Teleprocessamento e Redes
Universidade Católica do Salvador
Professor Marco Antônio C. Câmara

Aula 13 – Protocolo IP Básico

Roteiro da Aula :

Nesta aula apresentaremos alguns dos protocolos da suíte[1] Internet, sem dúvida o conjunto de protocolos de comunicação mais conhecido e utilizado em todo o mundo.

Para entender melhor como funciona e devem ser utilizados os protocolos componentes desta suíte, decidimos apresentar nesta primeira apostila do assunto os conceitos básicos dos protocolos mais conhecidos, deixando o detalhamento para futuras apostilas.

1. Introdução

O TCP/IP, ou melhor, a suíte de protocolos Internet, é hoje largamente utilizada por milhares de computadores dos mais diversos portes, fabricantes, características e modelos, permitindo a comunicação entre os mesmos com relativa simplicidade. Da forma como está implementado, não interessa se você está utilizando um *palmtop* ou uma estação de trabalho UNIX para ter acesso a uma página WWW. O fato é que, em ambas as situações, você estará utilizando o mesmo conjunto de protocolos.

Com especificações e características totalmente abertas, a suíte de protocolos Internet permite que milhares de pessoas colaborem com o desenvolvimento de novas aplicações, aumentando ainda mais o enorme contingente de máquinas e usuários que utilizam seus recursos em todo o mundo.

Também é interessante saber que todo este sucesso surgiu a partir de um projeto de pesquisa financiado pelo governo americano no final dos anos 60. Depois disto, o TCP/IP se espalhou pelas universidades americanas e de todo o mundo, acabando por encontrar (ou quem sabe inventar ...) o seu melhor meio de divulgação : a Internet.

2. Modelo em Camadas

Assim como o OSI, o modelo Internet é constituído de camadas com funções bem específicas e conhecidas. Para nós que conhecemos o modelo OSI, talvez seja interessante fazer uma pequena analogia. Para tanto preparei o desenho abaixo, que representa as camadas do modelo Internet e suas correspondentes no modelo OSI.

[1] "Suíte" de procotolos é um termo utilizado para designar uma família de protocolos normalmente utilizados em conjunto no mesmo ambiente. Além da suíte Internet, que contém o TCP/IP, existem a suíte SNA, a suíte Novell (que contém o IPX/SPX) etc.

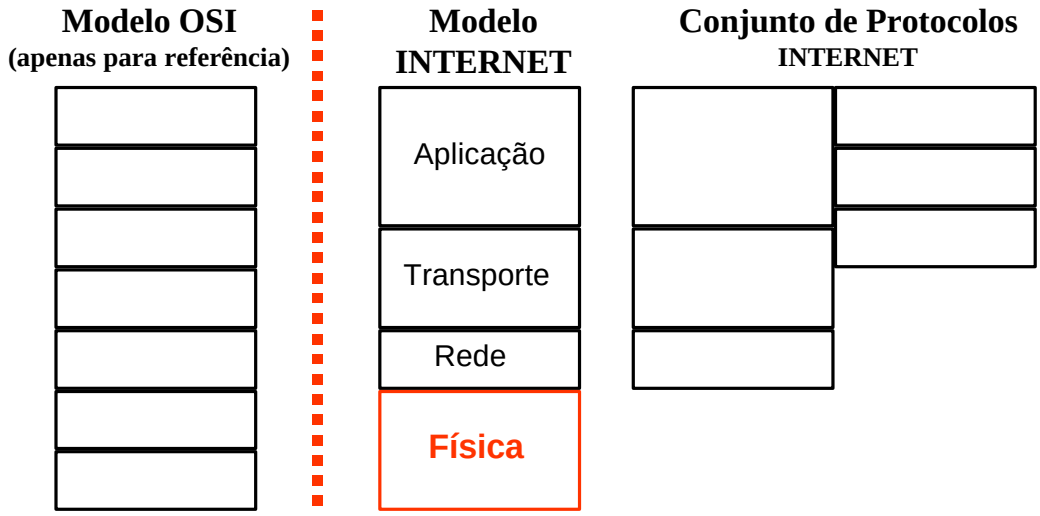

Figura 1 - Comparação do modelo Internet com o modelo OSI.

