

RELATÓRIO TÉCNICO

UMA INTRODUÇÃO AO PROTOCOLO IP

Luci Firmez

NCE-20/90

Setembro/90

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Núcleo de Computação Eletrônica
Caixa Postal 5324
20001 - Rio de Janeiro - RJ
BRASIL

Uma Introdução ao Protocolo IP

RESUMO

O objetivo deste relatório é a obtenção de um documento introdutório para a compreensão do protocolo IP (Internet Protocol) cuja função é encaminhar uma mensagem (datagrama) ao longo do Sistema Internet. A especificação do protocolo IP é encontrado no DDN Protocol Handbook, Volume two, Darpa Internet Protocol.

An Introduction of Protocol IP

ABSTRACT

The aim of this report is to offer an introductory document to help the understanding of the IP protocol. The purpose of the IP protocol is to lead datagrams through the Internet System. The specification of the IP is found in DDN Protocol Handbook, Volume two, Darpa Internet Protocol.

Uma Introdução ao Protocolo IP

1. Introdução

O Sistema Internet surgiu da necessidade de se estabelecer comunicação entre computadores heterogêneos localizados em redes heterogêneas. O Sistema Internet é composto por diversas redes e todas são interconectadas através de comportas e um conjunto de protocolos padrões, como mostra a figura 1.

Como pode ser visto na figura 2, a arquitetura do Internet é composta por quatro níveis. No nível mais inferior são encontrados os mecanismos para a manipulação do meio físico utilizado na comunicação. O próximo nível, o nível Internet (IP), possui os mecanismos para conexão de várias redes através de comportas dentro de um sistema capaz de entregar pacotes de um computador fonte para um computador de destino. No nível que vem em seguida, o Transmission Control Protocol (TCP), são encontrados os serviços utilizados numa comunicação fim-a-fim, tais como confiabilidade e controle de rede. Finalmente, no nível superior são fornecidos serviços de aplicação, tais como: transferência de arquivos, terminal virtual e correio.

