



# Internetworking no TCP/IP

# Internet

- ✴ Uma internet ou internetwork é a conexão de dois ou mais redes distintas de forma a permitir a comunicação de computadores numa rede com os computadores de outra rede.
- ✴ Permite esconder os detalhes existentes nas diferenças das redes
- ✴ Permite também redes diferentes funcionarem como uma unidade coordenada



# Interconnection

**Repeaters:** Trabalham na camada física e apenas copiam sinais eléctricos de um segmento da rede para outro.

**Bridges:** Trabalham ao nível da camada de data-link e copia as frames de uma rede para outra. Bridges contêm a lógica de forma a copiar um subconjunto de frames que recebem.

**Routers:** Trabalham na camada de rede e tomam a decisão de roteamento de uma rede para outra.

# Gateways

- ☀ Termo genérico que refere um entidade utilizada para interligar duas ou mais redes.
- ☀ Em TCP/IP, um gateway é um router da camada de rede.
- ☀ Também é associado a software que permite a realização de conversões específicas em camadas superiores á camada de rede, ex. Gateway de mail.

# Multihomed Host

- ★ Um host é **multihomed** se tiver mais do que um interface de rede.
- ★ Como endereços internet contêm a rede e o host da rede, não especificam um host mas uma conexão para a rede.
- ★ Diferentes níveis de abstracção: os utilizadores fazem o login num host; os computadores host estão conectados à rede; as redes estão interligadas numa forma de internet.

# TCP/IP

- ★ TCP = Transmission Control Protocol, IP = Internet Protocol.
- ★ Implementado em tudo, desde computadores, minicomputadores até supercomputadores.
- ★ Utiliza-se em LANs e WANs

# Características do TCP/IP

- ★ TCP (Transmission Control Protocol): é um protocolo orientado à conexão que permite transmissões fiáveis, baseada streams de bytes e no modo full-duplex. A maioria das aplicações da internet utilizam o TCP que se baseia no IP, todo o protocolo Internet é normalmente denominado de TCP/IP
- ★ UDP (User Datagram Protocol): Protocolo não orientado à conexão, não existindo a garantia de os datagramas UDP chegarem ao destino.

# ICMP e IP

- ★ ICMP (Internet Control Message Protocol):
- ★ Trata os erros e a informação de controle entre os gateways e os host. As mensagens ICMP são transmitidas através de datagramas IPs, estas mensagens são normalmente geradas e processadas pelo protocolo TCP/IP.
- ★ IP (Internet Protocol):
- ★ Fornece um serviço não orientada à conexão e não fiável. Fornece o serviço de entrega de pacotes para o TCP, UDP e ICMP.



# ARP e RARP

- ✱ ARP (Address Resolution Protocol):
  - ✱ Mapeia os endereços internet para endereços de hardware. Este protocolo e o RARP não são utilizados em todas as redes.
- ✱ RARP (Reverse Address Resolution Protocol):
  - ✱ Mapeia endereços de hardware para endereços de internet.

# IGMP (overview cont.)

- ★ IGMP (Internet Group Management Protocol):
- ★ É utilizado para hosts e routers que suportam o multitasking. Permite determinar que hosts pertencem a determinados grupos de multicasts.
- ★ Esta informação é necessária por routers multicast de forma a ser possível determinar que datagrama multicast deve ser enviada para um determinado interface.
- ★ **unicast:** Destinado apenas a um host;
- ★ **broadcast:** destinado a todos os hosts de uma rede.
- ★ **multicast:** destinado a um conjunto de hosts que pertencem a um grupo.

# Nomes, Endereços e Routers

- ✱ Um nome identifica o que um objecto é.
- ✱ Um endereço identifica onde está.
- ✱ Um router diz como chegar a um local.
- ✱ Cada protocolo define alguns tipos de endereçamento que identificam as redes e computadores.
- ✱ No protocolo TCP/IP utiliza-se endereços internet.

# Endereços Internet

- ★ Um endereço internet ocupa 32 bits e contém o endereço da rede e do host. O id do host é relativo ao endereço da rede.
- ★ Cada host no TCP/IP tem que ter um endereço único
- ★ Os endereços TCP/IP na internet são atribuídos por uma entidade central, a **Internet Network Information Center (InterNIC)** localizada em SRI International.

# Classes de endereços Internet

- ✱ Os bits de um endereço internet partilham um prefixo comum para todos os hosts numa rede
- ✱ Cada endereço é constituído por um par (netid,hostid) onde netid identifica a rede e hostid identifica um host na rede.

# Classes de endereços IP

## **Class A**

(para redes grandes) começam com 0, seguidos por 7-bit para netid e 24-bit para hostid;

## **Class B**

(redes de tamanho intermédio) começam com 10, seguidos por 14-bits para netid e 16-bits para hostid;

## **Class C**

(para redes pequenas) começam com 110 seguidos por 21-bits para netid e 8-bits para hostid;

## **Class D**

(para Multicast) começam com 1110 seguidos por 28-bit para endereços multicast.