Como podemos ver, o modelo Internet não se preocupa com as duas camadas inferiores do modelo OSI (física e enlace), que são agrupadas em uma camada muitas vezes chamadas de *link*, ou simplesmente camada física por outros autores. O tratamento funcional do modelo começa mesmo a partir da camada de rede, que corresponde à camada homônima no modelo OSI. Daí para cima os modelos ficam completamente diferentes.

A liberdade de se utilizar qualquer camada física ou de enlace torna mais simples a implementação desta suíte de protocolos. Fica fácil então implementar o TCP/IP em diversos ambientes de redes locais e remotas, normalmente adotando literalmente os padrões já existentes para estas camadas. Sendo assim, é comum implementar o TCP/IP sobre redes *ethernet*, *frame-relay*, *token-ring* etc. Até mesmo o padrão ATM, que não segue as características do modelo OSI em suas primeiras camadas, pode ser interligado através da implantação de uma camada de interface também conhecida como LANE, ou LAN *Emulation*[2].

Uma outra análise possível é a associação dos protocolos mais freqüentemente utilizados na suíte com as camadas associadas no modelo OSI. Sendo assim, temos por exemplo o IP, ICMP e IGMP na camada 3; o TCP e o UDP na camada 4; o TELNET e o FTP na camada 7, por exemplo.

2.1. Para que serve cada camada ?

As diferentes camadas apresentadas têm funções muito fáceis de explicar. Nos itens abaixo relacionamos as principais atividades exercidas por cada camada.

[2] O recurso de emulação de redes locais será visto com mais detalhes em apostilas posteriores.

2.1.1. Camada de rede

Também conhecida como camada Internet, a camada de rede é quem regula a transferência de pacotes de informação propriamente dita. Ela está presente em diversos equipamentos da rede, o que envolve equipamentos intermediários (os "roteadores"), além do emissor e do receptor.

2.1.2. Camada de transporte

É quem garante o fluxo de informações entre emissor e receptor. Para tanto, a camada precisa muitas vezes garantir a qualidade da transmissão de dados entre dezenas de equipamentos intermediários, que se comunicam seqüencialmente através da camada de rede vista anteriormente.

Como a qualidade é um conceito relativo, normalmente se estabelece um nível de "qualidade de serviço" (em inglês temos a conhecida sigla **QoS**) entre o receptor e o emissor. Este nível vai determinar não só o tipo de protocolo que deverá ser utilizado (TCP ou UDP), como também o esquema a ser utilizado para a checagem de integridade na recepção.

2.1.3. Camada de aplicação

Considerando-se a possibilidade de comunicação entre dois ou mais computadores, foram surgindo diversas aplicações que se utilizam deste recurso para implementar funções úteis. Entre outras, temos a emulação de terminais, a transferência de arquivos, a execução remota de programas etc.

Implementar estas funções é a tarefa da camada de aplicação, que não precisa se preocupar com a transferência de bits, quadros ou pacotes através da rede, assim como as camadas de rede e transporte não tinham qualquer conhecimento acerca dos objetivos desejados com a transferência de um determinado pacote de informação.

2.2. A comunicação *peer-to-peer*

Tal como já vimos no estudo do modelo em camadas, a comunicação acontece virtualmente entre camadas de mesmo nível. Complementando, podemos dizer que a comunicação acontece virtualmente entre camadas que falam o mesmo protocolo.

Exemplificando, a camada de transporte do emissor "fala" virtualmente com a camada de transporte do receptor. Se o emissor falar usando TCP, obrigatoriamente o receptor também deverá utilizar o TCP para "entender" a mensagem recebida.