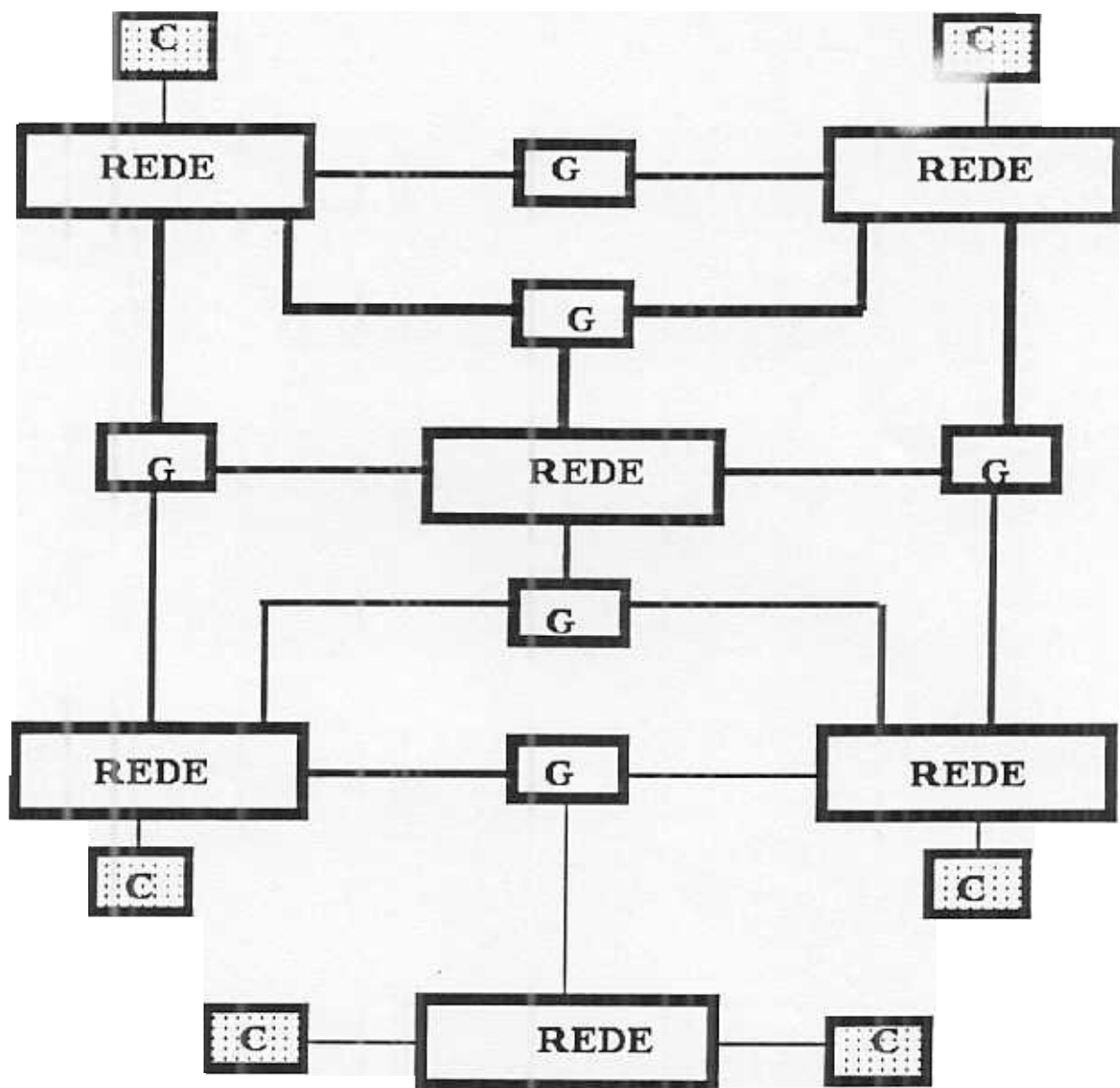
O objetivo deste relatório é a obtenção de um documento introdutório para a compreensão a do protocolo IP encontrado em [1].

Este relatório está organizado da seguinte forma:

- Introdução
- O protocolo IP
- O funcionamento do IP
- Conclusão

2. O protocolo IP

O protocolo IP é responsável por isolar os programas de aplicação da necessidade de conhecer detalhes sobre a rede. Ele é implementado nos computadores e comportas.



