

Bilgisayar Ağları Computer Networks

Hazırlayan: M. Ali Akcayol
Gazi Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

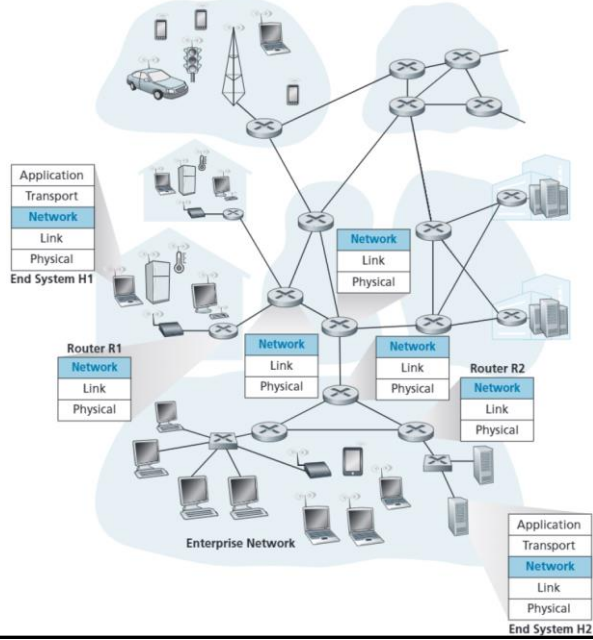
Bu dersin sunumları, "James Kurose, Keith Ross, Computer Networking: A Top-Down Approach 6/e, Pearson, 2013." kitabı kullanılarak hazırlanmıştır.

İçerik

- ▶ Ağ katmanı
- ▶ Forwarding ve routing
- ▶ Ağ katmanı servis modelleri
- ▶ Datagram ağlar
- ▶ IP protokolü
- ▶ IPv4 datagram formatı
- ▶ IP datagram fragmentation
- ▶ IPv4 adresleme
- ▶ IPv6
- ▶ IPv6 datagram formatı
- ▶ IPv4'ten IPv6'ya geçiş

Ağ katmanı

- ▶ Ağ katmanı **host-to-host** iletişim yapar.
- ▶ Ulaşım katmanı, **process-to-process** iletişimi, ağ katmanının host-to-host servisini kullanarak yapar.
- ▶ Şekilde H1 ile H2 arasında iletişim yapılmaktadır.



İçerik

- ▶ Ağ katmanı
- ▶ **Forwarding ve routing**
- ▶ Ağ katmanı servis modelleri
- ▶ Datagram ağlar
- ▶ IP protokolü
- ▶ IPv4 datagram formatı
- ▶ IP datagram fragmentation
- ▶ IPv4 adresleme
- ▶ IPv6
- ▶ IPv6 datagram formatı
- ▶ IPv4'ten IPv6'ya geçiş

Forwarding ve routing

- ▶ Ağ katmanının görevi **gönderici host'tan alıcı host'a paketleri taşımaktır.**
- ▶ Ağ katmanında iki temel işlev yapılır:
 - ▶ **Forwarding**
 - ▶ **Routing**

Forwarding

- ▶ Router'ın **giriş linkine gelen paket** belirlenen **çıkış linkine gönderilir.**
- ▶ Her router bir **forwarding tablosuna sahiptir.**
- ▶ Paket, adres başlık bilgisine göre gönderilir.

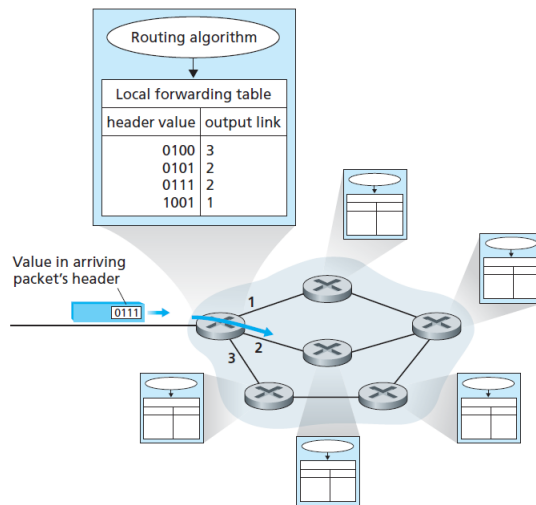
Routing

- ▶ Router'a gelen paket için **alıcıya gidebileceği yol oluşturulur ve yönlendirme yapılır.**
- ▶ Yolun maliyetini **routing algoritmaları** hesaplar.

5

Forwarding ve routing

- ▶ Bir paket başlık bilgisine göre tabloda belirlenen çıkış linkine gönderilir.