2.3. Implementação das camadas

Normalmente a implementação das camadas do modelo Internet e seus respectivos protocolos exige uma capacidade de processamento encontrada apenas em sistemas baseados em computadores. Por este motivo,

implementam-se as funções de cada camada através de *softwares*[3] específicos que serão executados pelos processadores destes equipamentos[4].

No caso da implementação do *software* por um computador de uso genérico, normalmente implementam-se as funções das camadas de rede e transporte dentro do *kernel* do sistema operacional utilizado. Isto ocorre com os protocolos destas camadas por exemplo no UNIX e nas diversas versões do Windows, por exemplo. Já os protocolos da camada de aplicação normalmente são implementados em aplicações executadas pelo usuário. Em sistemas operacionais antigos, como o MS-DOS, por exemplo, todas as funções eram implementadas por aplicações.

2.4. Sopa de letrinhas

Durante todo o estudo da suíte de protocolos TCP/IP, vamos encontrar diversas siglas representando os diversos protocolos da suíte. Muito embora ainda não tenhamos chegado a estudar especificamente nenhum deles, até mesmo nesta apostila já usamos diversas siglas, como o próprio TCP/IP, FTP, UDP etc.

Para algumas pessoas acostumadas ao uso da Internet, muitas das siglas soarão familiares. No entanto, para garantir a familiaridade mesmo para aqueles mais inexperientes, apresentamos a seguir algumas das siglas mais conhecidas e seu significado. No decorrer da apostila, seremos apresentados a mais algumas que talvez não estejam nesta lista :

2.4.1. IP

Internet Protocol – é o protocolo básico da suíte Internet. A grande maioria dos demais protocolos utiliza-se dele para encaminhamento de suas informações. Ele será o objeto principal de nosso estudo. É o protocolo mais comum na camada de rede.

2.4.2. ICMP

Internet Control Message Protocol – é normalmente considerado como parte do protocolo IP. Sua função básica é comunicar erros e condições especiais tanto para o protocolo IP como para os protocolos superiores (TCP e UDP). Algumas mensagens ICMP podem inclusive chegar diretamente até o usuário, como em duas aplicações populares, o PING e o TRACEROUTE (a serem vistas posteriormente). Assim como o protocolo IP, o ICMP também está localizado na camada de rede.

[3] Nos chamados "*switches* de camada 3", o processamento dos protocolos da camada de rede é realizado por *hardware* de aplicação específica (ASIC – *Application Specific Integrated Circuit*). Isto torna o equipamento mais rápido na processamento dos pacotes, o que o torna extremamente atraente em aplicações muito sensíveis à performance.

[4] Por outro lado, muitas vezes o equipamento que executa o processamento não é um computador convencional, embora possua microprocessadores. Neste caso, implementam-se *software's* projetados apenas para a execução deste trabalho, como acontecem nos roteadores *stand-alone*.

2.4.3. IGMP

Internet Group Management Protocol – é o protocolo utilizado nas modernas aplicações multicast, como distribuição de vídeo e aplicações multimídia, por exemplo. Através deste protocolo, é possível saber quais são os *host* destinatários de uma mensagem específica. Da mesma forma que o ICMP, o IGMP é considerado como parte do protocolo IP, e também está na camada de rede.

2.4.4. TCP

Transmission Control Protocol – como o próprio nome diz, este é um protocolo de camada de transporte que garante o nível de qualidade de serviço estipulado pela camada de aplicação. Muito utilizado em conjunto com o IP, são eles que dão o nome mais conhecido da suíte, ou melhor, TCP/IP.

2.4.5. UDP

User Datagram Protocol – é o equivalente do TCP para tráfego de não confiável. É importante citar que quando falamos em tráfego não confiável, estamos falando de informações que precisam ser transferidas de forma ágil, mas sem garantia de entrega. A garantia de entrega normalmente reduz a taxa de transferência efetiva, por implicar em no aguardo de confirmações de recebimento.

2.4.6. FTP

File Transfer Protocol – é um protocolo para transferência de arquivos. Situado na camada de aplicação, ele permite transferir arquivos entre emissor e receptor através dos demais protocolos de comunicação de camada mais baixa.