C = Computadores
G = Comportas

Figura 1 - O Sistema Internet

COMPUTADOR 1

COMPUTADOR 2

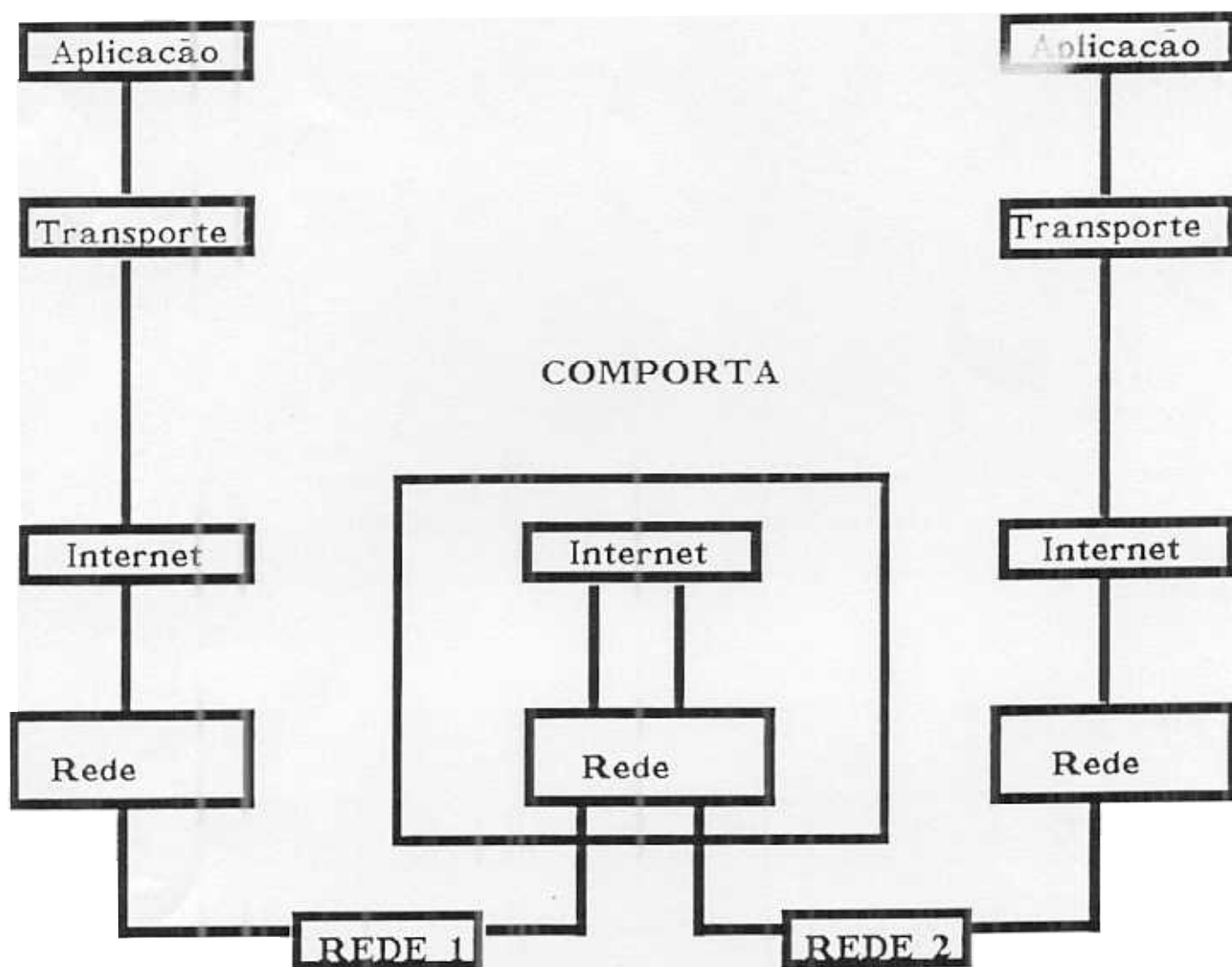


Figura 2 - A Arquitetura do Sistema Internet

O IP inclui funções tais como:

- Estrutura de endereçamento global.
- Solicitações de serviços como transmissão e recepção;
- Fragmentação do datagrama e sua montagem no computador destino.

A facilidade mais importante do IP é o endereçamento Internet, um esquema de endereçamento independente do endereço físico utilizado em cada tipo de rede que compõe o Sistema Internet.

3. O funcionamento do IP

3.1 Operação

O modelo de operação para transmitir um datagrama entre um par de ULPs utilizando apenas uma comporta intermediária é descrito em seguida. Um ULP (protocolo de nível superior) é qualquer protocolo situado acima do IP na hierarquia de protocolos em camadas.

O ULP transmissor prepara seus dados e requisita seu módulo internet local para enviar estes dados como um datagrama passando o endereço destino e outros parâmetros como argumentos.

O módulo internet prepara o cabeçalho do datagrama e associa-o com os dados recebidos. O módulo internet determina o endereço da rede local proveniente do endereço internet de destino. No nosso caso, é o endereço da comporta.

Este datagrama é enviado com o endereço da rede local para o módulo interface com a rede local. O módulo de interface com a rede local é situado entre o IP e o protocolo da sub-rede (SNP) e é responsável pela interface entre os dois protocolos. O SNP é situado abaixo do IP na hierarquia de protocolos em camadas e é responsável pela transferência de dados através da sub-rede local.

O SNP cria um cabeçalho da rede local e liga-o ao datagrama enviando o resultado através da rede local.