# Endereços IP

"class-full" addressing:

classe

A

0	rede		host	
---	------	--	------	--

1.0.0.0 to  
127.255.255.255

B

10	rede		host
----	------	--	------

128.0.0.0 to  
191.255.255.255

C

110	rede		host
-----	------	--	------

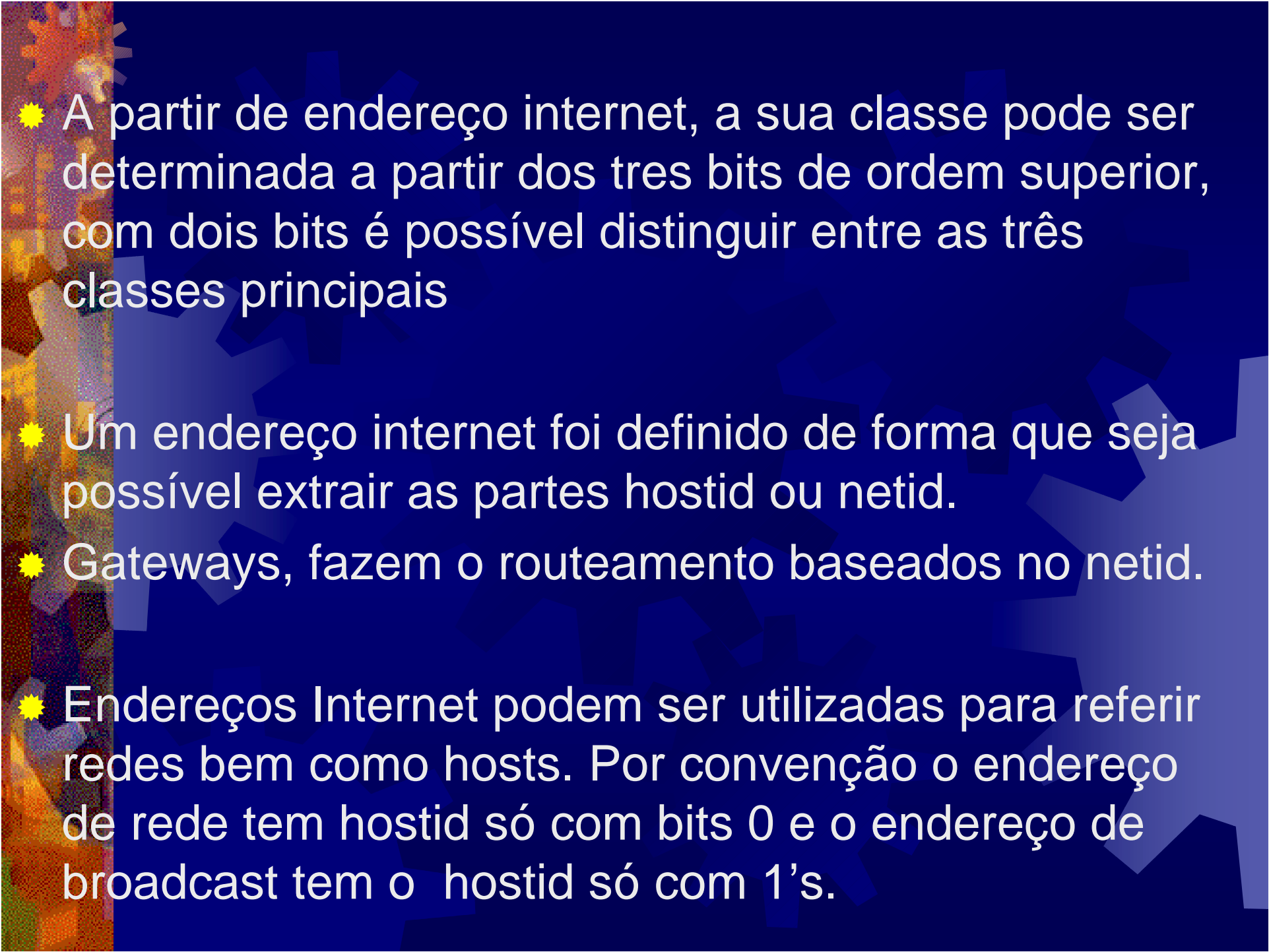
192.0.0.0 to  
223.255.255.255

D

1110	endereço multicast		
------	--------------------	--	--

224.0.0.0 to  
239.255.255.255

← 32 bits →

- 
- ✴ A partir de endereço internet, a sua classe pode ser determinada a partir dos tres bits de ordem superior, com dois bits é possível distinguir entre as três classes principais
  - ✴ Um endereço internet foi definido de forma que seja possível extrair as partes hostid ou netid.
  - ✴ Gateways, fazem o roteamento baseados no netid.
  - ✴ Endereços Internet podem ser utilizadas para referir redes bem como hosts. Por convenção o endereço de rede tem hostid só com bits 0 e o endereço de broadcast tem o hostid só com 1's.



# Endereçamento IP: CIDR

## ★ classful addressing:

- inefficient use of address space, address space exhaustion
- e.g., class B net allocated enough addresses for 65K hosts, even if only 2K hosts in that network

## ★ CIDR: Classless InterDomain Routing

- network portion of address of arbitrary length
- address format: **a.b.c.d/x**, where x is # bits in network portion of address



200.23.16.0/23

# Endereços IP : como obter um?

Obter uma parte do espaço de rede  
atribuído ao ISP's :

ISP's block	<u>11001000 00010111 00010000</u> 00000000	200.23.16.0/20
Organization 0	<u>11001000 00010111 00010000</u> 00000000	200.23.16.0/23
Organization 1	<u>11001000 00010111 00010010</u> 00000000	200.23.18.0/23
Organization 2	<u>11001000 00010111 00010100</u> 00000000	200.23.20.0/23
...	.....	....
Organization 7	<u>11001000 00010111 00011110</u> 00000000	200.23.30.0/23

The background of the slide is a dark blue field filled with several interlocking gears of different sizes. The gears are rendered in various shades of blue, from a deep navy to a lighter, almost white blue, creating a sense of depth and movement. On the far left, there is a vertical strip of a colorful, abstract, and pixelated pattern in shades of orange, yellow, and brown, resembling a textured surface or a close-up of a mechanical part.

Fim!

# Endereçamento Hierárquico: route aggregation

Hierarchical addressing allows efficient advertisement of routing information:

Organization 0

200.23.16.0/23

Organization 1

200.23.18.0/23

Organization 2

200.23.20.0/23

Organization 7

200.23.30.0/23

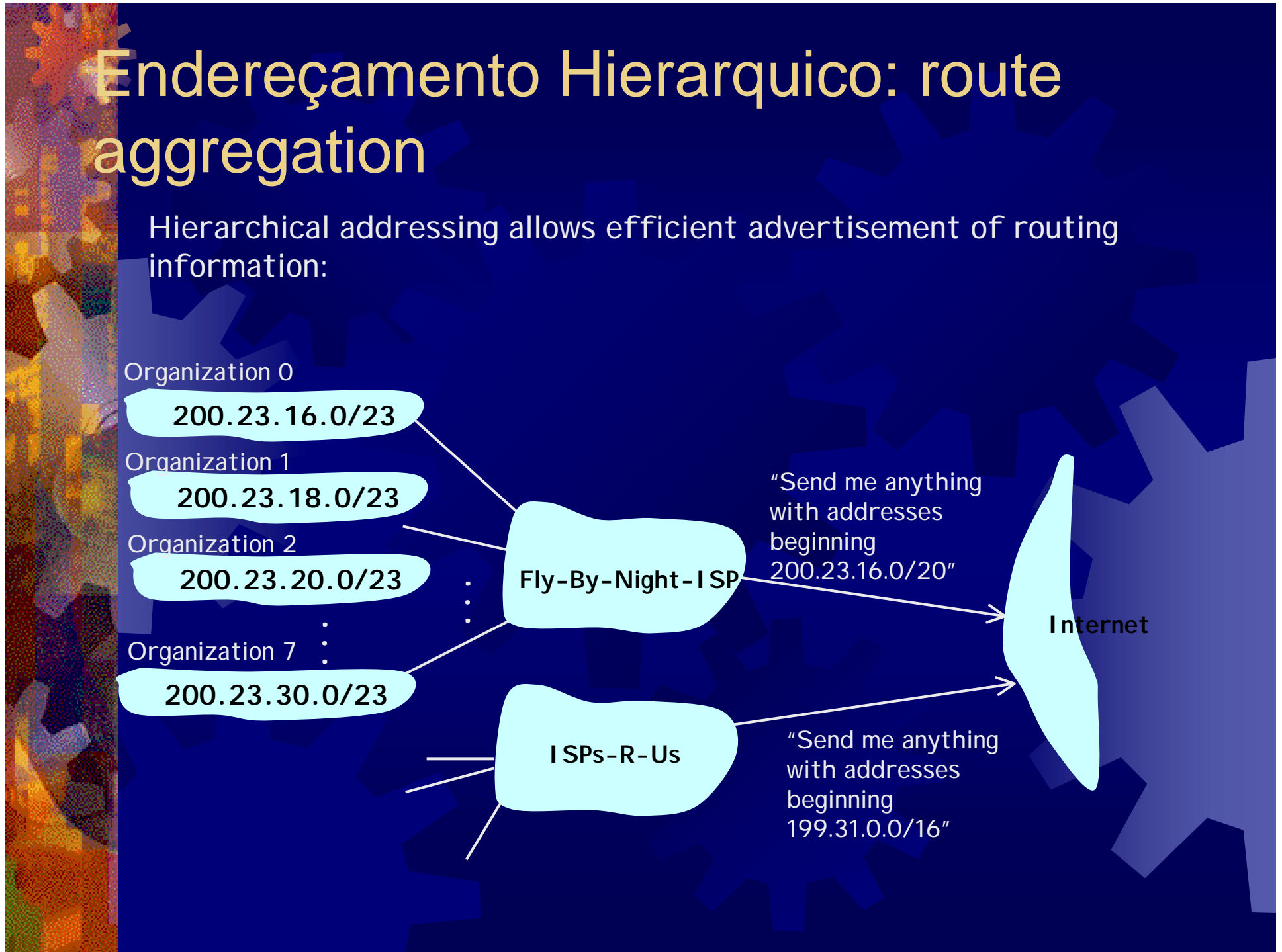
Fly-By-Night-ISP

"Send me anything  
with addresses  
beginning  
200.23.16.0/20"

ISPs-R-Us

"Send me anything  
with addresses  
beginning  
199.31.0.0/16"

Internet



# Hierarchical addressing: more specific routes

ISPs-R-Us has a more specific route to Organization 1

Organization 0

200.23.16.0/23

Organization 2

200.23.20.0/23

Organization 7

200.23.30.0/23

Organization 1

200.23.18.0/23

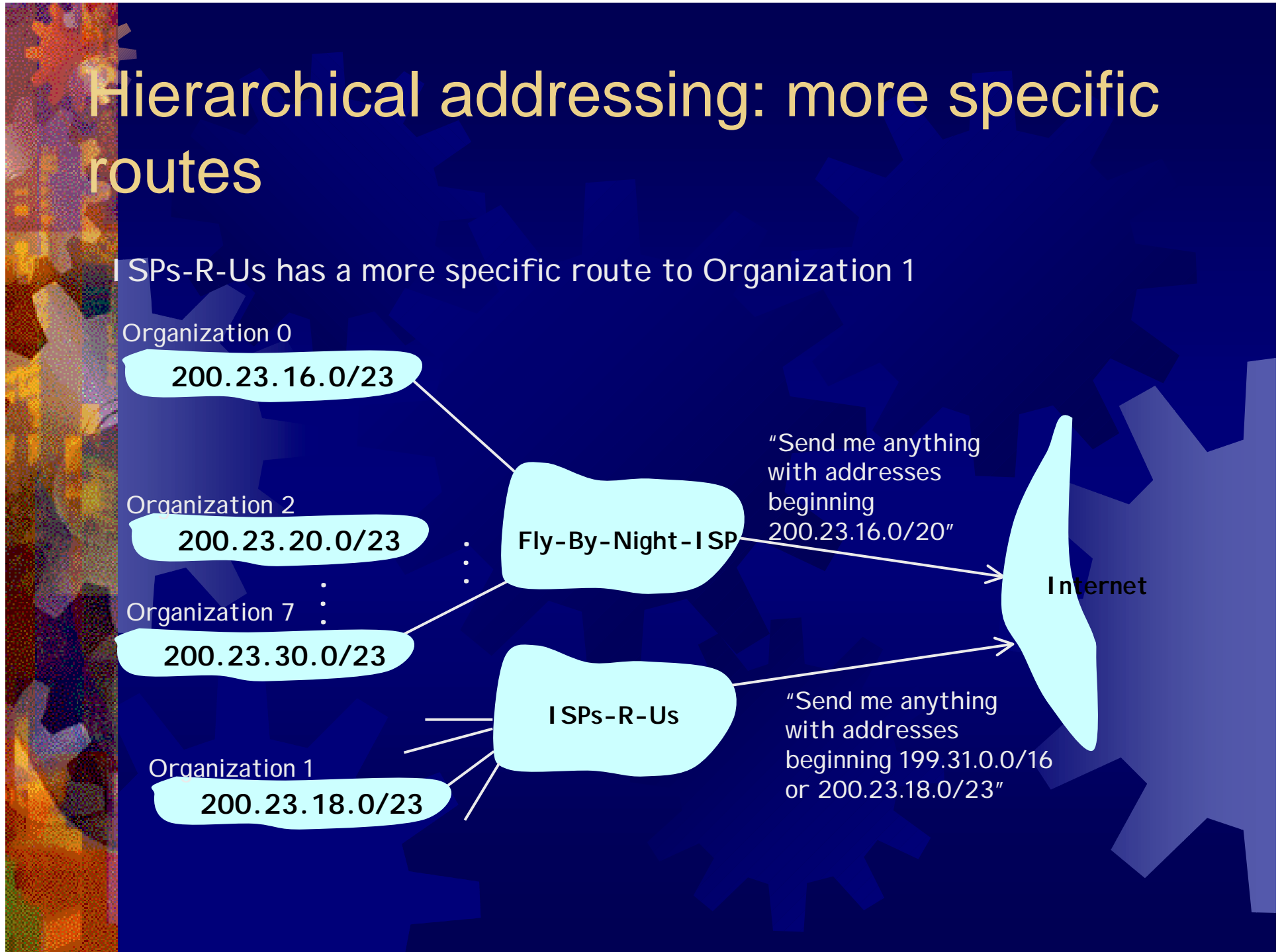
Fly-By-Night-ISP

ISPs-R-Us

"Send me anything  
with addresses  
beginning  
200.23.16.0/20"

"Send me anything  
with addresses  
beginning 199.31.0.0/16  
or 200.23.18.0/23"

Internet





# IP addressing: the last word...

Q: How does an ISP get block of addresses?

A: **ICANN**: Internet **C**orporation for **A**ssigned **N**ames and **N**umbers

- allocates addresses
- manages DNS
- assigns domain names, resolves disputes



# Internet Protocol

**Connectionless:** because it considers each IP datagram independent of all others. Every IP datagram contains the source address and the destination address so that each datagram can be delivered and routed independently.

**Unreliable:** because it does not guarantee that IP datagrams ever get delivered or that they are delivered correctly (may be lost, duplicated or out of order).

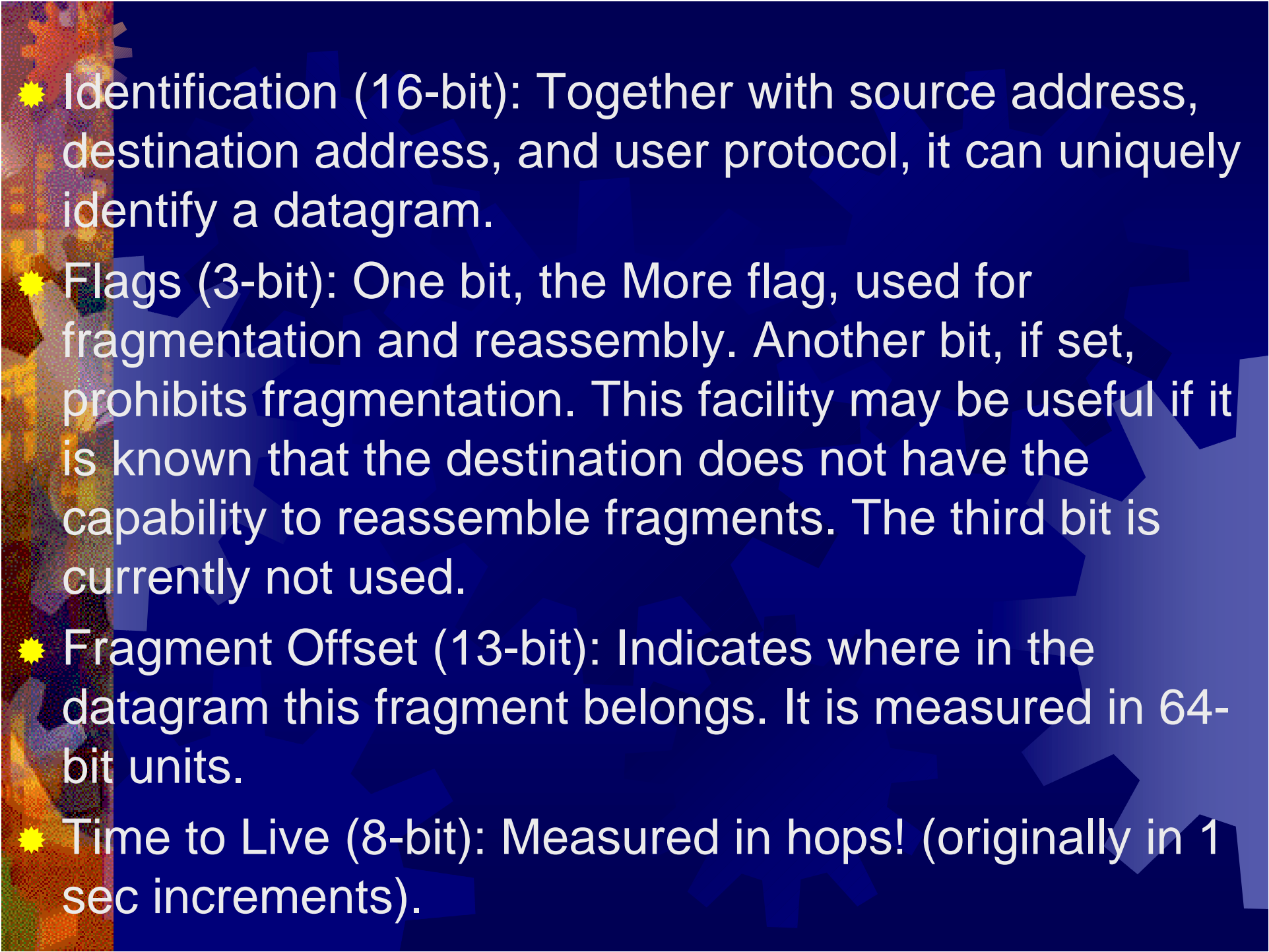
**Best-effort:** because the Internet makes an earnest attempt to deliver packets.

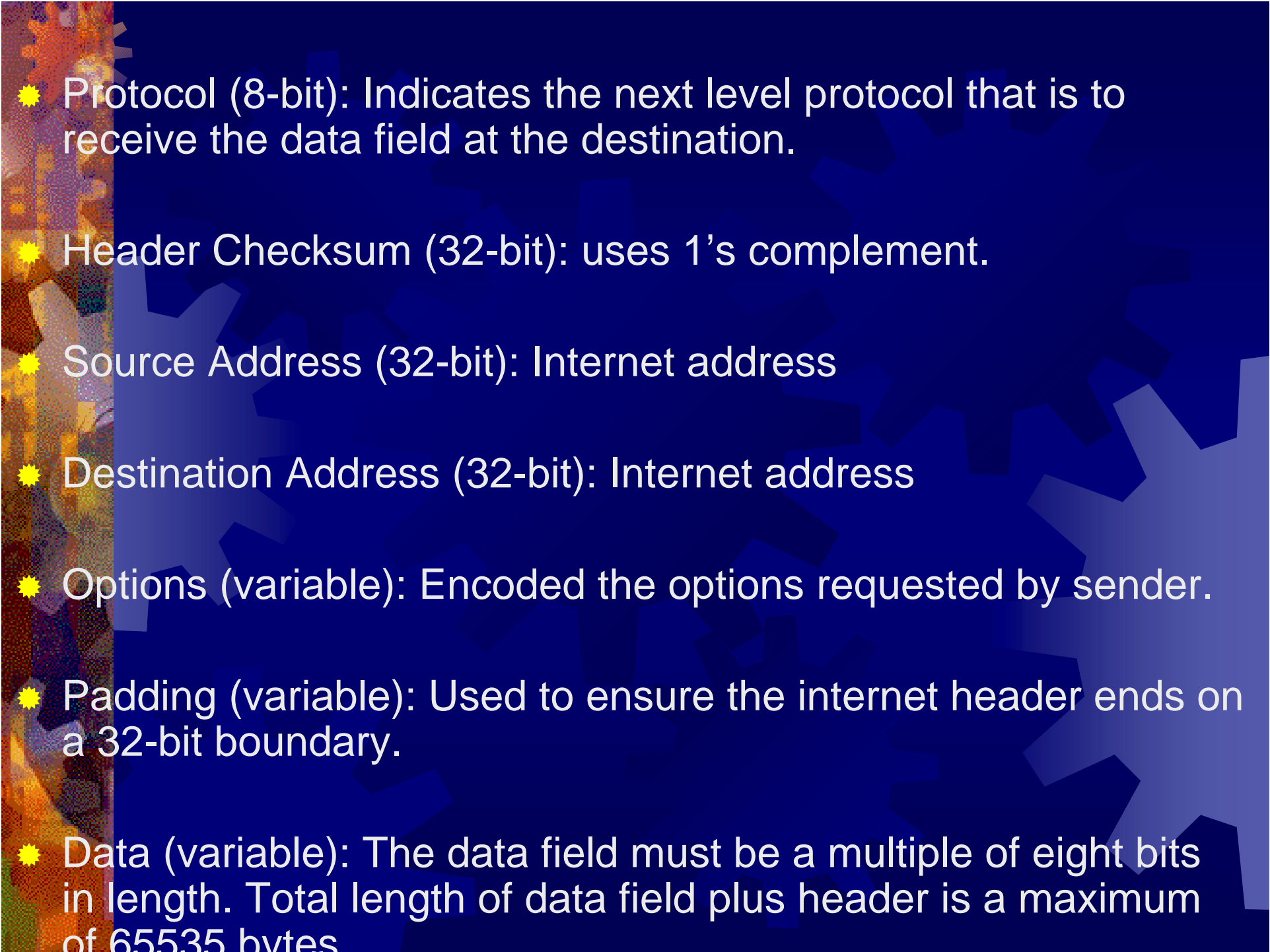




# The Datagram Fields:

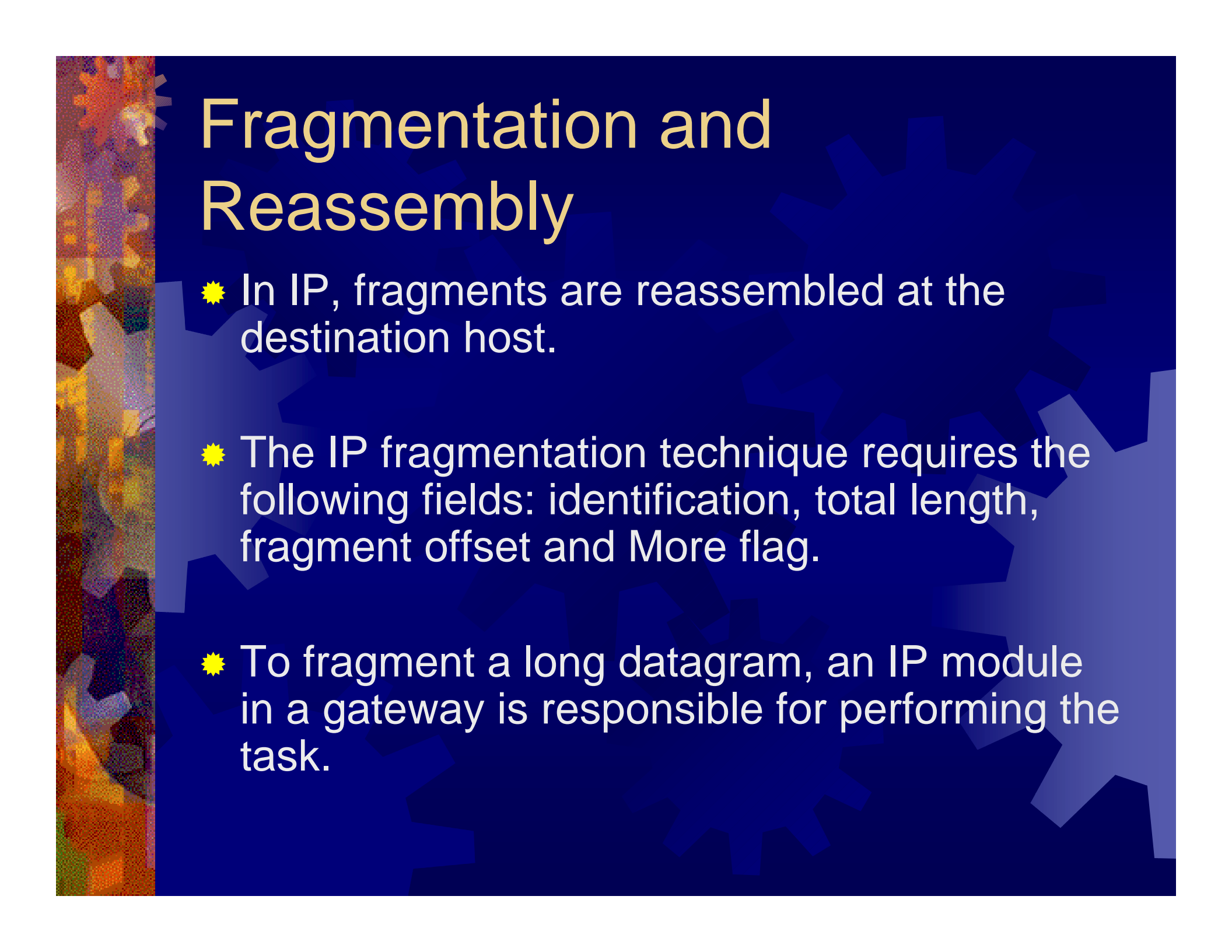
- ★ Version (4-bit): Version number, included to allow evolution of the protocol. Either header format or semantics might change.
- ★ Internet Header Length, IHL (4-bit): Length of header in 32-bit words. The minimum value is 5. Thus, a header is at least 20 bytes long, which is typical.
- ★ Type of Service (8-bit): Specifies reliability, precedence, delay and throughput parameters.
- ★ Total Length (16 bits): Total datagram length, including header, in bytes.

- 
- ☀ Identification (16-bit): Together with source address, destination address, and user protocol, it can uniquely identify a datagram.
  - ☀ Flags (3-bit): One bit, the More flag, used for fragmentation and reassembly. Another bit, if set, prohibits fragmentation. This facility may be useful if it is known that the destination does not have the capability to reassemble fragments. The third bit is currently not used.
  - ☀ Fragment Offset (13-bit): Indicates where in the datagram this fragment belongs. It is measured in 64-bit units.
  - ☀ Time to Live (8-bit): Measured in hops! (originally in 1 sec increments).

- 
- ★ Protocol (8-bit): Indicates the next level protocol that is to receive the data field at the destination.
  - ★ Header Checksum (32-bit): uses 1's complement.
  - ★ Source Address (32-bit): Internet address
  - ★ Destination Address (32-bit): Internet address
  - ★ Options (variable): Encoded the options requested by sender.
  - ★ Padding (variable): Used to ensure the internet header ends on a 32-bit boundary.
  - ★ Data (variable): The data field must be a multiple of eight bits in length. Total length of data field plus header is a maximum of 65535 bytes

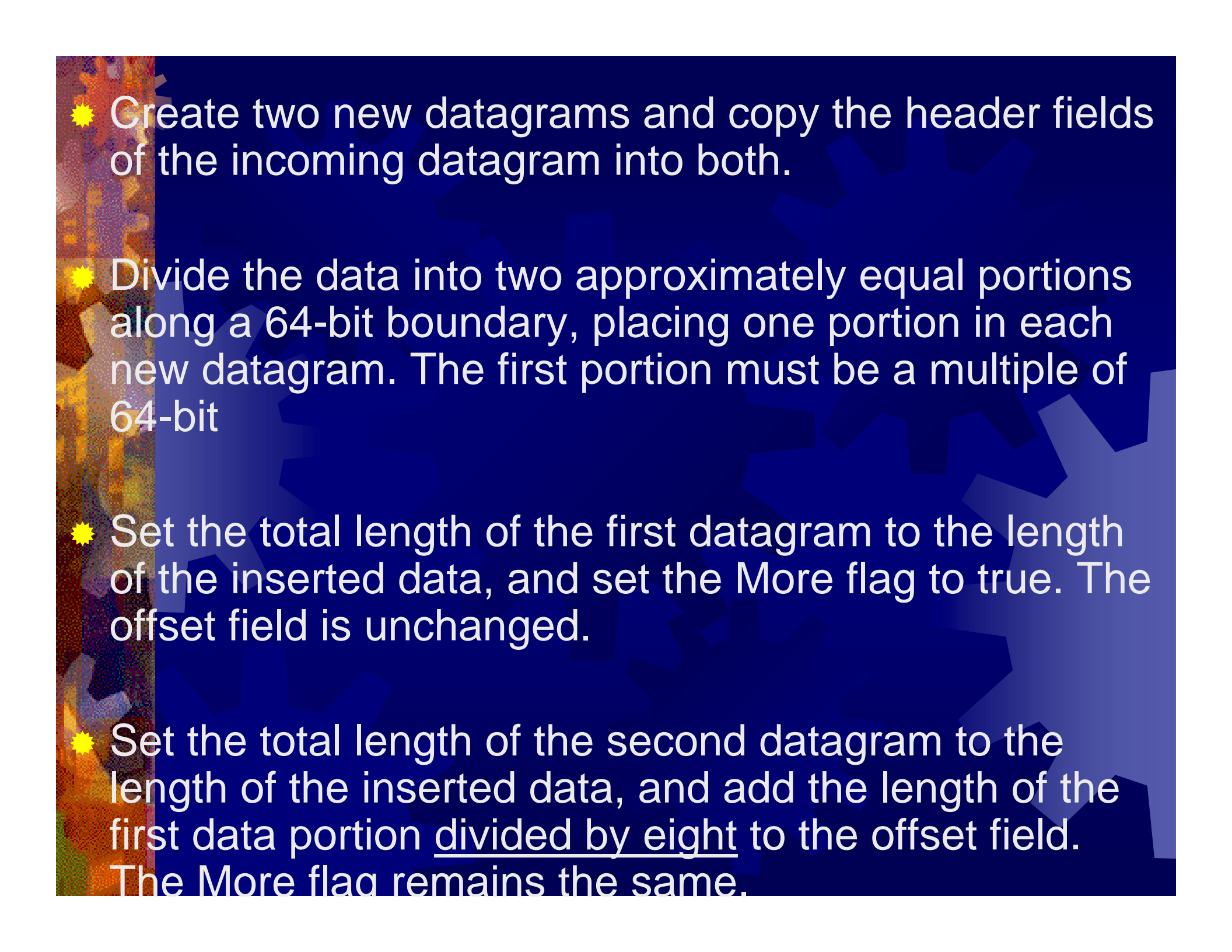
# Function of IP Layer

- ★ IP layer computes and verifies a checksum that covers its own 20-byte header.
- ★ If an IP header is found in error, it is discarded, with the assumption that a higher layer protocol will retransmit the packet.
- ★ IP layer handles routing through the Internet.
- ★ IP is also responsible for fragmentation.
- ★ IP layer provides an elementary flow control mechanism by using an ICMP quench message to inform the source.



# Fragmentation and Reassembly

- ✦ In IP, fragments are reassembled at the destination host.
- ✦ The IP fragmentation technique requires the following fields: identification, total length, fragment offset and More flag.
- ✦ To fragment a long datagram, an IP module in a gateway is responsible for performing the task.

- 
- ✦ Create two new datagrams and copy the header fields of the incoming datagram into both.
  - ✦ Divide the data into two approximately equal portions along a 64-bit boundary, placing one portion in each new datagram. The first portion must be a multiple of 64-bit
  - ✦ Set the total length of the first datagram to the length of the inserted data, and set the More flag to true. The offset field is unchanged.
  - ✦ Set the total length of the second datagram to the length of the inserted data, and add the length of the first data portion divided by eight to the offset field. The More flag remains the same.

# Service Options

- ✱ The option field has a variable length, depending on the number and types of options associated with the datagram. The field consists of a sequence of options, each of which is encoded as: Type, Length and Data. each options begins within an option-type byte, which includes 3-field.
- ✱ copy flag: indicates whether this option is to be copied into all fragments on fragmentation.
- ✱ option flag: timestamping options is for debugging; the others are control options.
- ✱ option number: identifies the specific option.



# IP primitives and parameters

- ★ SEND (src, dest, protocol, type-of-service, identifier, don't fragment indicator, time-to-live, total length, option data, data)
- ★ DELIVER (src, dest, protocol, type-of-service, total length, option data, data)



# Functions of IP module at the gateway

- ✱ Performs checksum calculation.
- ✱ Decrements the time-to-live parameter. If the time has expired, discards the datagram.
- ✱ Makes a routing decision.
- ✱ Fragments the datagram, if necessary.
- ✱ Rebuilds the IP header, including new time-to-live, fragmentation and checksum fields.
- ✱ Passes the IP datagram or datagrams down to the network access protocol for transmission over the network.