2.4.7. TELNET

Remote Terminal Protocol **–** é uma aplicação típica da camada de aplicação. Seu objetivo é permitir a emulação remota de um terminal de um *host* através dos demais protocolos de camadas mais baixas.

2.5. Qual a diferença entre as camadas de rede e de transporte ?

A diferença entre a camada de aplicação e as demais camadas é óbvia. Afinal de contas, a camada de aplicação não se preocupa com quaisquer detalhes da comunicação em si, estando dedicada ao atendimento das necessidades dos usuários.

No entanto, entender a diferença funcional entre a camada de rede e de transporte pode parecer um pouco mais complicado. Por este motivo apresentamos dois aspectos importantes :

2.5.1. Comunicação fim a fim

Quando utilizamos uma aplicação TCP/IP na Internet, como por exemplo o protocolo TCP/IP, não nos preocupamos com a topologia das redes envolvidas

entre os dois *hosts*. Chama-se este tipo de comunicação de fim-a-fim, como já tivemos oportunidade de ver no estudo do modelo OSI.

O mesmo tipo de comportamento acontece na camada de transporte do modelo Internet. Sendo assim, os protocolos da camada de transporte não precisam conhecer a topologia das redes envolvidas. Eles utilizam-se dos serviços não confiáveis oferecidos pela camada de rede, desprezando completamente a resolução de problemas associados à topologia, que são resolvidos pela camada de rede.

Já na camada de rede, em muitos casos não é possível desprezar os problemas associados à topologia. É muito comum por exemplo a comunicação entre computadores que estão interligados a redes de diferentes topologias e tecnologias. Entre estas redes, utilizam-se dispositivos especiais, chamados de roteadores, que permitem adequar as diferenças nas camadas física e de enlace. Neste caso, a interligação entre dois *hosts* localizados em redes diferentes se traduz em diversas interligações individuais entre *hosts* dos segmentos de rede intermediários, que precisam ser implementadas.

É importante no entanto lembrar que podemos interligar redes com diferenças na camada física através de repetidores, *bridges* ou *switches*. Nestes casos, a camada de rede não enxerga o dispositivo de interligação.

2.5.2. Comunicação Confiável x Não Confiável

Um outro problema é o tipo de serviço oferecido pelas duas camadas. Enquanto a camada de rede oferece um serviço não confiável, a camada de transporte pode oferecer um serviço confiável, a depender das necessidades de qualidade de serviço apresentadas pela camada de aplicação.

Desta forma, é importante garantir a presença de duas camadas distintas, obedecendo aos mesmos motivos do modelo OSI.

3. Endereçamento IP

Fundamental ao entendimento da suíte de protocolos Internet, o endereçamento IP é uma das características técnicas básicas mais importantes no estudo da suíte de protocolos Internet.

Através do esquema de endereçamento IP, é possível indicar o *host* destinatário (ou mesmo os *hosts*, caso utilize-se comunicação multicast/*broadcast*), estejam eles na mesma rede ou em qualquer outra rede interligada.

Fundamentalmente, cada interface em uma rede baseada no modelo Internet tem um único endereço (chamado de **endereço IP**). Estes endereços utilizam uma estrutura específica de identificação baseada em números binários de 32 bits.

Existem cinco diferentes “classes” de endereço, identificadas pelos valores dos primeiros bits do endereço, conforme podemos ver na figura a seguir. Os bits restantes são utilizados para identificar a rede e o *host* desejado. Em alguns casos, parte destes bits também é utilizada para identificação da “sub-rede”, como veremos posteriormente.