O datagrama alcança a comporta indicada no cabeçalho do datagrama e o SNP retira o cabeçalho e entrega o datagrama para o módulo Internet.

O módulo internet determina, a partir do endereço internet, que o datagrama deve ser transmitido para outro computador localizado em uma segunda rede. O módulo internet determina o endereço da rede local para o computador de destino. É chamado o SNP desta rede local para enviar o datagrama e esse endereço.

O SNP desta segunda rede local cria um cabeçalho da rede local e liga-o ao datagrama enviando o resultado para o computador de destino.

No computador de destino é retirado o cabeçalho da rede local do datagrama pelo SNP do computador de destino e o resultado é transferido para o módulo internet.

O módulo internet determina que o datagrama é para ser entregue a um ULP localizado neste computador. Os dados são entregues para o ULP em resposta a uma chamada, passando o endereço fonte e outros parâmetros como resultado da chamada.

3.2 Descrição das funções

A função do protocolo IP é transferir datagramas através de um conjunto de redes interconectadas. Isto é obtido pela transferência dos datagramas de um módulo internet para outro até chegar ao seu destino. O módulo internet é implementado nos computadores e comportas no Sistema Internet. Os datagramas são mapeados de um módulo internet para outro através de redes individuais por meio da interpretação do endereço internet.

No roteamento de mensagens de um módulo internet para o outro, datagramas podem necessitar atravessar uma rede cujo tamanho máximo permitido de um datagrama é menor que o tamanho do datagrama recebido. Para resolver este problema, o protocolo Internet utiliza o mecanismo de fragmentação.

A seguir, são descritas as duas funções básicas do protocolo internet: endereçamento e fragmentação.

- **Endereçamento:**

O módulo internet é responsável pelo mapeamento do endereço internet para o endereço da rede local.

Os endereços Internet possuem tamanho fixo de quatro octetos. Um endereço é constituído pelo número que identifica uma rede seguido pelo endereço local, isto é, na sua respectiva rede. Para permitir flexibilidade na atribuição de endereços para diversas configurações de rede, a interpretação do campo endereço é codificado para especificar um número pequeno de redes com um número grande de computadores, um número moderado de redes com um número moderado de computadores, e um número grande de redes com um número pequeno de computadores. Estas configurações são agrupadas em três classes no modelo de endereçamento Internet:

Classe A:

Dos 32 bites que compõe um endereço Internet, o bite mais significativo é igual a zero, os próximos sete bites contêm o endereço da rede, e os últimos 24 bites contêm o

endereço local:

Classe B:

Os dois bites mais significativos são iguais a um e zero respectivamente, os próximos 14 bites contêm o endereço da rede, e os últimos 16 bites contêm o endereço local:

Classe C:

Os três bites mais significativos são iguais a "110", os próximos 21 bites contêm o endereço da rede, e os últimos 8 bites contêm o endereço local.

- **Fragmentação:**

Fragmentação é necessária quando um datagrama para alcançar o seu destino deve atravessar uma rede local cujo tamanho máximo permitido para um datagrama é menor do que o da rede local originadora.

Um datagrama internet pode ser marcado com "don't fragment" e, dessa forma, não pode ser fragmentado em hipótese nenhuma. Se um datagrama internet marcado com "don't fragment" não puder ser entregue em seu destino sem fragmentá-lo, então, este datagrama deve ser descartado.

Para o procedimento de fragmentação e concatenação internet é necessário dividir o datagrama em um número arbitrário de partes que mais tarde serão concatenados. O receptor dos fragmentos usa o campo identificador (veja anexo) para assegurar que fragmentos de diferentes datagramas não serão misturados. O campo "offset" do fragmento informa ao receptor a posição relativa do fragmento no datagrama original. O "offset" do fragmento e o seu tamanho determinam a parcela do datagrama original coberto por este fragmento. O indicador "more-fragment" informa se este é o último fragmento.