6

Forwarding ve routing

- ▶ Forwarding tablosu **merkezi** veya **dağıtık** olarak **güncellenebilir**.
- ▶ **Merkezi** güncellemede bir **algoritma tüm router tablolarını günceller**.
- ▶ **Dağıtık** güncellemede **her router kendi tablosunu günceller**.
- ▶ Bazı paket anahtarlar **forwarding** kararını **link-layer** frame **adres** alanlarındaki değerlere göre yapar (**link-layer switch** veya **layer 2 switch**).
- ▶ Bazı paket anahtarlar **forwarding** kararını **network layer** paket alanlarındaki değerlere göre yapar (**router** veya **layer 3 switch**).
- ▶ Layer 3 anahtarlar (router) layer 2 servislerini bulundurmak zorundadır.
- ▶ Bazı ağlar **ağ katmanında connection setup** yapar (ATM, Frame Relay).

7

İçerik

- ▶ Ağ katmanı
- ▶ Forwarding ve routing
- ▶ Ağ katmanı servis modelleri
- ▶ Datagram ağlar
- ▶ IP protokolü
- ▶ IPv4 datagram formatı
- ▶ IP datagram fragmentation
- ▶ IPv4 adresleme
- ▶ IPv6
- ▶ IPv6 datagram formatı
- ▶ IPv4'ten IPv6'ya geçiş

8

Ađ katmanı servis modelleri

- ▶ Ađ katmanı servis modeli **end-to-end paketlerin nasıl taşınacağını belirler.**
- ▶ Ađ katmanı, ulaşım katmanına farklı servisler sağlayabilir:
 - ▶ **Garanti edilmemiş gönderim:**
Paketin **alıcıya ulaşmasını garanti etmez.**
 - ▶ **Garanti edilmiş gönderim:**
Paketin **alıcıya ulaşmasını garanti eder.**
 - ▶ **Sınırlı gecikme ile garanti edilmiş gönderim:**
Paketin alıcıya **sınırlandırılmış sürede** (Örn. 100 ms içinde) **ulaşmasını garanti eder.**

9

Ađ katmanı servis modelleri

- ▶ Ađ katmanı, paketlerin taşınması sırasında **aşağıdaki servisleri sağlayabilir:**
 - ▶ **Sıralı paket gönderimi:** Paketlerin **çıktıkları sırayla** alıcıya ulaşması sağlanır.
 - ▶ **Garanti edilmiş minimum bant genişliği:** Gönderici ve alıcı arasında **bit rate garanti** edilir.
Belirli bir bit oranının altında (Örn. 1Mbps) gönderim yapılırsa, **kayıp paket olmaz** ve **belirlenmiş host-to-host gecikmeyle alıcıya ulaşır.**
 - ▶ **Garanti edilmiş maksimum jitter:** İki ardışık paketin göndericiden çıkış süreleri ile alıcıya varış süreleri eşittir veya **belirlenen değerin üzerinde olamaz.**
 - ▶ **Güvenlik servisleri:** Paketler **şifrelenmiş** bir şekilde gönderilebilir.

10

Ağ katmanı servis modelleri

- ▶ **İnternet ağ katmanı** sadece **best-effort servis** sağlar ve minimum sürede maksimum gönderimi amaçlar.
- ▶ **ATM (Asynchronous Transfer Mode)** ağ katmanında çok sayıda farklı servis sağlar.

Network Architecture	Service Model	Bandwidth Guarantee	No-Loss Guarantee	Ordering	Timing	Congestion Indication
Internet	Best Effort	None	None	Any order possible	Not maintained	None
ATM	CBR	Guaranteed constant rate	Yes	In order	Maintained	Congestion will not occur
ATM	ABR	Guaranteed minimum	None	In order	Not maintained	Congestion indication provided

11

Ağ katmanı servis modelleri

- ▶ ATM ağ katmanında temel olarak iki tür servis sağlar: **CBR (Constant Bit Rate)** ve **ABR (Available Bit Rate)**.

CBR

- ▶ Gerçek zamanlı **sabit bit rate** ile ses ve video verisi taşır.
- ▶ CBR, sanal bir yol oluşturarak tüm paketleri (**ATM hücreleri**) **aynı yoldan taşır**.
- ▶ End-to-end **delay, jitter, kayıp paket oranı** belirlenen değer için **garanti edilir**.

12

Ađ katmanı servis modelleri

ABR

- ▶ İnternet'in **best effort servisine benzer.**
- ▶ ATM hücreleri **kaybolabilir.**
- ▶ ATM hücreleri **alıcıda tekrar sıralanmaz.**
- ▶ Minimum cell transmission rate (**MCR**) **garanti edilir.**
- ▶ Ađ belirli bir süre yeterli kaynađa sahipse, **gönderici MCR'den yüksek gönderim yapabilir.**
- ▶ ATM ABR servisi göndericiye **tıkanıklık bildirimini biti gönderir.**

13

İçerik

- ▶ Ađ katmanı
- ▶ Forwarding ve routing
- ▶ Ađ katmanı servis modelleri
- ▶ **Datagram ağlar**
- ▶ IP protokolü
- ▶ IPv4 datagram formatı
- ▶ IP datagram fragmentation
- ▶ IPv4 adresleme
- ▶ IPv6
- ▶ IPv6 datagram formatı
- ▶ IPv4'ten IPv6'ya geçiş