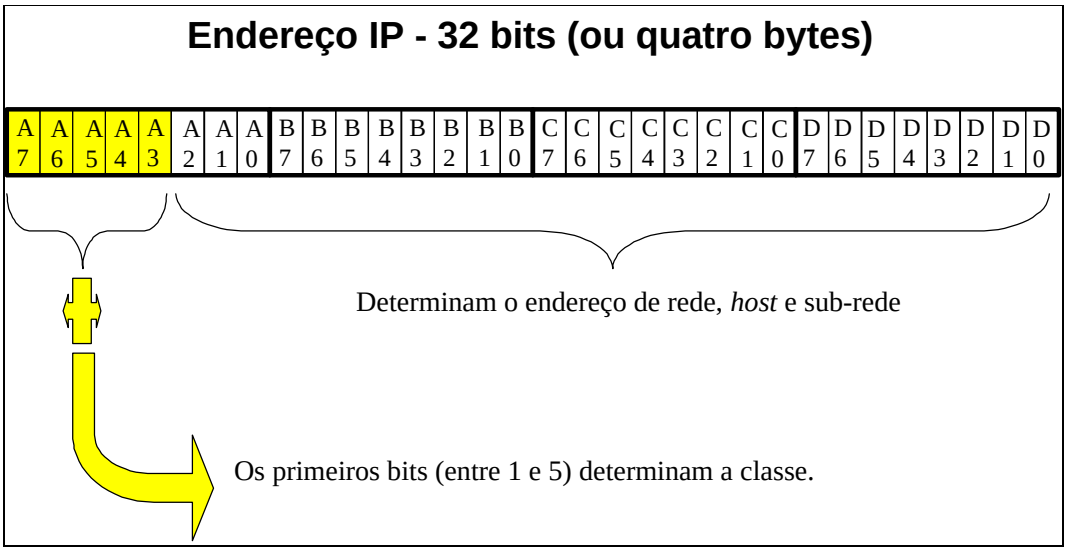

Figura 2 - Formato binário para um endereço IP

Na prática, os endereços IP são representados por uma seqüência de quatro número decimais separados por pontos. Cada número decimal corresponde ao valor do byte daquela posição. Utilizando ainda a figura, podemos dizer que os 32 bytes do endereço representado na figura seriam representados pelo seqüência **A.B.C.D**. Exemplificando, **A** corresponde ao valor do número binário ($A_7A_6A_5A_4A_3A_2A_1A_0$) após convertido para decimal.

3.1. Endereços de Rede

Para identificar as milhares de redes baseadas na suíte de protocolos Internet existentes no mundo, existe o conceito de "endereço de rede". Em termos simples, cada rede baseada nesta suíte de protocolos possui uma identificação única e inequívoca.

No entanto, existem redes de diferentes abrangências. Redes com milhares de *hosts* não deveriam ser confundidas com redes com pequena quantidade de pontos. Por este motivo, foram criadas as classes de endereços, que identificam o perfil da rede que está sendo identificada.

3.2. Classes de endereço

Seguindo o raciocínio apresentado no item anterior, seria interessante classificar as redes pelo tamanho. Na prática, se decidiu por uma classificação bem simples : redes com grande quantidade de pontos (classe A), redes com uma quantidade média de pontos (classe B) e redes pequenas (classe C). Outras duas classes de endereço foram criadas para aplicações especiais (classes D e E).

3.2.1. Redes Classe A

Em redes de grande porte, o maior problema de identificação está nas estações (*hosts*). Como a quantidade de pontos é bastante elevada, temos que reservar a maior quantidade possível de bits para identificar os *hosts*. Sendo assim, neste caso, dos quatro octetos disponíveis, utilizamos os três últimos para identificar os *hosts*.

