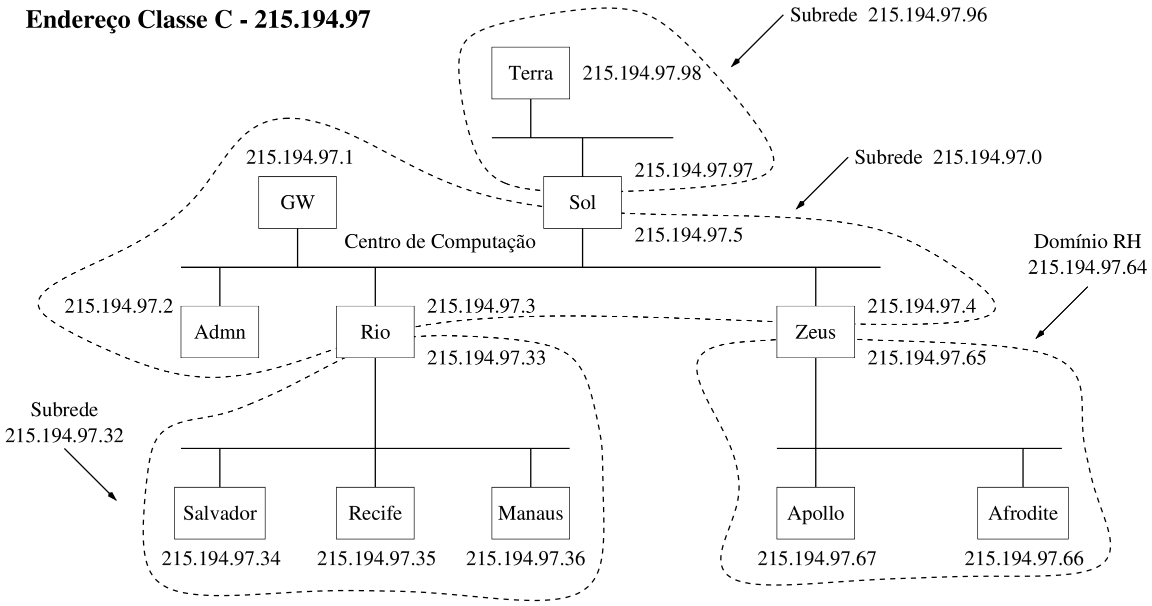
- *broadcast* - datagrama é endereçado a todos os *hosts* de uma subrede;

- *loopback* - são utilizados para curto-circuitar a rede em situações onde a comunicação deve ser circunscrita ao *host*;

2.4 - Como definir uma Subrede ?

- ... para ilustrar o conceito de subrede, considere a figura onde apresentamos 04 subredes, cada uma das quais detendo um endereço Classe C;

Endereço Classe C - 215.194.97



(cont.) 2.4 - Como definir uma Subrede ?

- ... uma subrede é definida através da aplicação de uma máscara ao endereço IP, e é conhecida somente do ponto de vista local;

- ... os *bits* 1 da máscara definem que os *bits* equivalentes no endereço IP devem ser interpretados como *bits* do endereço da subrede;

- ... os *bits* 0 da máscara definem os *bits* equivalentes no endereço IP que devem ser interpretados como endereço do *host*;

- ... no caso do exemplo anterior, o endereço Classe C foi dividido em 08 subredes, sendo que na figura aparecem somente 04 subredes ficando os outros 04 endereços reservados para uso futuro;

- ... ao endereço IP **215.194.97.0** foi associado a máscara **255.255.255.254** (224 equivale a 11100000), que define os 03 *bits* de ordem mais alta no 4º *byte* (esquerda para a direita) como a parte que especifica a subrede;

3 - Mapeamento entre os End. Físico e IP

- ... a camada interface de rede utiliza endereços físicos para localizar a interface que gerou o quadro e a interface destinatária;
- ... no caso do Padrão IEEE 802.3 (Ethernet), o endereço físico é composto de 6 *bytes* atribuídos de forma única pelo fabricante da interface;
- ... este endereço é comumente fornecido como 6 números hexadecimais separados por ponto, sendo que cada número corresponde a um *byte* do endereço (ex., **67.F2.AF.2E.12.FF** indentica uma interface);
- ... ao receber um quadro, a interface compara o campo **End. Destino** com o seu endereço, se coincidir, o quadro é processado, caso contrário é descartado;
- ... por convenção, um endereço Ethernet to tipo **FF.FF.FF.FF.FF.FF** significa um quadro de *broadcast*, e apesar de diferir do endereço local da interface, o quadro é processado pela interface.