O campo identificador é utilizado para distinguir os fragmentos de um datagrama dos fragmentos de um outro datagrama. O originador do datagrama internet atribui para o campo identificador um valor que deve ser único para o par fonte-destino e para o protocolo envolvido. Para um datagrama completo o originador atribui zero para o indicador "more-fragment" e zero para o "offset".

Para fragmentar um datagrama internet muito grande, o protocolo internet cria por exemplo dois novos datagramas internet e copia o conteúdo do cabeçalho internet do datagrama original para ambos os cabeçalhos internet dos novos datagramas. Os dados do datagrama original são divididos em duas parcelas, a primeira das quais tem tamanho múltiplo de 8 octetos, denominado de NFB (Number of Fragment Blocks). A primeira parcela é posta no primeiro e novo datagrama internet e o campo "total length" recebe o tamanho deste primeiro datagrama. O indicador "more-fragment" recebe o valor um. A segunda parcela de dados é posta no segundo e novo datagrama internet e o campo

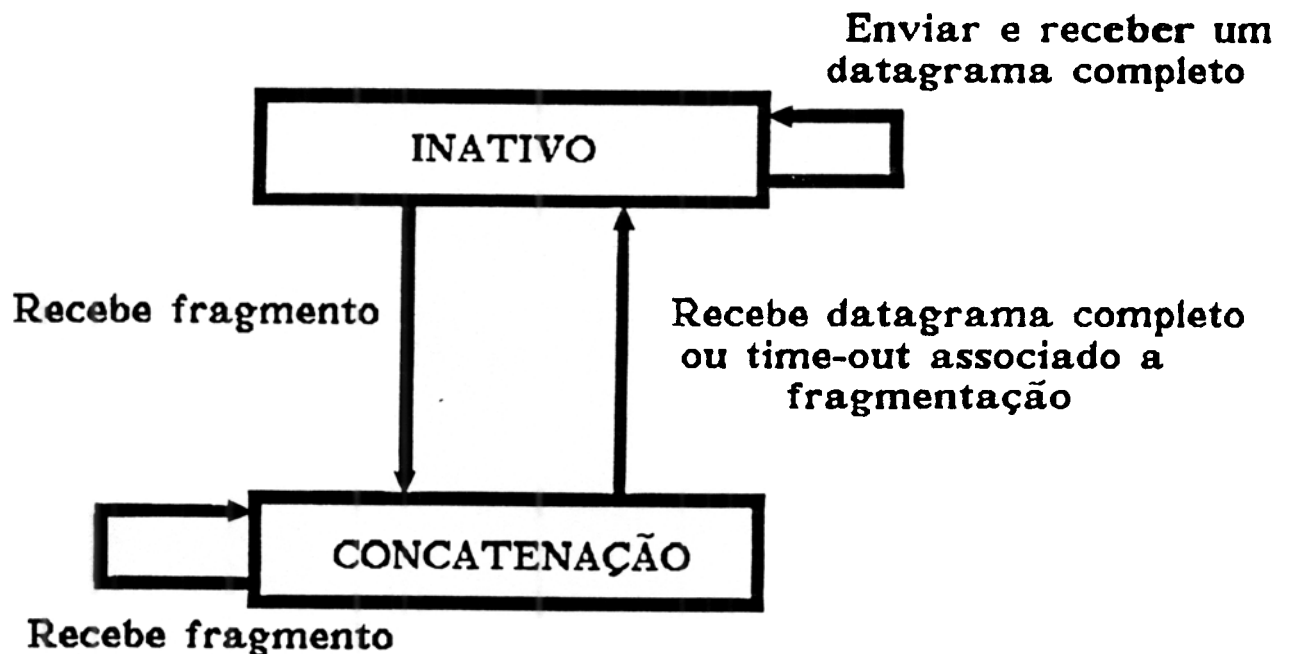
"total length" recebe o tamanho deste segundo datagrama. O campo "fragment offset" do segundo e novo datagrama internet recebe o valor deste campo no datagrama original somado ao NFB.