Sendo assim, temos a seguinte distribuição nos endereços de redes classe A :

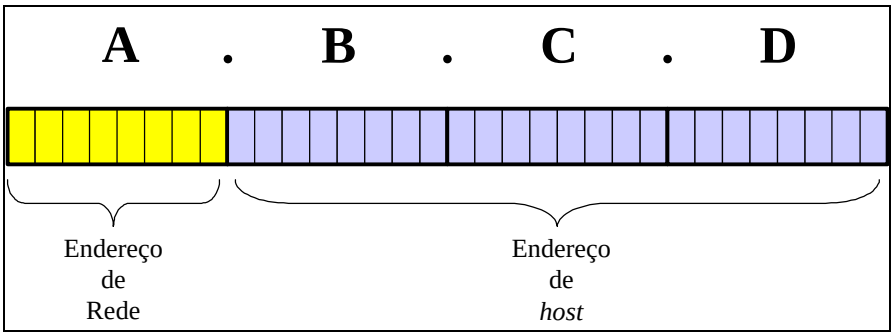

Figura 3 - Formato de endereço para redes classe A

3.2.2. Redes Classe B

Nas redes de tamanho médio, reservamos a mesma quantidade de octetos tanto para o endereço de rede como para o endereço de *host*. Sendo assim, temos os dois primeiros octetos identificando a rede e os dois últimos identificando o *host*. Observando graficamente a distribuição, temos :

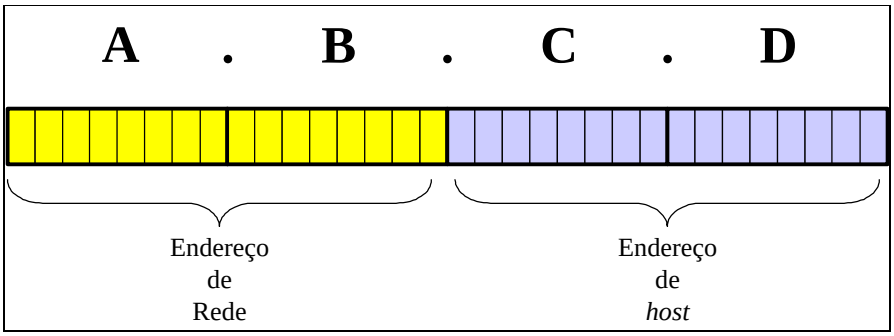

Figura 4 - Formato de endereço para redes classe B

3.2.3. Redes Classe C

Nas redes de pequeno porte, basta reservar o último octeto para identificar os *hosts*. Sendo assim, temos a seguinte distribuição :

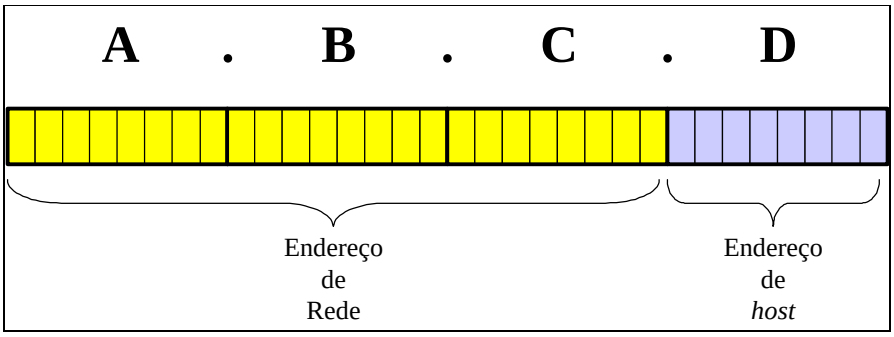

Figura 5 - Formato de endereço para redes classe C

3.2.4. Identificando a classe de uma rede IP

Para simplificar a identificação da classe de uma determinada rede, foi criado um artifício que permite identificar uma rede a partir do primeiro octeto de seu endereço IP.

A regra é bem simples : basta identificar aonde está o primeiro bit 0 (zero) do primeiro octeto. Se o zero estiver no primeiro bit, a rede será de classe A, se estiver no segundo, de classe B e assim sucessivamente. Representando melhor, temos :

Classe	Endereço Inicial		Endereço Final	
	Binário	Decimal	Binário	Decimal
A	00000000	0	01111111	127
B	10000000	128	10111111	191
C	11000000	192	11011111	223
D	11100000	224	11101111	239
E	11110000	240	11110111	247

Tabela 1 - Faixas do primeiro octeto em função da classe da rede IP

Com base nesta regra, a simples observação do primeiro octeto do endereço IP permite determinar com segurança que tipo de rede está sobre análise. Enquanto alguns preferem decorar os números decimais limites, outros preferem converter para binário o número do primeiro octeto.

3.2.5. Redes Classe D

De forma diferente das classes A, B e C, as classes D e E identificam endereços especiais, não tendo nenhuma relação com a dimensão da rede. No caso do endereço classe D, que está sendo analisado agora, o objetivo é identificar ambientes de rede com endereçamento *multicast*.

O endereçamento *multicast* existe para ambientes onde é interessante encaminhar mensagens para mais de um destinatário ao mesmo tempo. Sem o conceito de *multicast*, seria necessário encaminhar a mensagem individualmente para cada um dos usuários. Este tipo de aplicação, bastante recente, é muito interessante para a divulgação de imagens de vídeo e notícias, por exemplo. Uma outra aplicação é a solicitação de serviços por estações clientes para servidores – sem o *multicast*, seria necessário enviar uma mensagem de *broadcast*[5], o que acabaria por afetar todas as estações.

Operacionalmente, identificamos grupos de *hosts* e os associamos a endereços de classe D específicos. Os grupos de *hosts* tem participações dinâmicos, ou seja, um *host* pode entrar ou sair de um grupo a qualquer momento. Também não é necessário fazer parte de um grupo para enviar mensagens para ele.

Para exemplificar, é interessante saber que alguns endereços de grupo *multicast* são pré-definidos[6], como por exemplo o endereço 224.0.0.2, que identifica "todos os roteadores desta sub-rede". Maiores detalhes sobre *multicast* podem ser obtidos em 1.

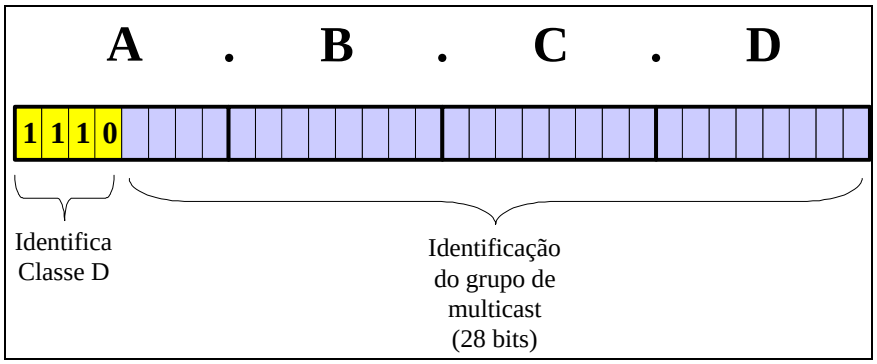

Figura 6 - Formato de endereço para redes classe D

Observe na figura acima que o formato de um endereço IP classe D não pressupões qualquer divisão entre *host* e rede, já que agora não mais identificamos os mesmos, e sim apenas o grupo.

3.2.6. Redes Classe E

A última classe de endereços IP a ser apresentada é a classe E. Esta classe foi reservada para testes e uso futuro, não tendo qualquer aplicação convencional associada à mesma. Na prática, com o lançamento de esquemas de endereçamento mais sofisticados, como o IPv6 (que veremos mais tarde nesta apostila), esta classe acabou se tornando inútil, já que as novas aplicações deverão se utilizar dos recursos apresentados pelo IPv6.

3.3. Endereços de *host*

Com base no endereço de rede, cada um dos computadores pertencentes à rede são também identificados de forma única e inequívoca. Neste caso se utiliza do conceito de "endereço de *host*".

[5] Tal como já vimos anteriormente, uma mensagem *broadcast* é uma mensagem que deve ser lida por TODOS os destinatários.
[6] Quem define estes endereços, também chamados de *well-know addresses*, é o IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*).

Além das classes, existem três diferentes tipos de endereço IP : os endereços unicast, multicast e broadcast.