14

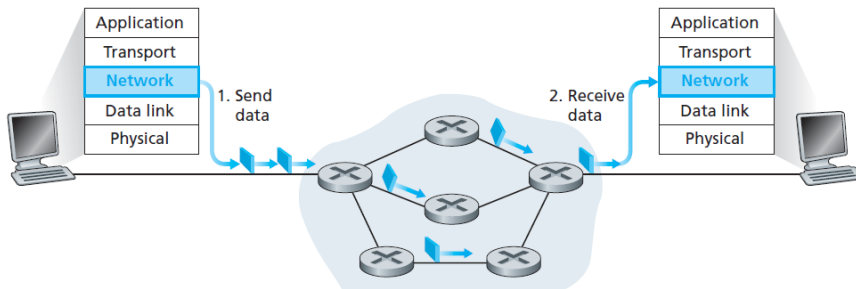
Datagram ağlar

- ▶ Ulaşım katmanı gibi, **ağ katmanı** da host'lar arasında **connectionless** ve **connection servis** sağlayabilir.
- ▶ Ağ katmanı connection servisi ile **handshake** yapılır.
- ▶ Ağ katmanı ve ulaşım katmanındaki **connectionless** ve **connection servisleri** arasında önemli **farklılıklar** vardır:
 - ▶ Ağ katmanında **host-to-host servis** sağlanır. Ulaşım katmanında **process-to-process** servis sağlanır.
 - ▶ Tüm önemli bilgisayar ağ mimarileri (ATM, Frame Relay, İnternet) ya **connection servis** ya da **connectionless servis** sağlar. **İkisini birlikte sağlamazlar.**
 - ▶ Ağ katmanında **connection servis** sağlayanlar **sanal devre (virtual-circuit) ağları** olarak adlandırılır.
 - ▶ Ağ katmanında **connectionless servis** sağlayanlar **datagram ağlar** olarak adlandırılır.
 - ▶ **Ulaşım katmanı** connection-oriented servisi **uç sistemlerde**, **ağ katmanı** connection servisi **router'larda** oluşturur.

15

Datagram ağlar

- ▶ Datagram ağlarda uç sistem paketi **hedef adresiyle birlikte** ağ katmanına gönderir.
- ▶ **Paket**, göndericiden alıcıya **bir grup router üzerinden ulaşır.**
- ▶ **Her router**, paketi hedef adresine göre **forwarding** yapar.
- ▶ Her **router** bir **yönlendirme tablosuna sahiptir.**
- ▶ 32-bit host adresi için $2^{32} = 4$ milyar adres olur.



16

Datagram ağlar

- ▶ Router üzerinde **prefix** değere **göre gönderme yapılır.**
- ▶ Router üzerinde 4 link olduğunu varsayalım.

Destination Address Range	Link Interface
11001000 00010111 00010000 00000000 through 11001000 00010111 00010111 11111111	0
11001000 00010111 00011000 00000000 through 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 through 11001000 00010111 00011111 11111111	2
otherwise	3

Prefix Match	Link Interface
11001000 00010111 00010	0
11001000 00010111 00011000	1
11001000 00010111 00011	2
otherwise	3

Birden fazla match olursa, en uzun prefix kullanılır.

11001000 00010111 00011000 10101010

Datagram ağlar

- ▶ **Datagram ağlarda** router'lardaki forwarding table **routing algoritmaları** tarafından güncellenir (**1-5 dakikada**).
- ▶ **Virtual circuit ağlarda** router'lardaki forwarding table her **yeni bağlantı kurulumunda** veya **bağlantı sonlandırmada** güncellenir (tier-1 router'da 1µs sürede).
- ▶ Datagram ağlarda router **forwarding tablosu** her an **değişebileceğinden paketler** hedefe **farklı sırada ulaşabilir.**
- ▶ İnternet'te **paketlerin alıcıda yeniden sıralanması** gereklidir.

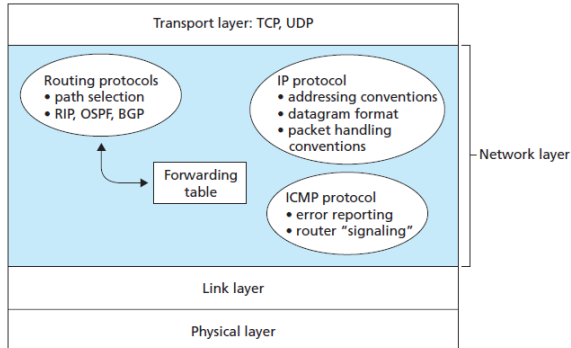
İçerik

- ▶ Ağ katmanı
- ▶ Forwarding ve routing
- ▶ Ağ katmanı servis modelleri
- ▶ Datagram ağlar
- ▶ **IP protokolü**
- ▶ IPv4 datagram formatı
- ▶ IP datagram fragmentation
- ▶ IPv4 adresleme
- ▶ IPv6
- ▶ IPv6 datagram formatı
- ▶ IPv4'ten IPv6'ya geçiş