Este procedimento pode ser generalizado para uma divisão do datagrama original em N fragmentos.

Para concatenar os fragmentos no datagrama original, o protocolo internet associa todos os datagramas internet que têm os mesmos valores para os quatro campos: Identificação, fonte, destino e protocolo. A associação é feita ordenando os dados de cada fragmento na posição relativa indicada pelo campo "fragment offset" pertencente ao cabeçalho. O primeiro fragmento terá o campo "fragment offset" igual a zero e o último fragmento terá o indicador "more-fragment" igual a zero.

3.3 Funcionamento

O funcionamento da entidade IP pode ser especificado através de uma máquina de estados simplificada composta de um conjunto de estados, um conjunto de transições entre estados e um conjunto de eventos de entrada que causam a transição de estados.



A seguir, serão apresentadas as tabelas de decisões referentes aos eventos e opções da máquina de estado. As tabelas de decisões são organizadas por estado e cada tabela corresponde a um evento.

- 1 Estado = Inativo, Evento = Send para o protocolo do nível superior (ULP)

Parametro OK da ULP	Onde está Destino?	Necessita fragmentar	Pode Fragmentar	
Não				Erro p/ ULP(1)
Sim	ULP			Entrega local
Sim	Remoto	Não		Construa e envia
Sim	Remoto	Sim	Não	Erro p/ ULP(2)
Sim	Remoto	Sim	Sim	Fragmenta e envia

O ULP entrega os dados para o IP. IP valida os parâmetros, determina o destino e envia os dados para seu destino.

- 2 - Estado = Inativo, Evento = Entrega do Protocolo da Subrede (SNP)

onde ICMP (Internet Control Message Protocol) - O conjunto de condições de erros e formatos das mensagens de erros trocadas pelo módulos IP.

Check OK ?	Parametro OK	Time-to-live OK?	Entregar para?	É fragmento?	ICMP check	
Não						Descarta
Sim	Não					Erro p/ origem(1)
Sim	Sim	Não				Erro p/ origem(2)
Sim	Sim	Sim	ULP	Não		Entrega Remota
Sim	Sim	Sim	ULP	Sim		Concatena
						Estado = Concat.
Sim	Sim	Sim	ICMP	Não	Não	Descarta
Sim	Sim	Sim	ICMP	Não	Sim	Analisa
Sim	Sim	Sim	ICMP	Sim		Concatena
						Estado = Concat.
Sim	Sim	Sim	Remoto			Erro p/ origem(3)

onde ICMP (Internet Control Message Protocol) - O conjunto de condições de erros e formatos das mensagens de erros trocadas pelo módulos IP, encontrado em [2].

O módulo IP recebe um datagrama oriundo do SNP. IP valida o cabeçalho do datagrama, e ou entrega o datagrama completo para seu destino dentro do computador ou inicia a concatenação com o fragmento.

3 - Estado = Concatenação, Evento = Entrega do SNP

Check OK?	Parame- tro OK	Time-to- live OK?	Entregar para?	É frag- mento?	Concate- nação OK?	
Não						Descarta
Sim	Não					Erro p/ origem(1)
Sim	Sim	Não				Erro p/ origem(2)
Sim	Sim	Sim	ULP	Não		Entrega Remota
						Est=Inativo
Sim	Sim	Sim	ULP	Sim	Não	Concatena
Sim	Sim	Sim	ULP	Sim	Sim	Entrega datagrama
						Est=Inativo
Sim	Sim	Sim	ICMP	Sim	Não	Concatena
Sim	Sim	Sim	Remoto			Erro p/ origem(3)

O módulo IP recebe um datagrama associado com um fragmento recebido anteriormente. IP valida o cabeçalho e ou continua o processo de concatenação com o fragmento recebido ou entrega o datagrama completo para seu destino dentro do computador.

4 - Estado = Inativo, Evento = Time-out

O tempo máximo que os fragmentos podem ser concatenados no datagrama original terminou. O datagrama incompleto é deletado e o IP fonte é informado.