3.1 - Mapeamento End. IP para Físico - Protocolo ARP

- ... para enviar um quadro para um *host* destino, a camada interface de rede necessita do endereço físico do *host*, que é circunscrito apenas a esta camada;
- Surge então o problema: assim dado um endereço IP de determinado *host*, como descobrir o endereço físico ?
  - ✗ uma solução ideal seria as interfaces de rede armazenarem endereços IP ao invés de endereços físicos, mas como isto não ocorre, o mapeamento entre endereços IP e físico (tabela) torna-se imprescindível;
  - ✗ por outro lado manter uma tabela relacionando endereço IP com o correspondente endereço físico é impraticável dadas as dimensões das redes;
  - ✗ uma outra alternativa é difundir um quadro em *broadcast* com a requisição: "quem possuir tal endereço IP, mande o seu correspondente endereço físico";
- ... o Protocolo ARP (*Address Resolution Protocol*) adota esta idéia;

(cont.) 3.1 - Mapeamento End. IP para Físico - Protocolo ARP

- ... o Protocolo ARP possui um PDU que é transportado como dados de um quadro, que tem como destino um endereço de *broadcast*;

0 – 15	16 – 23	24 – 31	32 – 39	40 – 47
Tipo Hardware	Tipo Protocolo da Cam. Inter-Redes		Tamanho End. Fisico	Tam. End. Alto Nível
48: Operação	End. Físico do Emissor			
96: End. Físico do Emissor	End. IP do Emissor			
144: End. Físico do Destino				
192 – 223: End. IP do Destino				

(cont.) 3.1 - Mapeamento End. IP para Físico - Protocolo ARP

- ... possíveis melhoras no protocolo podem ser obtidas:

❖ o protocolo mantém um memória *cache* que armazena os últimos mapeamentos obtidos, evitando um *broadcast* para resolução de endereço já efetuado;

❖ como uma requisição é difundida por toda a subrede e contém os endereços IP e físico do requisitante, todos os *hosts* da subrede poderão armazenar esta informação em uma memória *cache* para uso futuro;

❖ quando um novo *host* ingressa na rede, o mesmo pode anunciar seus endereços físico e IP num quadro ARP, evitando que todos os demais *hosts* executem o protocolo ARP quando necessitarem se comunicar com o *host* ingressante;

3.2 - Mapeamento End. Físico para IP - Protocolo RARP

- ... o endereço IP é fundamental para a instalação dos processos que compõem o *software* da rede, por isso o endereço IP é mantido em disco e acessado durante o processo de *boot* o sistema operacional;

- ... já uma estação *diskless* dispõe apenas do endereço físico e portanto precisa descobrir seu próprio endereço IP - processo inverso do protocolo ARP;

- ... o mapeamento endereço físico para IP é estabelecido pelo Protocolo RARP (*Reverse Address Resolution Protocol* e utiliza o mesmo PDU do prot. ARP;

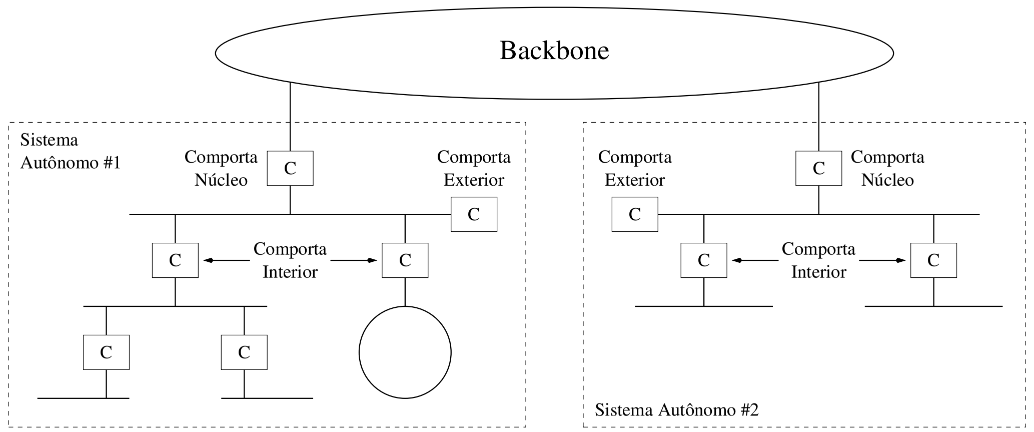
- ... para o Protocolo RARP deve haver um servidor de RARP que possui uma tabela em disco contendo mapeamento entre endereços físicos e IP de um subconjunto de máquinas da rede (tipicamente aquelas *diskless*);

- ... é importante notar que um *host* utiliza o protocolo RARP uma única vez durante o *boot*; após obtido o endereço IP, este é armazenado na memória.

4 - Comportas na Interconexão de Redes

- ... na Arquitetura TCP/IP as comportas são o elo de conexão entre duas subredes, sendo que a maioria dessas subredes são redes locais ou de campus interligadas a uma rede *backbone*.

- Internet é um conjunto de subredes interligadas por comportas e *Backbone* são redes de longa distância que servem de elo principal de interconexão.



(cont.) 4 - Comportas na Interconexão de Redes

- ... um Sistema Autônomo é um conjunto de subredes interligadas e administradas por uma mesma entidade.
- ... em se tratando de roteamento, a importância dos diversos componentes envolvidos seguem esta ordem: comportas núcleo, comportas exteriores, comportas interiores e hosts.
- ... o roteamento de datagramas apresenta algumas propriedades importantes:
  - ✘ a comporta é autônoma na decisão sobre o roteamento de datagramas;
  - ✘ a decisão é tomada com informação parcial (e.g., topologia da subrede de comunicação e destino final do datagrama);
  - ✘ comportas comunicacam entre si para atualizar informações relevantes ao roteamento: topologia da subrede, atraso de propagação nas conexões, etc.

(cont.) 4 - Comportas na Interconexão de Redes

- ... a idéia básica de roteamento (Internet) segue uma estruturação hirárquica;
- ... cada comporta mantém uma tabela com 03 colunas: subrede destino, próxima comporta e custo estimado da rota (o custo é dado pelo nro. de comportas que o datagrama deve passar até atingir a subrede destino);
- ... o número de entradas nesta tabela é função da importância da comporta:
  - ✘ comporta núcleo mantém tabelas contendo todas as subredes da internet, cujas tabelas de roteamento são atualizadas através do protocolo GGP;
  - ✘ comportas exteriores mantém tabelas de umas poucas subredes à frente e tem suas tabelas atualizadaas pelo protocolo EGP ou BGP;
  - ✘ comportas interiores mantém tabelas envolvendo somente subredes pertencentes ao sistema autônomo e tem suas tabelas atualizadas pelo protocolo *Routing Information Protocol* ou HELLO;
  - ✘ *hosts* mantém tabelas estáticas indicando apenas que podem ser atingidos diretamente a partir da subrede à qual se conecta.

5.1 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo IP

- ... o Protocolo IP é a base da Arquitetura TCP/IP - a interconexão de redes na Arquitetura TCP/IP supõe que todas as subredes são capazes de manipular datagramas (pacotes) padronizados que irão circular pelas subredes.

- um datagrama, com tamanho máximo limitado em 65535 bytes, é composto de um cabeçalho e de um campo de dados, sendo que em datagramas especiais o campo de dados é completamente ignorado.

	0	4	8	16	31
	versão	tam-cab	tipo de serviço	tamanho total	
32	identificação			flags	offset do fragmento
64	tempo de vida		protocolo	checksum de cabeçalho	
96	endereço fonte - IP				
128	enedereço destino - IP				
	opções		enchimento		
	dados				
	... ...				

(cont.) 5.1 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo IP

- ... o campo **versão** contém a versão do protocolo e o campo **tam-cab** supre o tamanho do cabeçalho, medido em múltiplos de 32 bits.

- ... o campo **tipo de serviço** (comumente ignorado) possui 4 sub-campos:

  ✘ os 03 primeiros campos identificam o tipo do datagrama e pode servir de indicativo de sua prioridade (0 = pacote dados, ... 7 = pacote controle);
  ✘ o quarto bit (D) se ativo solicita um roteamento com baixo atraso;
  ✘ o quinto bit (T) se ativo solicita um roteamento por vias de alta vazão;
  ✘ o sexto bit (R) se ativo solicita um roteamento por vias de alta confiabilidade.

- os bits D, T e R (**Delay**, **Throughput**, **Reliability**) quando utilizados fornecem informações adicionais para o roteamento, mas comumente são ignorados;

- ... o campo **tamanho total** indica o tamanho total medido em bytes, limitando assim o tamanho do datagrama em 65535 bytes;

(cont.) 5.1 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo IP

- ... os campos **identificação**, **flags**, **offset do fragmento** dizem respeito a fragmentação e remontagem de datagramas;

- ... o campo **tempo de vida** especifica o tempo máximo em segundos que o datagrama pode permanecer na Internet, sendo decrementado por cada comporta pela qual o datagrama passa;

- ... o campo **protocolo** indica o tipo de dados que o datagrama carrega (usualmente especifica o protocolo de transporte: TCP ou UDP);

- ... o campo **checksum do cabeçalho** contém o valor do *checksum* computado apenas para o cabeçalho (os dados não são considerados);

- ... os campos **endereço fonte** e **endereço destino** contém respectivamente o endereços IP do *host* emissor e destinatário;

(cont.) 5.1 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo IP

- ... o campo **opções** não está presente em datagramas comuns que carregam dados oriundos da camada de transporte, mas quando presente o campo é composto de 1 bytes divididos em 03 sub-campos:
  - ✗ o primeiro bit quando ativo informa que o campo deve ser copiado em todos os fragmentos, caso o datagrama necessite ser fragmentado em seu trajeto;
  - ✗ os 02 bits seguintes estabelecem a classe de opção, podendo assumir 04 valores (00 = controle de subrede, 01 = reservado p/ uso futuro, 10 = depuração e medição, 11 = reservado p/ uso futuro);
  - ✗ os 05 bits seguintes especificam a opção propriamente dita (e.g., registro de rota, rota específica, manipulação restrita de datagrama, ...);

- ... os dados referentes a **opção** seguem o cabeçalho, por exemplo, na opção de registro de rota, cada comporta adiciona um novo segmento de rota;

- ... o campo **enchimento** não é um campo mas uma simples adição de bits (sem significado) para que o tamanho do cabeçalho seja múltiplo de 32 bits.

5.2 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo ICMP

- O Protocolo ICMP (*Internet Control Message Protocol*) é utilizado quando *hosts* e comportas necessitam reportar erros, testar se uma via de comunicação está operacional, medir seu atraso, etc.
- ... o protocolo utiliza o cammpo de dados de datagramas para o transporte de suas mensagens e possui um cabeçalho extremamente compacto;

0	8	16	31
tipo	codigo	checksum	
... ...			

- ... o campo **tipo** especifica o tipo da mensagem:

0	resposta a uma requisição de eco	3	destino inatingível
8	requisição de eco	11	tempo de vida do data/a excedeu
13	requisição de marca de tempo	14	resposta a uma requisição de marca de tempo

(cont.) 5.2 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo ICMP

- ... o campo **código** fornece informações complementares ao tipo. Para o tipo 3 (destino inatingível) o campo **código** informa:

0	subrede inatingível	1	host inatingível
2	protocolo não disponível	3	port não disponível
4	fragmentação necessária	5	falha de roteamento
6	subrede desconhecida	7	host desconhecido

- ... o campo **checksum** visa garantir a integridade da mensagem;
- ... além dos tipos e códigos exemplificados acima, mensagens do protocolo ICMP lidam com **controle de fluxo**, **redireção de rota**, **detecção de rotas longas ou circulares** e **sincronização de relógios**.

5.3 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo EGP

- O Protocolo EGP (*Exterior Gateway Protocol*) é empregado para que comportas externas cooperem nas atividades de roteamento.

0	8	16	24 31
versao	tipo	codigo	status
checksum		sistema autonomo	
numero de sequencia			

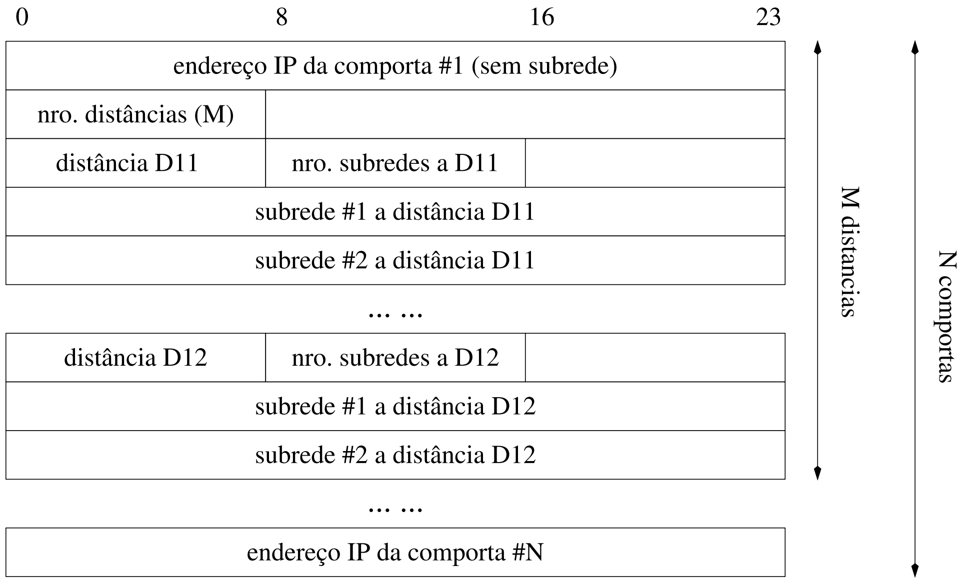
- ... o campo **versão** especifica a versão corrente do protocolo;
- ... os campos **tipo** e **código** tem as mesmas funções que no protocolo ICMP;
- ... o campo **status** carrega informações dependendo do tipo de mensagem;
- ... o campo **checksum** garante a detecção de mensagens corrompidas;

(cont.) 5.3 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo EGP

- ... o protocolo é baseado no conceito de comportas vizinhas, ou seja, ambas concordam em trocar informações de roteamento, permitindo assim a atualização das tabelas de roteamento das comportas exteriores e núcleo;
- ... o protocolo pemite que uma comporta exterior ou núcleo requisite a outra o estabelecimento de uma relação de vizinhaça; testar se uma comporta vizinha está ativa; cessar uma relação de vizinhaça; e trocar informação de roteamento;
- ... estas operações são identificadas pelo tipo da mensagem (campo de **código**) estipulando se a mesma é uma requisição, uma confirmação ou uma recusa;
- ... as informações de roteamento se constituem de blocos, cada um informando apenas as distâncias das subredes que fazem parte de seu sistema;
- ... no protocolo EGP, distâncias informam apenas que um caminho existe para determinada subrede, não sendo assim utilizados como métricas de custo;

(cont.) 5.3 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo EGP

- ... cada bloco contém uma comporta (especificada pelo endereço IP), onde segue o número de distâncias listadas a partir desta comporta;



5.4 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo RIP

- O Protocolo RIP (*Routing Information Protocol*) é empregado para que comportas internas cooperem nas atividades de roteamento;

- ... ao contrário do Protocolo EGP, distâncias no protocolo RIP possuem significado de custo, ou seja, medem o número de comportas entre duas subredes (varia de 1 a 15, sendo 16 utilizado p/ indicar distância infinita);

- ... o protocolo RIP utiliza um protocolo de transporte UDP para a condução de suas mensagens, sendo executado nas comportas internas e nos *hosts*;

- ... no UNIX as informações de roteamento são obtidas pela ação de um *daemon* (processo *routed*), que em comportas internas difunde informações de roteamento a cada 30 segundos;

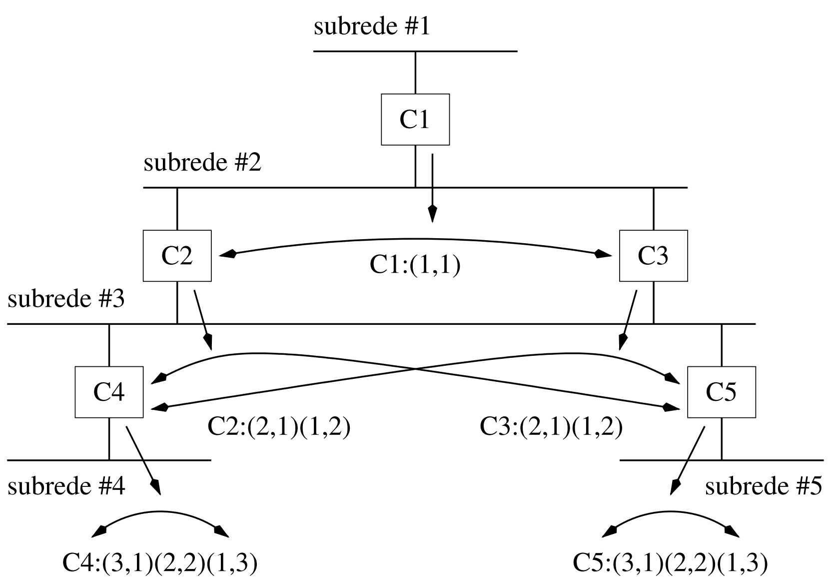
(cont.) 5.4 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo RIP

- ... informações de roteamento se constituem de pares (subrede, distância), sendo assim a comporta envia a sua tabela de roteamento nesses pares;

	0	8	16	24	31
	comando	versão	todos os bits 0		
32	familia da subrede #1		todos os bits 0		
64	endereço IP da subrede #1				
96	todos os bits 0				
	todos os bits 0				
	distância da subrede #1				
	familia da subrede #2		todos os bits 0		
	endereço IP da subrede #2				
	todos os bits 0				
	todos os bits 0				
	distância da subrede #2				
	... ...				

(cont.) 5.4 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo RIP

- ... *daemons* aprendem novas rotas recebendo mensagens RIP ou solicitando que comportas enviem sua tabela de roteamento;



(cont.) 5.4 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo RIP

- ... a comporta C1 propaga na subrede 2 uma mensagem (1,1) informando que pode atingir a subrede 1 a um custo 1ç
- ... as comportas C2 e C3 recebem esta mensagem e atualizam em suas tabelas a informação que a subrede 1 pode ser atingida a partir de C1 a um custo 2;
- ... mais tarde, comportas C2 e C3 propagam mensagens para as subredes abaixo informando que podem atingir a subrede 1 a partir de um custo 3 (1,3) e a subrede 2 a partir de um custo 2 (2,2);

(cont.) 5.4 - Padrões da Camada Inter-Redes - Protocolo RIP

- ... sucessivamente, todos os hosts e comportas terao a partir de que comporta cada subrede do sistema autônomo pode ser atingida e a que custo;
- ... semmpre que um host ou comporta é informado de um rota já existente em sua tabela de roteamento, o mesmo a substitui caso o custo da nova rota seja inferior.