19

IP protokolü

- ▶ **IP (Internet Protocol)**, IPv4 ve IPv6 olarak iki versiyona sahiptir.
- ▶ İnternet ağ katmanı farklı **bileşenlere** sahiptir:
 - ▶ **IP protokolü:** Adresleme ve datagram formatını belirler.
 - ▶ **Routing protokolleri:** Kaynak ve hedef arasında yolu belirler.
 - ▶ **Rapor servisleri:** Datagram hatası ve ağ katmanı bilgilerine yönelik servisleri sağlar.



20

İçerik

- ▶ Ağ katmanı
- ▶ Forwarding ve routing
- ▶ Ağ katmanı servis modelleri
- ▶ Datagram ağlar
- ▶ IP protokolü
- ▶ **IPv4 datagram formatı**
- ▶ IP datagram fragmentation
- ▶ IPv4 adresleme
- ▶ IPv6
- ▶ IPv6 datagram formatı
- ▶ IPv4'ten IPv6'ya geçiş

21

IPv4 datagram formatı

- ▶ **IP datagram Internet'te merkezi role sahiptir** ve veri gönderimini sağlar.

Version:

- ▶ 4-bit ile IP protokol versiyonunu belirler.
- ▶ Router datagram'ın kalan kısmını yorumlarken kullanır.

Header length:

- ▶ IPv4 datagram opsiyonel başlıklara sahiptir.
- ▶ Payload kısmın nereden başladığını belirlemek için kullanılır.
- ▶ IPv4 başlığı genellikle 20-byte olur.
- ▶ IPv6'da kaldırılmıştır.

Type of service:

- ▶ Düşük gecikme, yüksek throughput veya reliability gibi datagram türlerini belirler.
- ▶ Gerçek zamanlı datagram'lar öncelikli yapılabilir (IP telefon, FTP).

22

IPv4 datagram formatı

Datagram length:

- ▶ Datagram'ın toplam uzunluğunu 16-bit ile belirler.
- ▶ Maksimum 65.535 byte.

Identifier, flags, fragmentation offset:

- ▶ IP datagram'ların parçalanıp birleştirilmesinde kullanılır.
- ▶ IPv6 parçalamaya izin vermez.
- ▶ Identifier her datagram için artırılarak atanır.
- ▶ Flag bit (0) datagram'ın son parçasını gösterir.
- ▶ Offset parçanın datagram içinde offset'ini gösterir (8 byte chunk).

Time-to-live:

- ▶ Datagram'ın sonsuza kadar ağda dolaşmasına izin verilmez.
- ▶ TTL her router'da 1 azaltılır ve 0 olunca datagram atılır.

Protocol:

- ▶ Ulaşım katmanı protokolü için kullanılır.
- ▶ TCP için 6, UDP için 17 değerine sahiptir.

23

IPv4 datagram formatı

Header checksum:

- ▶ Router'ın datagram'daki bit hatalarını algılamasını sağlar (2-byte).
- ▶ Hatalı datagram'lar router'da atılır.
- ▶ TTL değiştiği için her router'da tekrar hesaplanır.
- ▶ IPv6'da kaldırılmıştır.

Source and destination IP addresses:

- ▶ Kaynak ve hedef IP adresleridir.
- ▶ Hedef IP adresi kaynak tarafından DNS protokolü ile elde edilir.

Options:

- ▶ IP header'ı genişletmek için kullanılır.
- ▶ Header length değerini ve overhead oranını değiştirir.
- ▶ IPv6'da kaldırılmıştır.

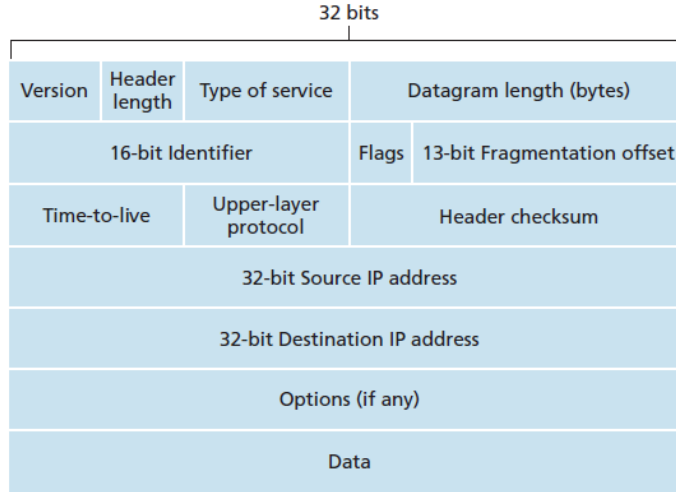
Data (payload):

- ▶ Genellikle TCP/UDP segmentini taşır.
- ▶ Ancak, farklı veri türlerini de taşır (ICMP mesajları).

24

IPv4 datagram formatı

► IPv4 datagram formatı



25

İçerik

- Ağ katmanı
- Forwarding ve routing
- Ağ katmanı servis modelleri
- Datagram ağlar
- IP protokolü
- IPv4 datagram formatı
- **IP datagram fragmentation**
- IPv4 adresleme
- IPv6
- IPv6 datagram formatı
- IPv4'ten IPv6'ya geçiş

26

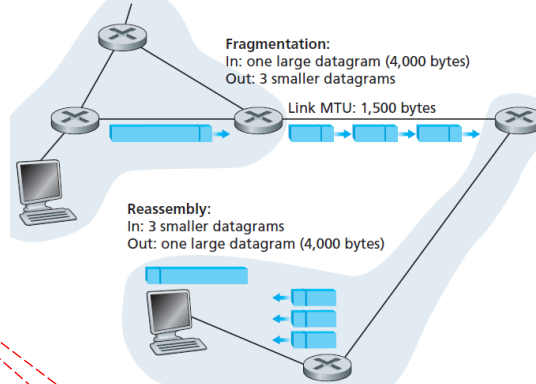
IP datagram fragmentation

- ▶ Tüm **link-layer protokolleri** network layer paketlerini **aynı boyutta taşıyamaz**.
- ▶ **Ethernet 1.500 byte** veri taşır, bazı **wide-area** link-layer çerçeveleri **576 byte** taşır.
- ▶ Link-layer'daki maksimum veri boyutu **maksimum transmission unit (MTU)** olarak adlandırılır.
- ▶ Kaynak host ile hedef host arasındaki link-layer protokolleri farklı olabilir.
- ▶ Bir router IP datagram boyutundan daha küçük veriye sahip link-layer protokolünü çıkış portlarından birisinde kullanabilir.
- ▶ **IP datagram**, link-layer çerçeve veri boyutuna göre **parçalanır (fragmentation)**.
- ▶ Parçalanmış datagram'ın parçaları alıcı host'ta, **identification**, **flag** ve **fragmentation offset** alanları kullanılarak birleştirilir.

27

IP datagram fragmentation

- ▶ Şekilde IP datagram 4000 byte (payload 3980 byte).
- ▶ Datagram **8 byte chunk'lar** halinde parçalanır.
- ▶ Tüm parçaları gelmeyen datagram atılır.



Fragment	Bytes	ID	Offset	Flag
1st fragment	1,480 bytes in the data field of the IP datagram	identification = 777	offset = 0 (meaning the data should be inserted beginning at byte 0)	flag = 1 (meaning there is more)
2nd fragment	1,480 bytes of data	identification = 777	offset = 185 (meaning the data should be inserted beginning at byte 1,480. Note that $185 \cdot 8 = 1,480$)	flag = 1 (meaning there is more)
3rd fragment	1,020 bytes (= 3,980-1,480-1,480) of data	identification = 777	offset = 370 (meaning the data should be inserted beginning at byte 2,960. Note that $370 \cdot 8 = 2,960$)	flag = 0 (meaning this is the last fragment)

28

İçerik

- ▶ Ağ katmanı
- ▶ Forwarding ve routing
- ▶ Ağ katmanı servis modelleri
- ▶ Datagram ağlar
- ▶ IP protokolü
- ▶ IPv4 datagram formatı
- ▶ IP datagram fragmentation
- ▶ **IPv4 adresleme**
- ▶ IPv6
- ▶ IPv6 datagram formatı
- ▶ IPv4'ten IPv6'ya geçiş

29

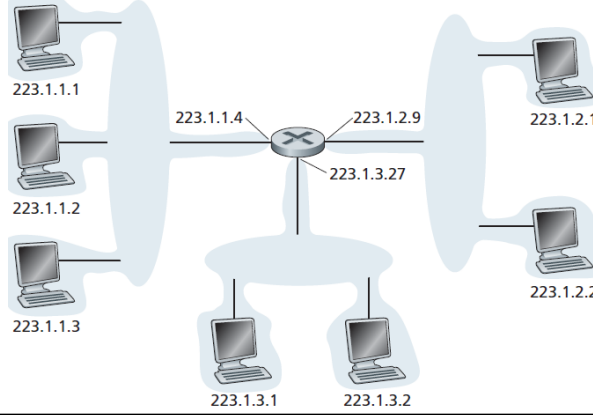
IPv4 adresleme

- ▶ Her **host** ve **router arayüzü** bir **IP adresine sahiptir.**
- ▶ **IPv4** için her IP adresi **32 bit'tir** ve toplam **4 milyar adres** vardır.
- ▶ IPv4 adresleri 193.32.216.9 şeklinde yazılır.
- ▶ 193.32.216.9 = 11000001 00100000 11011000 00001001
- ▶ **Her arayüz** İnternet'e bağlandığında **tekil bir IP adresine** sahip olmalıdır.
- ▶ Her **host için IP** adres ataması **alt ağa (subnet) göre belirlenir.**

30

IPv4 adresleme

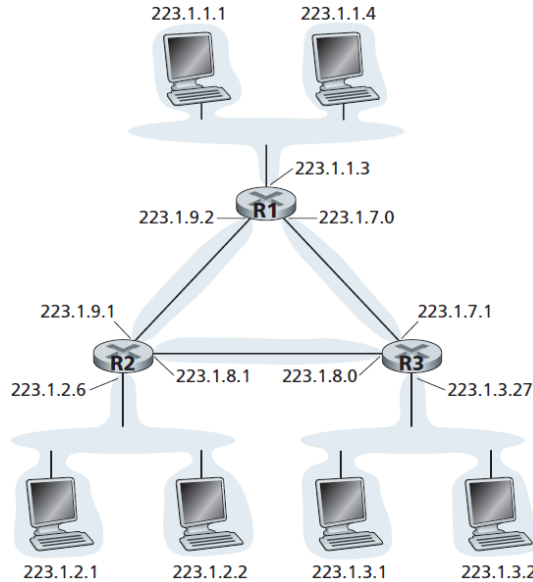
- ▶ Bir ağıdaki tüm arayüzler aynı alt ağ (subnet) adresine sahiptir.
- ▶ Sol üstteki alt ağ 223.1.1.x, sağ üstteki alt ağ 223.1.2.x ve alttaki alt ağ 223.1.3.x adresine sahiptir.
- ▶ Sol üstteki alt ağ için adres **223.1.1.0/24** olarak ifade edilir.
- ▶ **/24 subnet mask** olarak adlandırılır.



31

IPv4 adresleme

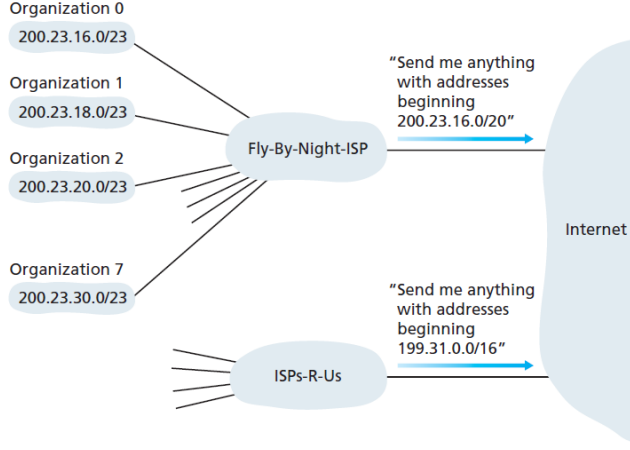
- ▶ Aşağıdaki şekilde 6 alt ağ vardır.



32

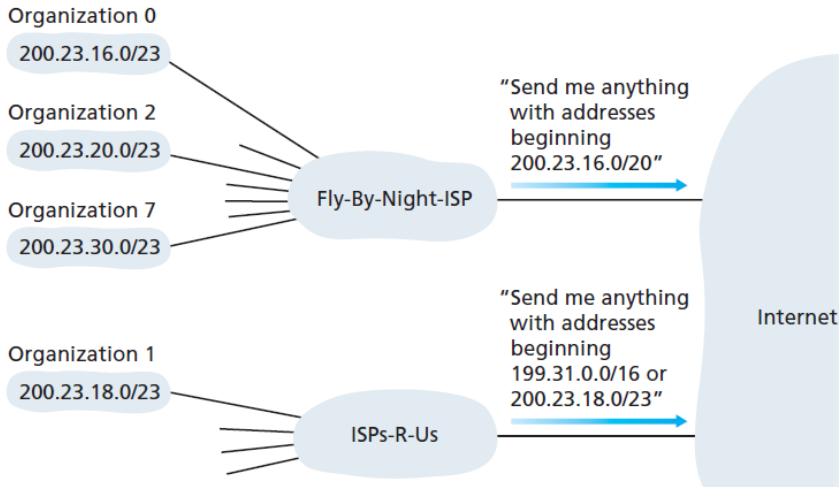
IPv4 adresleme

- ▶ İnternet, **Classless Interdomain Routing (CIDR)** adres atama yöntemini kullanır.
- ▶ CIDR, 32-bit IP adresini **ağ** ve **host adresi** olarak ikiye böler.
- ▶ a.b.c.d/x için **x değeri** adresin öneki (**prefix**) olarak adlandırılır.
- ▶ Genellikle bir firma blok adres kullanır ve prefix aynıdır.
- ▶ **ISP a.b.c.d/x** adresiyle gelen her **IP adresini alabilir.**
- ▶ 32-bit'in (**32-x**) **biti host adresidir.**



IPv4 adresleme

- ▶ Bir firma ISP değiştirdiğinde, **ISP subnet mask adresini ekler.**



IPv4 adresleme

- ▶ CIDR adreslemeden önce **classfull** adresleme yapıyordu.
- ▶ Classfull adreslemede **prefix 8 (A sınıfı), 16 (B sınıfı) veya 24 (C sınıfı)** olabilir.
- ▶ **C sınıfı (/24)** bir adres toplam **254 host'a** (iki adres reserve) **sahip** olabilir.
- ▶ **B sınıfı (/16)** bir adres toplam **65.534 host'a sahip** olabilir.
- ▶ **A sınıfı (/8)** bir adres toplam **16.777.214 host'a sahip** olabilir.
- ▶ Bir firma **2.000 hosta sahipse** ve B sınıfı bir adres kullanıyorsa, $65.534 - 2.000 = 63.534$ adres kullanılmadan **boş kalır**.

35

IPv4 adresleme

- ▶ Bir firma için blok **IP adresi ataması ISP tarafından yapılır**.
- ▶ **ISP'ye IP adresi ataması ICANN** (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) **tarafından yapılır**.
- ▶ ISP adres aralığını parçalara ayırarak atar.

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

- ▶ Host'lara IP adresi **manuel atanabilir** veya **DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)** ile atanabilir.

36

İçerik

- ▶ Ağ katmanı
- ▶ Forwarding ve routing
- ▶ Ağ katmanı servis modelleri
- ▶ Datagram ağlar
- ▶ IP protokolü
- ▶ IPv4 datagram formatı
- ▶ IP datagram fragmentation
- ▶ IPv4 adresleme
- ▶ **IPv6**
- ▶ IPv6 datagram formatı
- ▶ IPv4'ten IPv6'ya geçiş

37

IPv6

- ▶ İnternet'e bağlı ağ ve cihaz sayısı çok hızlı bir şekilde artmaktadır.
- ▶ IPv4 adreslerinin azalmaya başlamasıyla birlikte **IETF (Internet Engineering Task Force)** tarafından **IPv6 geliştirilmeye başlanmıştır.**
- ▶ **Son** IPv4 adres havuzu **2011 yılında IANA (Internet Assigned Numbers Authority)** tarafından **atanmıştır** ve başka adres kalmamıştır.

38

IPv6

- ▶ IPv6, temel özelliklerde önemli birtakım değişiklikler getirmiştir.
- ▶ **Expanded addressing capabilities**
 - ▶ IPv6 adres boyutu 128 bit'tir.
 - ▶ IPv6, **unicast** ve **multicast**'in yanı sıra **anycast** adresleme yapabilir.
- ▶ **A streamlined 40-byte header**
 - ▶ 40 byte sabit header boyutu vardır.
- ▶ **Flow labeling and priority**
 - ▶ IPv6 trafikte **önceliklendirme** yapabilir (real time ses ve video)

39

IPv6

- ▶ **Fragmentation/reassembly**
 - ▶ IPv6 parçalamaya izin vermez.
 - ▶ Parçalamayı kullanan DoS saldırılarına dayanıklıdır.
- ▶ **Header checksum**
 - ▶ IPv6'da çıkartılmıştır.
- ▶ **Options**
 - ▶ IPv6'da çıkartılmıştır.

40

İçerik

- ▶ Ağ katmanı
- ▶ Forwarding ve routing
- ▶ Ağ katmanı servis modelleri
- ▶ Datagram ağlar
- ▶ IP protokolü
- ▶ IPv4 datagram formatı
- ▶ IP datagram fragmentation
- ▶ IPv4 adresleme
- ▶ IPv6
- ▶ IPv6 datagram formatı
- ▶ IPv4'ten IPv6'ya geçiş

41

IPv6 datagram formatı

Version:

- ▶ IP versiyon numarasıdır. IPv6 için değeri 6'dır.

Traffic class:

- ▶ 8-bit ile trafik önceliklendirilir.

Flow label:

- ▶ 20-bit ile datagram'ları tanımlamak için kullanılır.

Payload length:

- ▶ 16-bit ile başlıktan sonraki veri boyutunu belirler.

Next header:

- ▶ Üst katman (ulaşım katmanı) protokolünü (TCP veya UDP) belirler.

42

IPv6 datagram formatı

Hop limit:

- ▶ Datagram'ın ağdaki yaşam süresini (hop count) belirler.
- ▶ Değeri 0 olduğunda atılır.

Source and destination addresses:

- ▶ Kaynak ve hedef host için 128-bit adreslerdir.

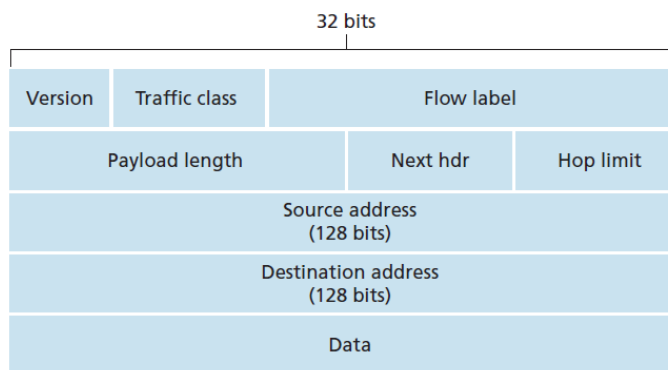
Data:

- ▶ Payload datayı gösterir.

43

IPv6 datagram formatı

- ▶ IPv6 datagram formatı.



44

İçerik

- ▶ Ağ katmanı
- ▶ Forwarding ve routing
- ▶ Ağ katmanı servis modelleri
- ▶ Datagram ağlar
- ▶ IP protokolü
- ▶ IPv4 datagram formatı
- ▶ IP datagram fragmentation
- ▶ IPv4 adresleme
- ▶ IPv6
- ▶ IPv6 datagram formatı
- ▶ IPv4'ten IPv6'ya geçiş

45

IPv4'ten IPv6'ya geçiş

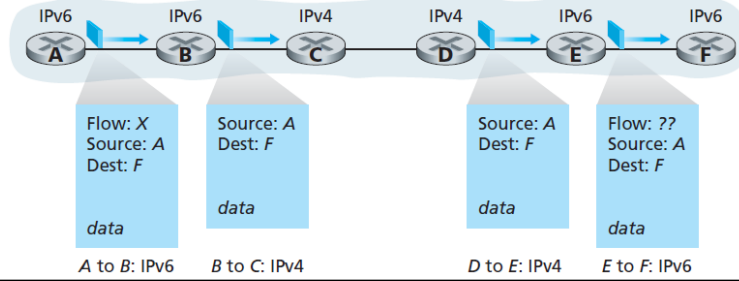
- ▶ IPv6 alt versiyon ile uyumludur, ancak **IPv4 üst versiyonla uyumlu değildir.**
- ▶ İnternet çok büyük bir yapı olduğundan **kısa sürede tüm düğümleri IPv6'ya geçirmek mümkün değildir.**
- ▶ Tüm IPv4 düğümleri uzun bir sürenin sonunda IPv6'ya geçebilecektir.
- ▶ Geçiş sürecinde **IPv6 ve IPv4** bulunduran farklı **makinelere sorunsuz iletişim yapması gereklidir.**
- ▶ İki versiyonun birlikte çalışabilmesi için iki farklı yaklaşım vardır:
 - ▶ **Dual-stack**
 - ▶ **Tunneling**

46

IPv4'ten IPv6'ya geçiş

Dual-stack

- ▶ IPv6 düğümleri IPv4'ü de bulundurur (**IPv6/IPv4 node**).
- ▶ Bu düğümler IPv6 veya IPv4 datagram'larını gönderip alabilir.
- ▶ Giriş ve çıkış düğümündeki **IP versiyonuna göre kullanacağı datagram türünü belirler**.
- ▶ Bir düğüm IPv6 protokolü çalıştırıyorsa, DNS'ten IPv6 adresi döner, aksi takdirde IPv4 adresi döner.
- ▶ IPv6'dan IPv4'e dönüşümde bazı alanlar kaybolur (flow label).

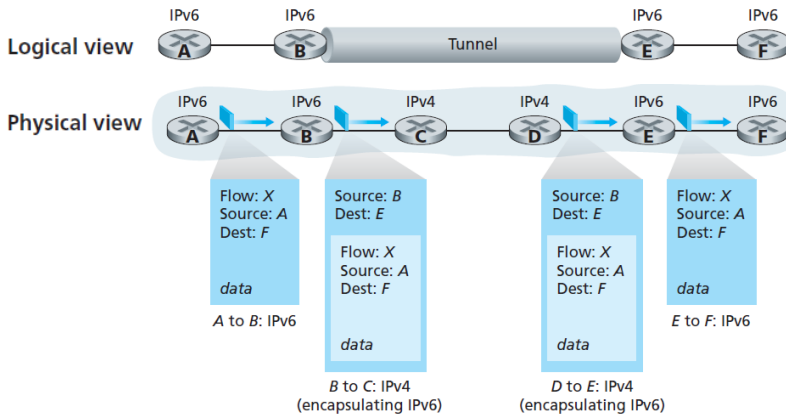


47

IPv4'ten IPv6'ya geçiş

Tunneling

- ▶ Tunneling, IPv6'da dual-stack ile oluşan **alan kaybını önler**.
- ▶ **IPv6 datagram'ı** IPv4 datagram'ının **payload'u** yapılır.
- ▶ Kaynak ve hedef adresler IPv4 tünelin ilk ve son düğümü alınır.
- ▶ E düğümü IPv4 datagram'ı payload'undan IPv6'yı çıkarır.



48