4. Conclusões

A confecção desse relatório técnico é importante como fonte de consulta para os grupos existentes na área de rede.

Este relatório foi baseado na RFC do DDN protocol Handbook, Volume 2 e teve como objetivo a obtenção de um documento introdutório para a compreensão de sua operação.

5. Bibliografia

1 - DDN Protocol Handbook, Volume one, DOD Military Standard Protocols, Menlo Park, SRI International.

2 - DDN Protocol Handbook, Volume Two, DARPA Internet Protocols, Menlo Park, SRI International.

3 - Comer. Douglas. Internetworking with TCP/IP: principles, protocols and architecture. Prentice Hall.

Apêndice - Formato do cabeçalho Internet

Version	IHL	Type of Service	Total Length	
Identification			Flg	Fragment Offset
Time to live	Protocol		Header Checksum	
Source Address				
Destination Address				
Options			Padding	

nde.

Version: (4 bites)

Este campo indica o formato do cabeçalho internet. Este documento descreve a versão 4.

IHL: (4 bites)

Internet Header Length é o tamanho do cabeçalho internet em unidades de 32 bites. Observe que o valor mínimo é de 5.

Tipo de Serviço: (8 bites)

Este campo fornece uma indicação dos parametros de qualidade de serviço desejado.

bites 0-2: Precedência;

bite 3: 0 = Normal Delay, 1 = Low Delay;

bite 4: 0 Normal Throughput, 1 = Low Throughput;

bite 5: 0 Normal Reliability, 1 = High Reliability;

Apêndice - Formato do cabeçalho Internet



onde.

Version: (4 bites)

Este campo indica o formato do cabeçalho internet. Este documento descreve a versão 4.

IHL: (4 bites)

Internet Header Length é o tamanho do cabeçalho internet em unidades de 32 bites. Observe que o valor mínimo é de 5.

Type of Service: (8 bites)

Este campo fornece uma indicação dos parâmetros de qualidade de serviço desejado.

bites 0-2: Precedência;

bite 3: 0 = Normal Delay, 1 = Low Delay;

bite 4: 0 = Normal Throughput, 1 = Low Throughput;

bite 5: 0 = Normal Reliability, 1 = High Reliability;

bite 6-7: Reservado para utilizar no futuro.

Total Length: (16 bites)

Este campo contém o tamanho total do datagrama, medido em octetos, incluindo cabeçalho e dados. Todos os computadores devem estar preparados para aceitar datagramas até 576 octetos.

Identification: (16 bites)

O valor deste campo é atribuído pelo originador do datagrama para auxiliar na concatenação dos fragmentos no datagrama original.

Flag: (3 bites)

São indicadores de controle.

bite 0: reservado, deve ser zero.

bite 1: (DF) 0 = May Fragment, 1 = Don't fragment;

bite 2: (MF) 0 = last Fragment, 1 = More Fragment.

Fragment Offset: (13 bites)

Este campo indica a posição relativa do fragmento no datagrama original. O "fragment offset" é medido em unidades de 8 octetos. O primeiro fragmento tem "offset" igual a zero.

Time to Live: (8 bites)

Este campo informa o tempo máximo que o datagrama pode permanecer no sistema internet. Se este campo tem valor igual a zero, então deve ser destruído. O tempo é medido em segundos.

Protocol: (8 bites)

Este campo informa o próximo nível de protocolo utilizado nos dados do datagrama internet.

Header Checksum: (16 bites)

Contém somente o código de detecção de erros do cabeçalho.

Source Address: (32 bites)

Contém o endereço fonte.

Destination Address: (32 bites)

Contém o endereço destino.

Option: variable

Ele deve ser implementado em todos os módulos IP (computadores e comportas). O que é opcional é sua transmissão em um determinado datagrama, não sua implementação.

São definidas as seguintes opções

- End of Option List.

No operation.

Security,

Loose Source and Record Route.

- Strict Source and Record route.

Record Route.

Internet Timestamp: