Internet Protokolleri

Communication Systems Principles using MATLAB®

Text, drawings and images copyright © John Wiley & Sons 2018

Amaçlar

- Internet’te paket anahtarlamalı iletimin nasıl çalıştığını anlamak
- Paket adresleme ve yönlendirmeyi öğrenmek.
- Güvenilirlik, hata denetimi, yeniden iletim.
- Veri hızını maksimize etmek.
- Sıkışıklık gibi problemler.
- Yönlendirme algoritmaları

© John Wiley & Sons 2017

4.2 Giriş

- Birden çok cihazı veri alışverişi için bağlamak
- Maksimum veri hızı, minimum gecikme, adillik
- Kablolu, optik, kablosuz, uydu…
- Gürültü, Girişim, Sıkışıklık, İşlem gücü
- Keşif
- Ölçeklenebilirlik
- Internet: Paket anahtarlama, Aygıt keşfi, Yol atama: TCP/IP
- RFC dokümanları: https://tools.ietf.org/html/
- Standardizasyon: Farklı üreticilerin cihazlarının beraber çalışabilirliği

© John Wiley & Sons 2017

4.3.1 Paket anahtarlama

- Veri transferi boyunca, kaynak-varış arasında bağlantı kurulabilir.
- Paylaşımlı veri hattının verimli bir kullanımı değildir. Neden?
- Paket anahtarlama
  - veriyi paketlere ayırır
  - Alıcıda geri birleştirir
  - Her paket farklı yerden gidebilir
  - Ek veri yükü daha fazladır. Neden?
  - Paket boyu ne olmalıdır? (Uzun? Kısa?)
  - Her paket bağımsız seyahat eder
  - Kaynak ve varış adresi, paket numarası, hata denetim bilgisi
  - Kayıp ve bozuk paketlerle uğraşmak için bir protokol gerekir (tekrar gönder/yok say?)

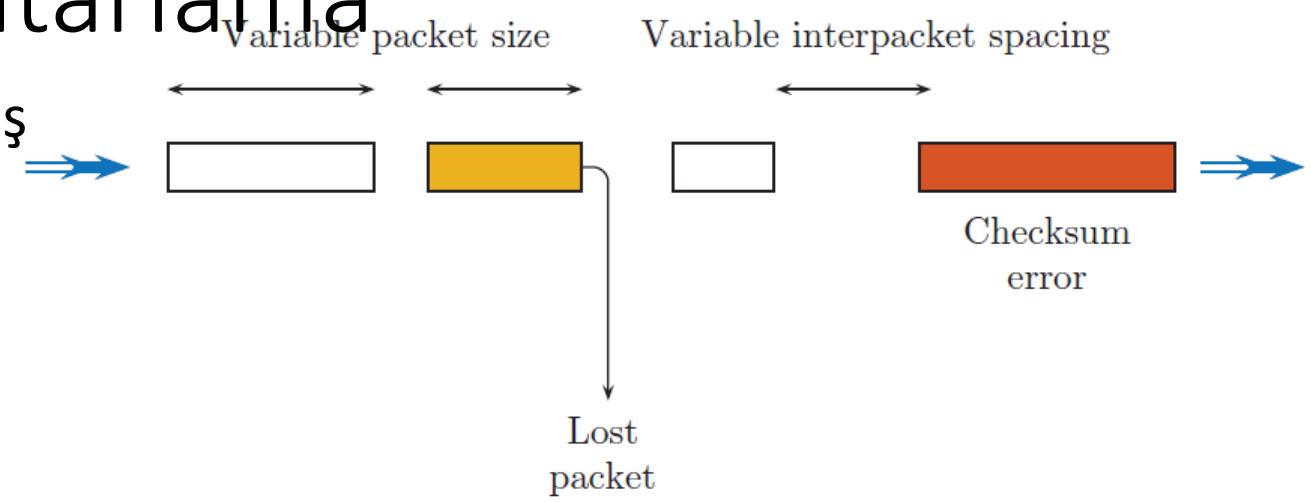


Figure 4.1 Factors affecting packet delivery: the length of each data packet, the time gap between packets, the routing of packets from one place to another, the possible loss of one or more data packets, and errors within a packet that has reached its destination.

© John Wiley & Sons 2017

Paket ve Devre Anahtarlama - Karşılatırma

Öğe	Devre Anahtarlama (telefon gibi)	Paket Anahtarlama (posta gibi)
Arama kurulumu	Gerekir	Gerekmez
Adanmış fiziksel yol	Evet	Hayir
Her paket ayni yoldan geçer	Evet	Hayir
Paketler gönderildiği sırayla alınır	Evet	Hayir
Anahtar çökmesi ölümcüldür	Evet	Hayir
Ayrilan bant araligi	Sabit	Dinamik
Sikisiklik ne zaman olabilir	Kurulumda	Her pakette
Bant bosa harcama potansiyeli	Evet	Hayir
Sakla-ve-aktar tarzi iletim	Hayir	Evet
Saydamlik	Evet	Hayir
Ucretlendirme	Dakika basina	Paket basina

© John Wiley & Sons 2017

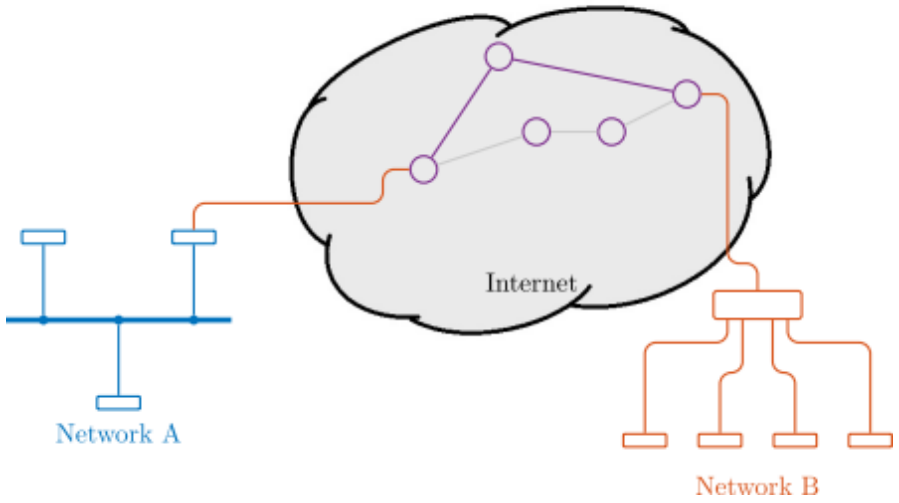
4.3.3 Paket veri yapısı

- Paket: Varış adresi, kaynak adresi, hata statüsü
- Matlab Struct
- PacketStruct.status = ' good ' ;
- PacketStruct.ByteLength = 1024;
- disp (PacketStruct)
- class(PacketStruct)
- fieldnames (PacketStruct)
- Metotlar: Nesneye yönelik paradigma
- PacketClass.m
- TestPacketClass.m
- IntValue.m
- IntHandle.m

© John Wiley & Sons 2017

4.4 Paket, Protokol Katmanı ve Yığıtı

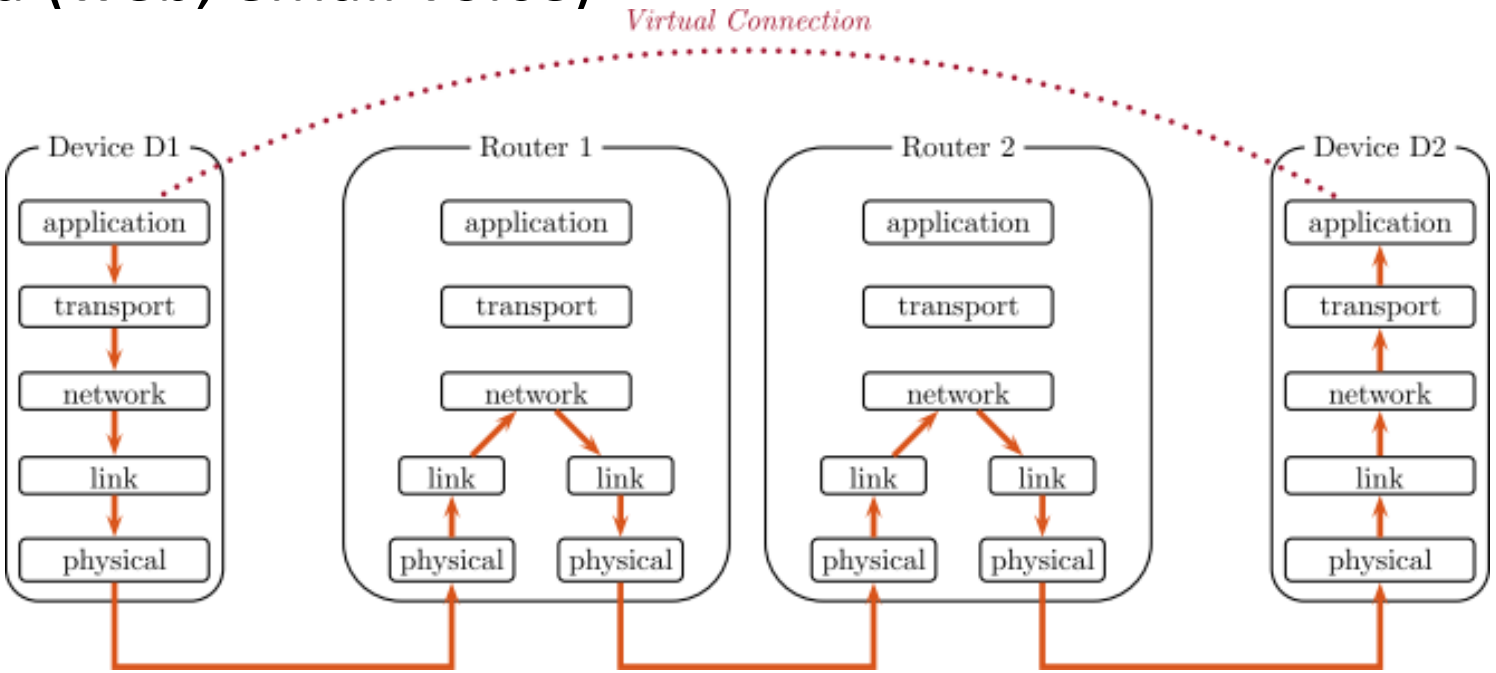
- Ayrık ve çoklu ağ adaları
- Bağlanarak Internet'i oluştururlar
- Farklı tipler: kablolu, kablosuz, düşük hızlı, yüksek hızlı vs.
- Kaynaktan varışa çoklu yollar olasıdır
- Router'lar her adıma paketleri iletir (forward)
- Çok karmaşık bir yapıdır
  - Modülasyon, kodlama, hata denetimi, yol atama, bağlantı kurma, farklı uygulamalar vs. vs.



© John Wiley & Sons 2017

4.4 Protokol Yığıtı

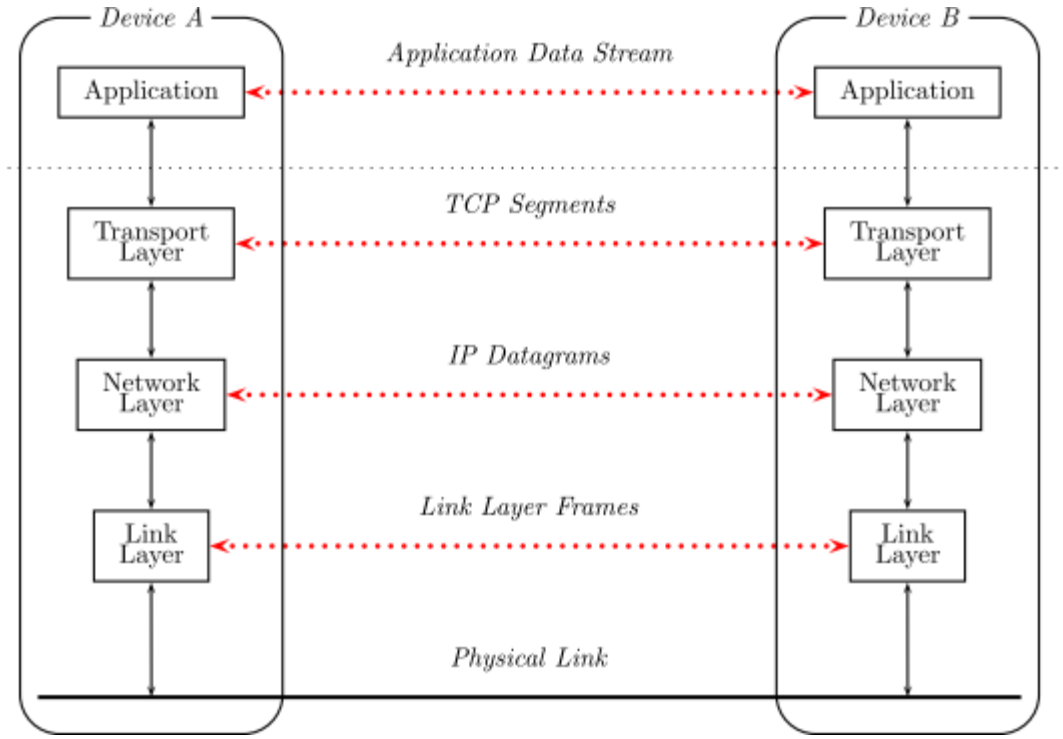
- Çözüm: Böl ve Yönet mantığı
- İşlevselliğin bölümlere ayrılması tasarım/kodlama/yönetim açısından daha kolaylık sağlar
- Fiziksel bağlantı (kipleme), link (iki cihaz arası güvenilir bağlantı), ağ (çoklu adımlı iletim), taşıma (verinin doğru ve sırasıyla alınması), uygulama (web, email voice)



© John Wiley & Sons 2017

Protocol Yığıtı: Sanal Veri Akışı

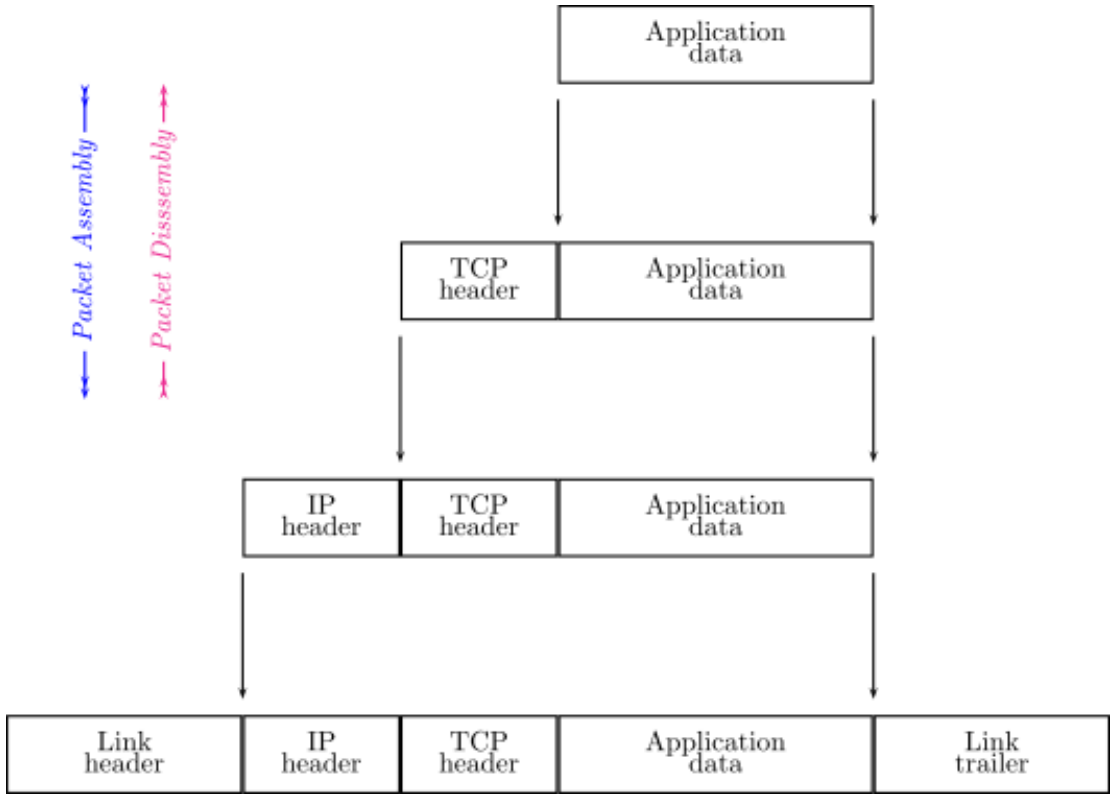
- Her katman karşıdaki aynı katmanla konuşur
- Diğer katmanların kendi işini düzgün yaptığını varsayar
- Fiziksel Katman:
- Veri Bağı Katmanı:
- Ağ Katmanı:
- Taşıma Katmanı:
- Uygulama Katmanı:



© John Wiley & Sons 2017

Protokol Yığıtı: Veri Kapsülleme

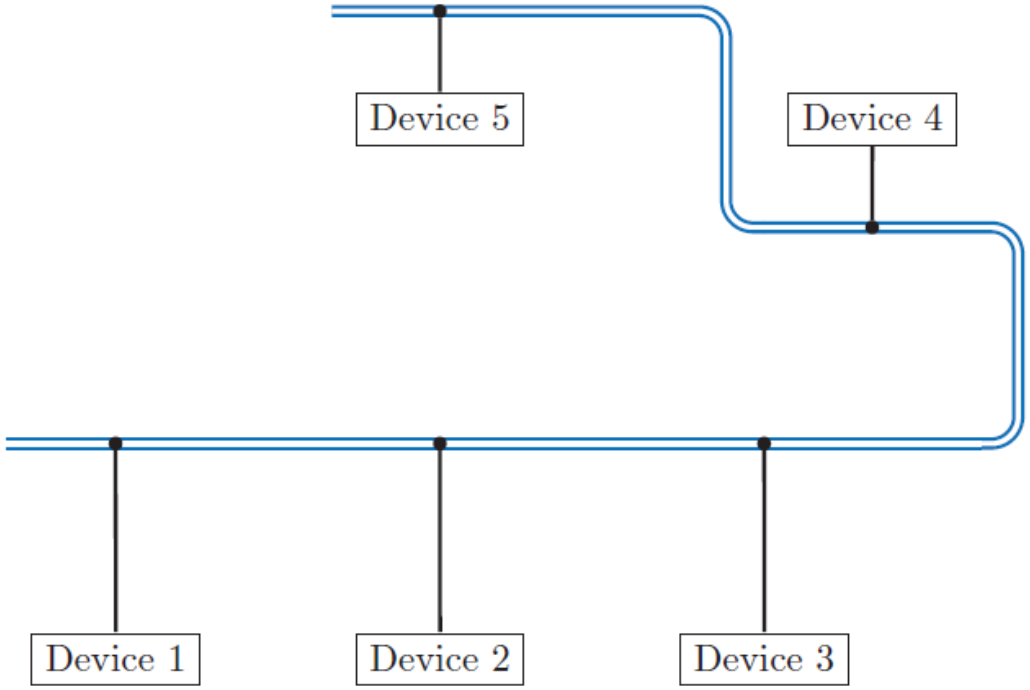
- Her katman bir üst katmandan gelen veriyi kapsüller
  - Yani bir başlık eklenir
- Varış noktasında başlıklar sırasıyla çıkarılır ve kalan veri üst katmana iletilir

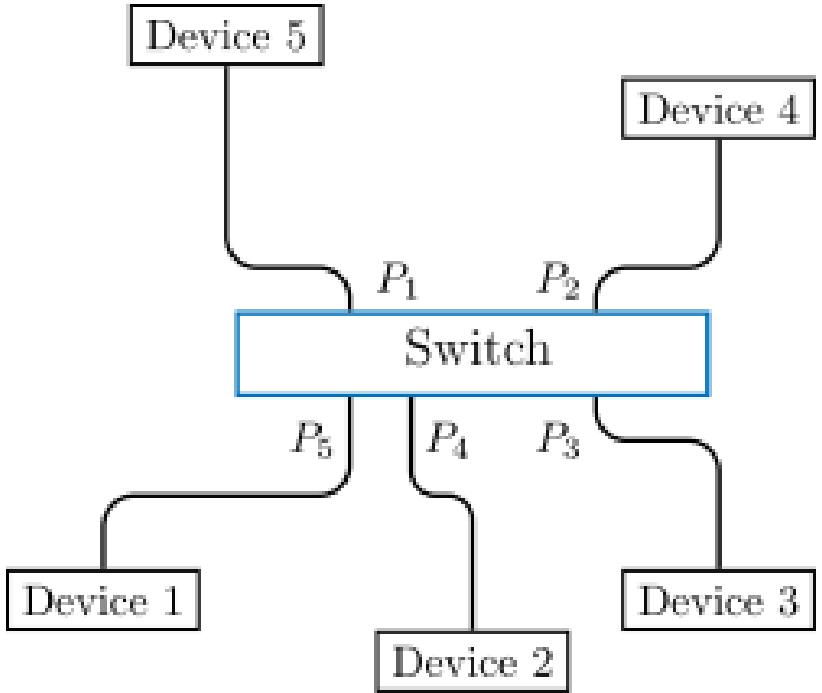


© John Wiley & Sons 2017

4.5 Yerel Alan Ağları

- Topoloji
  - Fiziksel Topoloji
    - Bus
    - Yıldız
      - Hub
      - Switch
    - Halka
  - Mantıksal Topoloji
    - Bus
      - Hub (UTP)
      - Carrier Sense Multiple Access with Collision detection (CSMA/CD)
    - Yıldız
      - Switch (UTP)
      - Gibabit Ethernet
- 4.5.1 Ethernet – kablolu ağ.
  - Anahtar (Switch) yıldız topolojisi oluşturur ve trafiği yönetir, directs traffic (Ethernet frames) internal to network.
- Gateway: Internet'e erişim için çıkış noktası.

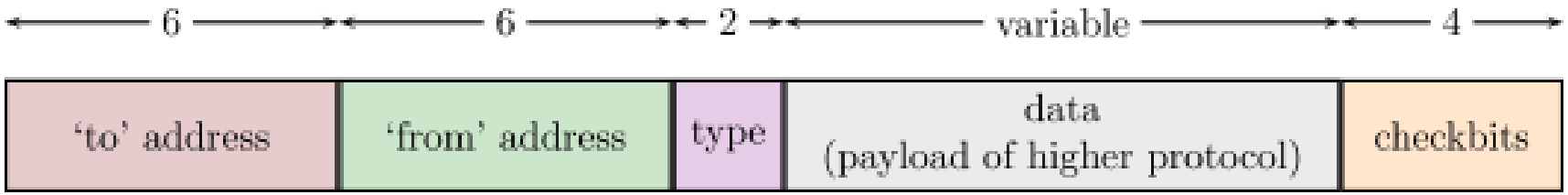




© John Wiley & Sons 2017

4.5 Yerel Alan Ağları

- MAC Address (6 byte), NIC
  - Hexadecimal
- Ethernet çerçeve (frame) formatı.
  - Maks 1500 Bayt
- Veri geldiğinde `to' address kontrol edilir. O cihaz ise, veri kısmı üst protocol katmanlarına iletilir.
- Üst katmandan gelen veri `to'/`from' adresleri eklenerek Ethernet çerçevesi haline getirilir



© John Wiley & Sons 2017

Commant Prompt: cmd

```
ipconfig /all

Ethernet adapter Local Area Connection:
Description        Gigabit Network Connection
Physical Address   D4-BE-D9-1C-DF-73  The physical or MAC address
DHCP Enabled       Yes                 IP address allocated from DHCP
                                       server
IPv4 Address       172.17.1.111        IP address of this device
Subnet Mask        255.255.0.0         bitmask for this subnet
Lease Obtained     5:41:30 PM          DHCP address allocation start time
Lease Expires      6:41:30 PM          DHCP address allocation end time
Default Gateway    172.17.137.254      Gateway to wider Internet
DHCP Server        172.17.137.254      DHCP Server which allocates IP
                                       addresses
DNS Servers        172.17.137.254      Domain name to IP mapping server
```

© John Wiley & Sons 2017

4.5.2 Kablosuz Yerel Alan Ağları

- Mantıksal topoloji olarak bus topolojisine benzer. Neden?

- Kablolu bus'tan en büyük farkı: Sınırlı Kanal dinleme
  - Sınırlı kapsama alanı
    - Hidden terminal, exposed terminal problem
  - Büyük yol kaybı: Ptx>>Prx kendi iletimini dinleyemez
  - ACK mekanizması
- Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
  - RTS, CTS, DATA, ACK

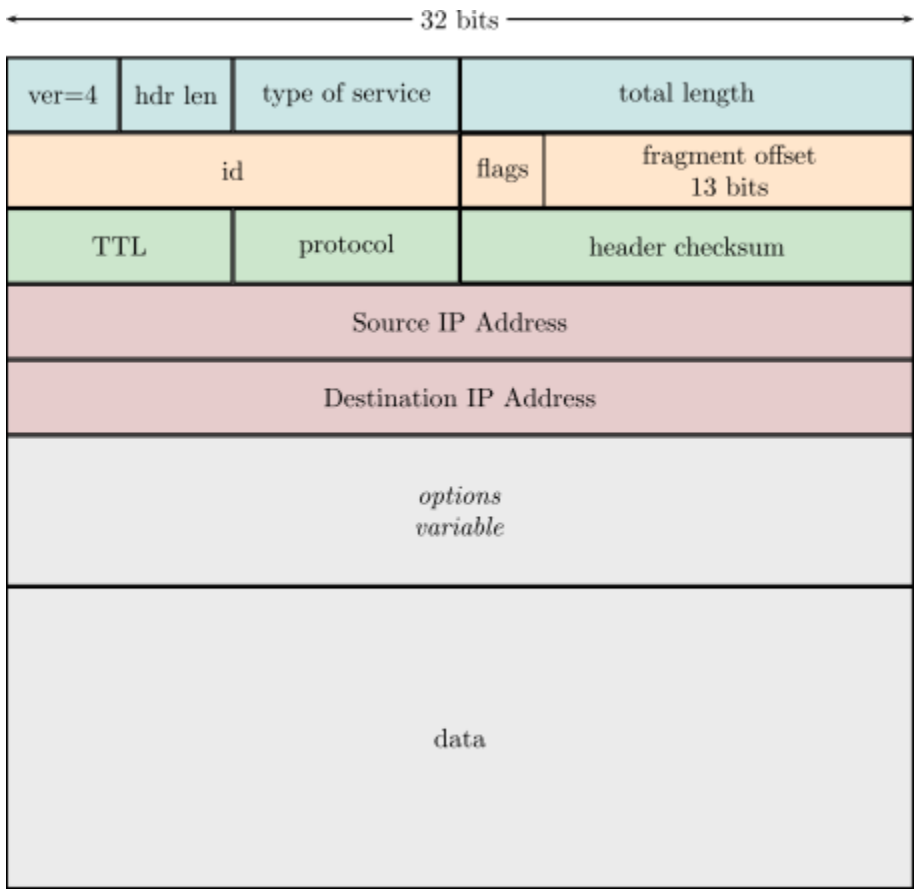
© John Wiley & Sons 2017

4.6 Internet Protocol (IP)

- Pek çok yerel ağ enterkonnekte olursa..
  - Geniş alan ağları
  - Internet Protokolü (RFC 760 IPv4)
- Veri paketleri: *datagram*
- IPv4 adresleri 32 bit uzunlukta.
  - Ör. `192.168.4.7`
  - Hiyerarşik adresleme
- **Ver**: ipv4, ipv6
- **Hdr Len**: 4B kelimeler cinsinden

0	1	2	3	4	5	6	7
Precedence			D	T	R	ECN field	

- **Type of service:**
  - Precedence, D: delay, T: Throughput, R: reliability ECN: Congestion Notification
- **Total length**: Byte cinsinden, maksimum 65535B
- **İd**: Bir datagrama ait bütün fragmentler aynı ID'ye sahip
- **Flags**: (DF, MF)
  - Herhangi bir link tam bir datagramı geçiremiyorsa o zaman parçalama (fragment) yapılması gerekir (RFC 791, 879)
- **Fragment offset**: 8 Bayt bloklar (8192 fragment/datagram)
- **TTL** = Time To Live (255, sadece hopları sayıyor)
- **Protocol**: Transport protocol. Internet Assigned Numbers Authority (IANA)
- **Header Checksum** – 16 bit yarım kelimeler toplanır ve yazılır. RFC 1071
- **Options**: Her opsiyon 1B'lık kod ile başlar. Her opsiyon 4B'ye kaplar



4.6.3 IP Checksum

- 16 bit kelimeler toplanır
  - Tümleyeni alınır
- Bu işlem sadece başlığa uygulanır
- Başlığın doğru alınıp alınmadığı denetlenir
- checksum.m
- Not: Gerçekte işlemcide işlemler Matlab kodundaki gibi yapılmaz.
  - Bit mask ve shift operasyonları işlemcinin komutlarıyla gerçeklenir
- Not: Checksum %100 güvenilir değildir ama yeteri kadar güvenilirdir.

45	00	00	3C	*Version, header length, total length*
75	02	00	00	*Flags, fragment info*
20	01	**C7**	**1F**	***TTL, header checksum***
AC	10	03	01	*Source address 172.16.3.1*
AC	10	03	7E	*Destination address 172.16.3.126*

Figure 4.12 An example IP header, as captured on a data link. This should be compared with the IPv4 header layout of Figure 4.9. The header checksum is C7 1F hexadecimal.

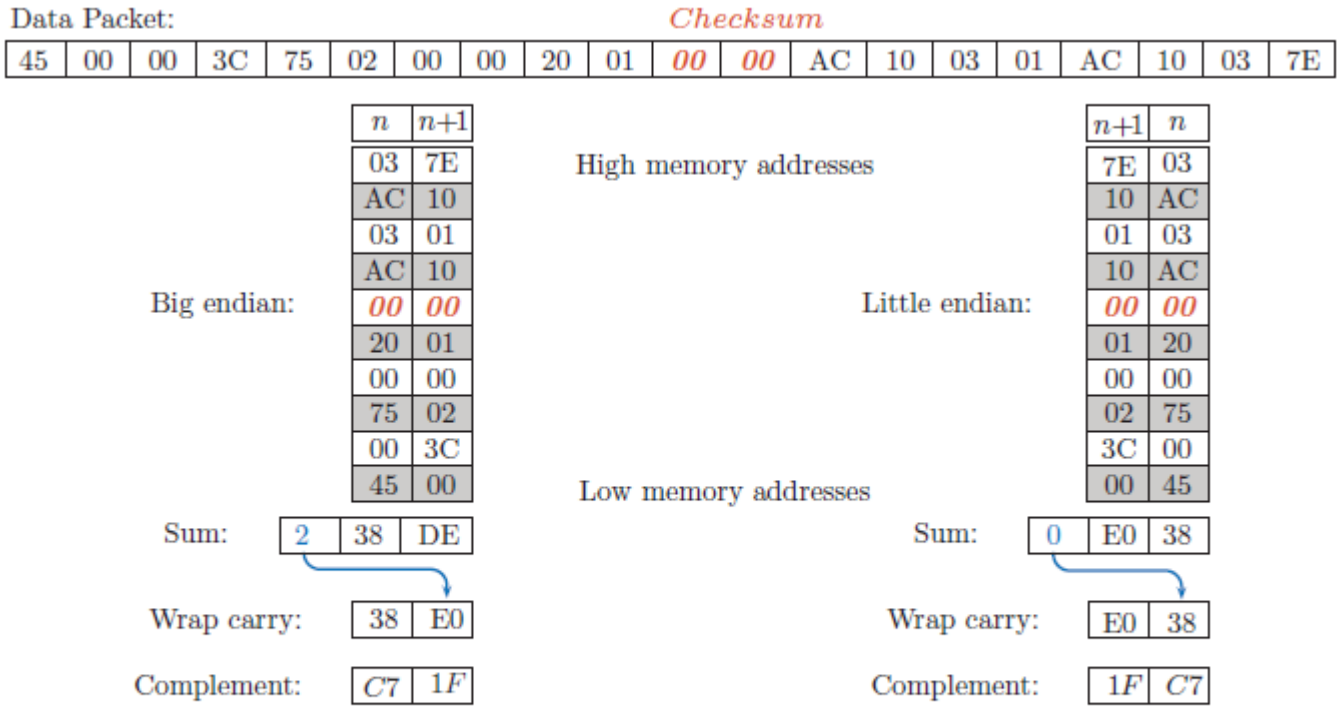


Figure 4.13 Calculating the checksum, using big-endian machine architecture (left) and little-endian architecture (right). The end result must be the correct packet data ordering, independent of the machine byte ordering.

© John Wiley & Sons 2017

4.6.4 IP Adresleme

- Her aygıtın farklı IP adresi olmalıdır
- İpv4: 32 bit, Class A, B ve C
  - Network kısmı
  - Host kısmı
- Network (000..000) ve broadcast (11…11)
- Class A: 0-127
- Class B: 128-191
- Class C: 128-256 ile başlayan
- Network address translation (NAT): bazı adresler sadece özel ağların içinde kullanılır, dışarıya çıkarken adres değiştirilir, çakışma olmaz
  - 10.0.0.0 – 10.255.255.255 (10/8 prefix)
  - 172.16.0.0 – 172.31.255.255 (172.16/12 prefix)
  - 192.168.0.0 – 192.168.255.255 (192.168/16 prefix)

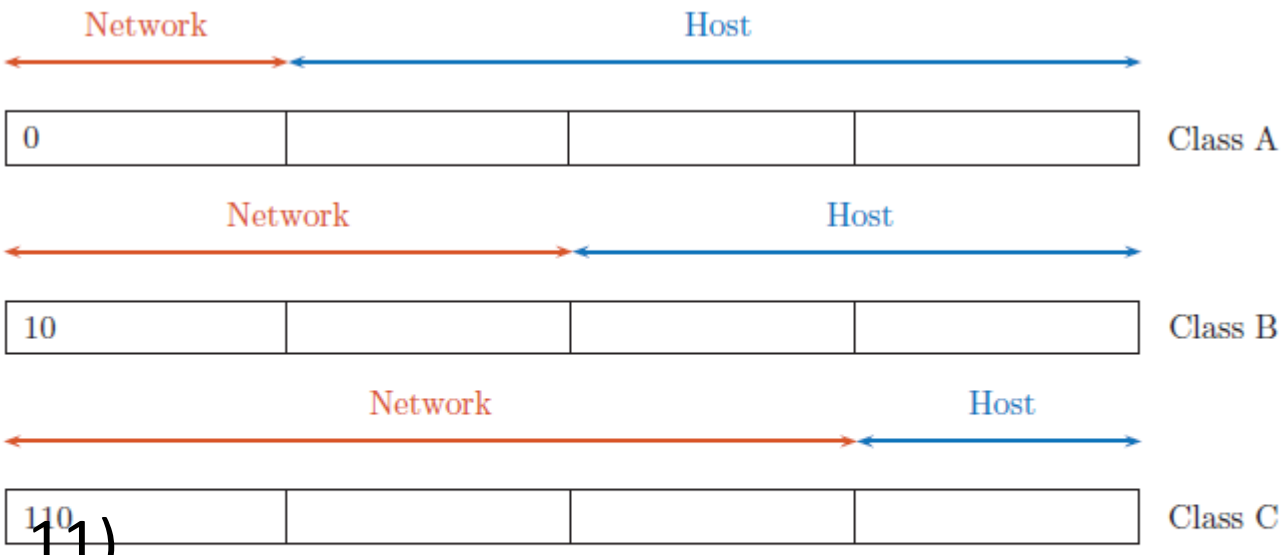


Figure 4.14 The arrangement of the original IP address classes. The leading (leftmost) bits determine the address class, then the next block of bits determines the network, and finally the rightmost bits determine the device or host within that network. This turned out to be a very inefficient way to allocate address space.

© John Wiley & Sons 2017

cmd

```
ipconfig /all

Ethernet adapter Local Area Connection:
Description        Gigabit Network Connection
Physical Address   D4-BE-D9-1C-DF-73   The physical or MAC address
DHCP Enabled       Yes                 IP address allocated from DHCP
                                       server
IPv4 Address       172.17.1.111        IP address of this device
Subnet Mask        255.255.0.0         bitmask for this subnet
Lease Obtained     5:41:30 PM          DHCP address allocation start time
Lease Expires      6:41:30 PM          DHCP address allocation end time
Default Gateway    172.17.137.254      Gateway to wider Internet
DHCP Server        172.17.137.254      DHCP Server which allocates IP
                                       addresses
DNS Servers        172.17.137.254      Domain name to IP mapping server
```

© John Wiley & Sons 2017

4.6.5 Subnet - Altağ

- Mevcut Class A, B C çok verimsiz
  - Adresler boşa gidiyor
- Bir adres sınıfı alt ağlara bölünür
- Her alt ağın bir subnet mask'i var
- Bir adres subnet mask ile maskelendiğinde (AND) alt ağ adresi bulunur
  - Subnet mask tümleyeniyle maskelendiğinde aygıt adresi elde edilir

Address:	172.16.22.34	10101100	00010000	00010110	00100010
Class B network:	172.16.0.0	10101100	00010000	00000000	00000000
/24 mask:	255.255.255.0	11111111	11111111	11111111	00000000
Subnet address:	172.16.22.0	10101100	00010000	00010110	00000000
Subnet	22			00010110	
Addrin subnet:	34				00100010

Figure 4.15 Subnet example 1. The subnet identifier is 8 bits, and the device identifier is also 8 bits.

Address:	172.16.22.34	10101100	00010000	00010110	00010110
Class B network:	172.16.0.0	10101100	00010000	00000000	00000000
/20 mask:	255.255.240.0	11111111	11111111	11110000	00000000
Subnet address:	172.16.16.0	10101100	00010000	00010000	00000000
Subnet:	1			0001	
Addrin subnet:	1058			0100	00100010

Figure 4.16 Subnet example 2. This is the same IP address as the previous example but a larger subnetwork size as defined by the subnet mask.

```
Ethernet adapter Ethernet:

   Connection-specific DNS Suffix  . :
   Description . . . . . . . . . . . : Realtek PCIe GBE Family Controller
   Physical Address. . . . . . . . . : F4-4D-30-F2-5E-D0
   DHCP Enabled. . . . . . . . . . . : Yes
   Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
   Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::d584:fe98:9e25:c1bd%11(Preferred)
   IPv4 Address. . . . . . . . . . . : 10.2.224.234(Preferred)
   Subnet Mask . . . . . . . . . . . : 255.255.240.0
   Lease Obtained. . . . . . . . . . : 5 Mayıs 2022 Perşembe 04:38:32
   Lease Expires . . . . . . . . . . : 5 Mayıs 2022 Perşembe 14:38:32
   Default Gateway . . . . . . . . . : 10.2.224.1
   DHCP Server . . . . . . . . . . . : 10.1.11.211
   DHCPv6 IAID . . . . . . . . . . . : 66342192
   DHCPv6 Client DUID. . . . . . . . : 00-01-00-01-21-EE-74-9E-F4-4D-30-F2-5E-D0
   DNS Servers . . . . . . . . . . . : 10.1.11.103
                                       10.1.12.104
   NetBIOS over Tcpip. . . . . . . . : Enabled
```

© John Wi

4.6.6 Network Address Translation

- Network address translation (NAT): bazı adresler sadece özel ağların içinde kullanılır, dışarıya çıkarken adres değiştirilir, çakışma olmaz
  - 10.0.0.0 – 10.255.255.255 (10/8 prefix)
  - 172.16.0.0 – 172.31.255.255 (172.16/12 prefix)
  - 192.168.0.0 – 192.168.255.255 (192.168/16 prefix)
- Dışarıda
  - Kurum tek bir public IP adresi ile bağlanır, içerideki her kullanıcı için farklı TCP portu kullanır (socket)
- İçeride
  - Private IP, public IP ile yer değiştirilir

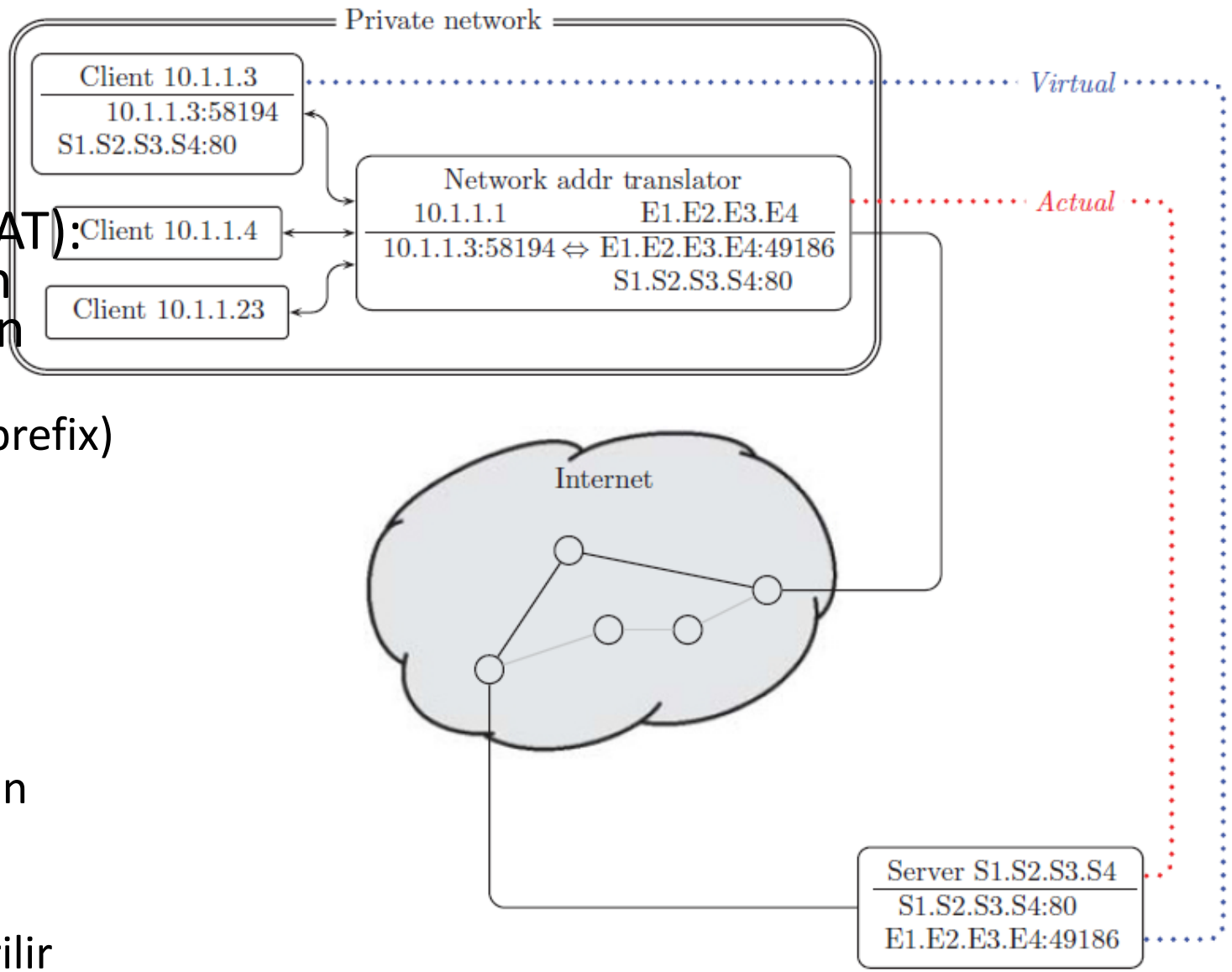


Figure 4.17 The principle of NAT using address and port translation. Port 80 is reserved for web services, but port 49186 (in this example) is allocated on a per-connection basis. The combination of 32-bit IP address and 16-bit TCP port is termed a *socket*.

© John Wiley & Sons 2017

4.7 Ağ Adres Konfigürasyonu

- 4.7.1 ARP: IP adresinden MAC adresi bulunması
  - FF:FF.FF:FF:FF:FF (broadcast) MAC adresine mesaj iletilir. Sorgulanan IP adresi mesaja eklenir
    - O IP adresine sahip olan aygıt cevap verir, böylece MAC adresi öğrenilmiş olur.
    - Bu IP-MAC eşleşmesi ARP önbelleğinde (sınırlı bir süre) tutulur
- 4.7.2 IP Konfigürasyonu (DHCP)
  - Yerel ağda belli bir sunucu aygıtlara IP adresleri dağıtılması görevini üstlenir
  - DHCP request, DHCP reply
  - Sınırlı bir süre (lease obtained, expires..)

```
C:\Users\tgiri>arp -a

Interface: 192.168.1.102 --- 0x4
  Internet Address      Physical Address      Type
  192.168.1.1           40-3f-8c-d6-fb-c8     dynamic
  192.168.1.255         ff-ff-ff-ff-ff-ff     static
  224.0.0.22            01-00-5e-00-00-16     static
  224.0.0.251           01-00-5e-00-00-fb     static
  224.0.0.252           01-00-5e-00-00-fc     static
  239.255.255.250       01-00-5e-7f-ff-fa     static
  255.255.255.255       ff-ff-ff-ff-ff-ff     static
```

```
Wireless LAN adapter Wi-Fi:

   Connection-specific DNS Suffix  . :
   Description . . . . . . . . . . . : Intel(R) Dual Band Wireless-AC 7265
   Physical Address. . . . . . . . . : F4-96-34-8A-81-62
   DHCP Enabled. . . . . . . . . . . : Yes
   Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
   Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::1c75:4549:d620:fcca%4(Preferred)
   IPv4 Address. . . . . . . . . . . : 192.168.1.102(Preferred)
   Subnet Mask . . . . . . . . . . . : 255.255.255.0
   Lease Obtained. . . . . . . . . . : 5 Mayıs 2022 Perşembe 16:17:24
   Lease Expires . . . . . . . . . . : 5 Mayıs 2022 Perşembe 20:14:51
   Default Gateway . . . . . . . . . : 192.168.1.1
   DHCP Server . . . . . . . . . . . : 192.168.1.1
   DHCPv6 IAID . . . . . . . . . . . : 66360884
   DHCPv6 Client DUID. . . . . . . . : 00-01-00-01-23-9E-D2-C0-F4-96-34-8A-81-62
   DNS Servers . . . . . . . . . . . : 192.168.1.1
   NetBIOS over Tcpip. . . . . . . . : Enabled
```

© John Wiley & Sons 2017

4.7 Ağ Adres Konfigürasyonu

- 4.7.3 DNS
  - Web sayfasına karşılık gelen IP adresini tutan sunucu

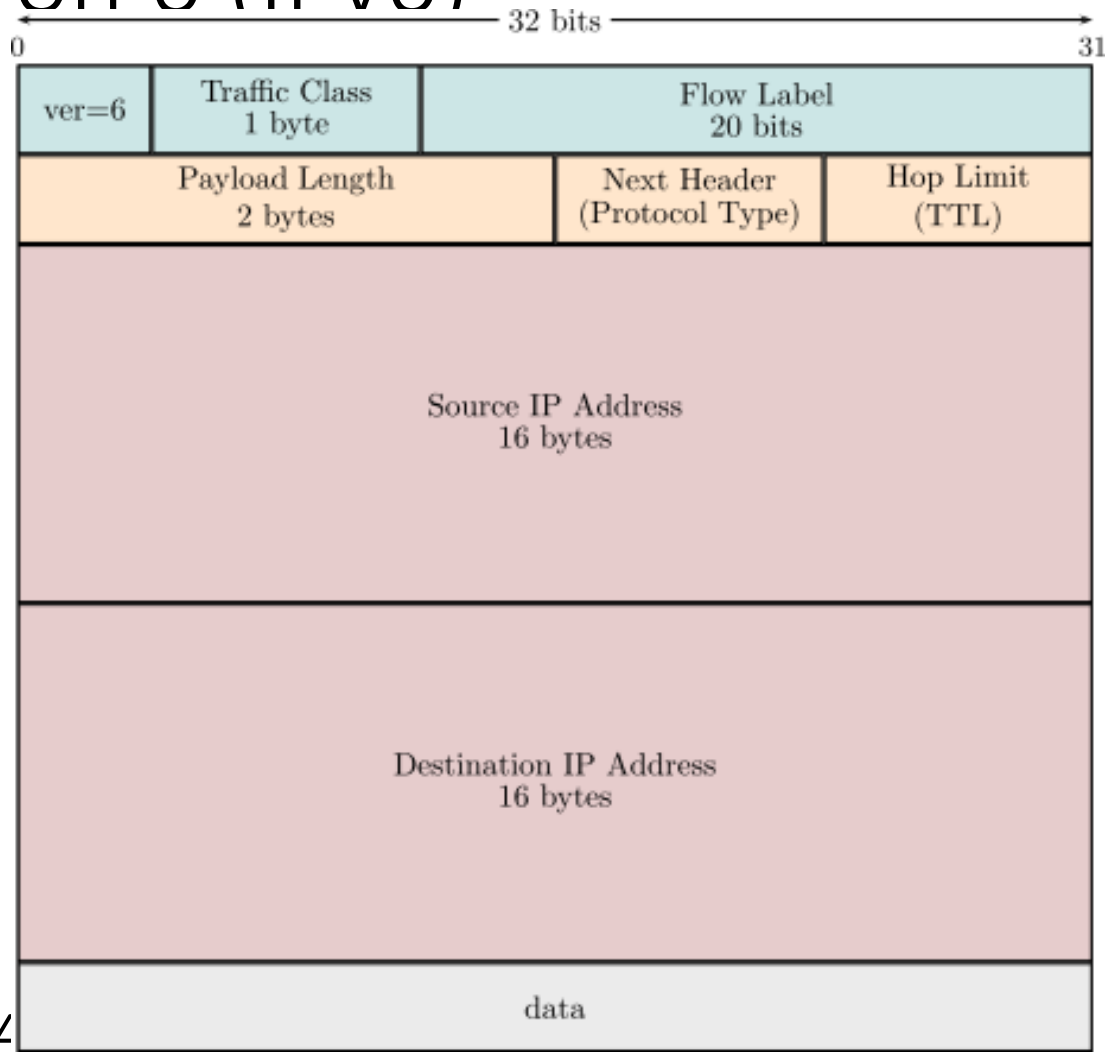
```
C:\Users\tgiri>nslookup etu.edu.tr
Server:  UnKnown
Address:  192.168.1.1

Non-authoritative answer:
Name:    etu.edu.tr
Addresses:  2001:a98:100:1b:10:1:11:140
          193.140.108.140
```

© John Wiley & Sons 2017

4.6.2: Internet Protocol versiyon 6 (IPv6)

- IPv4'ün yetersizlikleri.
  - Ağ büyüklüğü (adres sayısı yetersiz)
  - Yeni tip hizmetler
- IPv6 adresleri 128 bit uzunlukta.
- Header sabit uzunlukta (işlem kolaylığı)
- Ver (4 bit): 6
- Traffic Class (6+2 bit): RFC 2460
- Flow Label (20): Aynı akışa (ör. Gerçek zamanlı akış) ait veriler
- Payload length (16) : Bayt cinsinden uzunluk
- Next header : ör TCP
- Hop Limit (TTL) (8 bit) = Time To Live

- Problem: IPv4 and IPv6 must coexist.
  This is not easy, cannot just "switch off" devices using IPv4



© John Wiley & Sons 2017

4.6.2: Internet Protocol versiyon 6 (IPv6)

- İpv4'te DHCP ve ARP vardı (IP adresini veya MAC adr bulmak için)
- İpv6'da auto-configuration: IP adresi MAC adresinden türetilebilir
- RFC 3587 IPv6 Global Unicast Address Format,
  - İpv6 adresin son 64 biti MAC adresinden türetilir
- RFC 4291 IP Version 6 Addressing Architecture
- RFC 3513 IPv6 Addressing Architecture
- Adresi basitleştirmek
  - 2001:0DB8:0000:0000:020E:7BFF:FE4F:C472
  - 16 bitlik bloğun başındaki sıfırlar silinebilir
  - 16 bitlik blok tümden sıfırsa silinebilir
  - 2001:db8::20e:7bff:fe4f:c472

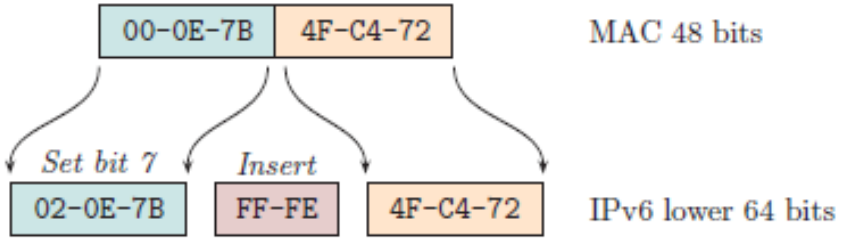


Figure 4.11 One possible method of mapping 48-bit MAC addresses into the 64-bit host portion of the 128-bit IPv6 address according to RFC 4291 Appendix A. In the case illustrated, the seventh bit from the left is set and two bytes inserted as shown.

© John Wiley & Sons 2017

4.8 Uygulama Paket İletimi: TCP ve UDP

- IP ile uçtan uca paketler iletilir
  - Hata veya kayıplar olabilir, sıra karışabilir
  - Bir istemci birden fazla uygulama talep edebilir, bunların paketlerinin karışmaması gerekir
    - Bu problemleri Taşıma katmanı çözer
- Taşıma katmanı uçlarda bulunur
  - Ör. İstemci ve sunucuda
  - Router'larda bulunmaz
- Port: 16 bitlik bir numara
- Her uygulamaya farklı port tahsis edilir
- Internet Assigned Numbers Authority (IANA)
  - Bazı port numaraları sabittir
  - Ör 80: http
  - Yüksek port numaraları dinamik olarak tahsis edilir
- Port numarası Taşıma katmanı başlığında taşınır
- İki önemli protokol
  - TCP: Bağlantı temelli
  - UDP: Bağlantısız

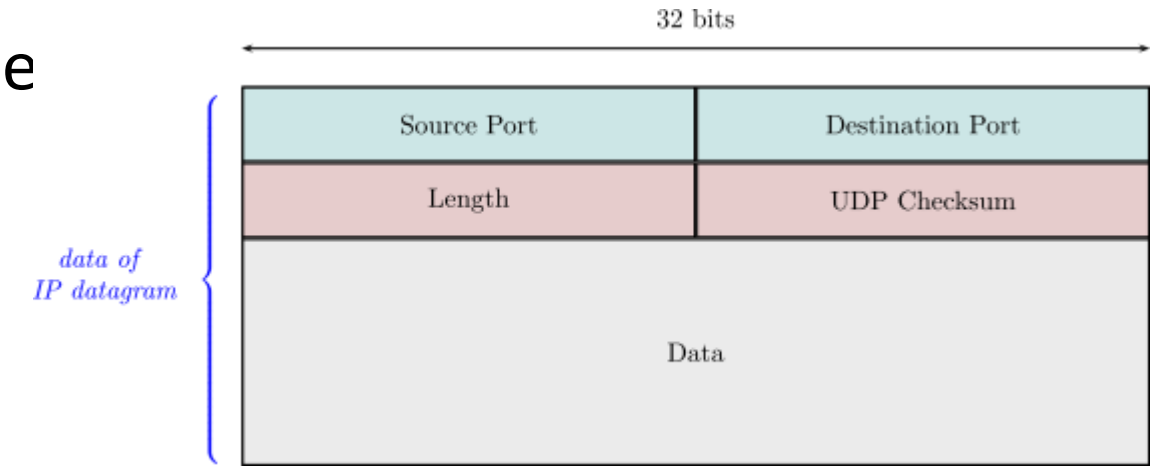
© John Wiley & Sons 2017

PORT NUMBER	TRANSPORT PROTOCOL	SERVICE NAME	RFC
20, 21	TCP	File Transfer Protocol (FTP)	RFC 959
22	TCP and UDP	Secure Shell (SSH)	RFC 4250-4256
23	TCP	Telnet	RFC 854
25	TCP	Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)	RFC 5321
53	TCP and UDP	Domain Name Server (DNS)	RFC 1034-1035
67, 68	UDP	Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)	RFC 2131
69	UDP	Trivial File Transfer Protocol (TFTP)	RFC 1350
80	TCP	HyperText Transfer Protocol (HTTP)	RFC 2616
110	TCP	Post Office Protocol (POP3)	RFC 1939
119	TCP	Network News Transport Protocol (NNTP)	RFC 8977
123	UDP	Network Time Protocol (NTP)	RFC 5905
135-139	TCP and UDP	NetBIOS	RFC 1001-1002
143	TCP and UDP	Internet Message Access Protocol (IMAP4)	RFC 3501
161, 162	TCP and UDP	Simple Network Management Protocol (SNMP)	RFC 1901-1908, 3411-3418
179	TCP	Border Gateway Protocol (BGP)	RFC 4271
389	TCP and UDP	Lightweight Directory Access Protocol	RFC 4510
443	TCP and UDP	HTTP with Secure Sockets Layer (SSL)	RFC 2818
500	UDP	Internet Security Association and Key Management Protocol (ISAKMP) / Internet Key Exchange (IKE)	RFC 2408 - 2409
636	TCP and UDP	Lightweight Directory Access Protocol over TLS/SSL (LDAPS	RFC 4513
989/990	TCP	FTP over TLS/SSL	RFC 4217
			https://ipwithease.com

ipwithease.com

© John Wiley & Sons 2017

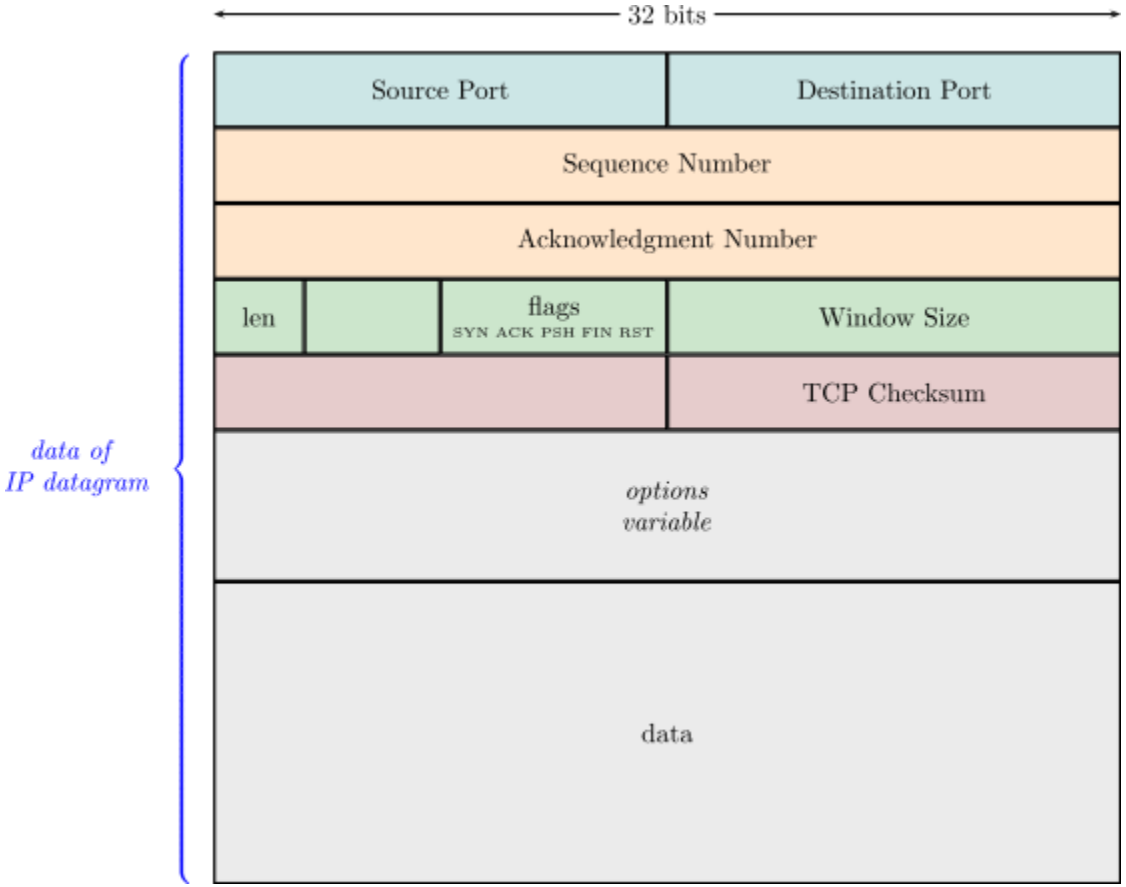
- Just to send a block of data from one device to another.
- Not sequenced, payload not error-che
- Quick. No retransmission.
- Real-time voice/video/games.



© John Wiley & Sons 2017

Transmission Control Protocol (TCP)

- To send a reliable, byte-stream.
- If errors, arranges retransmission.
- Tries to maximize throughput without saturating network.
- Heavy-lifter of the Internet. Often termed TCP/IP



© John Wiley & Sons 2017

TCP

- Client IP address C1.C2.C3.C4
- Server IP address: S1.S2.S3.S4
- Server: Web server ise
- Request port 80
- Ethernet: 1500 B
- Maximum transmission uni 1460 B
- Her katman kendi işini yapar
- İletirken başlık ekler
- Alırken başlığı çıkarır

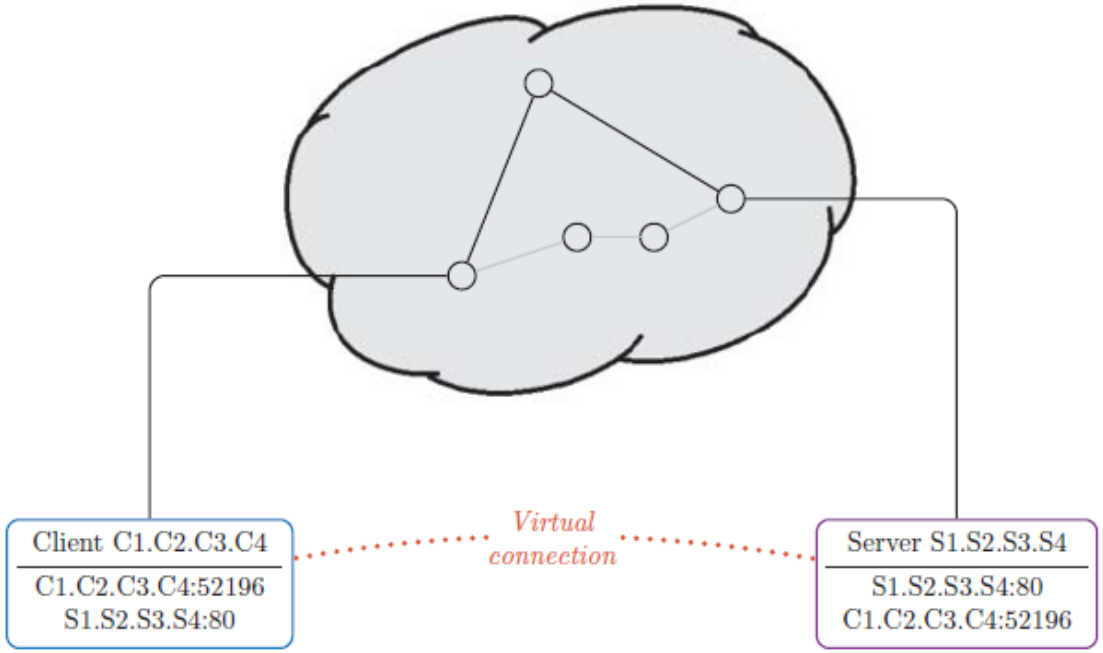


Figure 4.20 A socket pair consisting of an IP:Port combination uniquely defines the endpoints for a data transfer. Routers in the Internet use the IP address, but not the port. End devices use the port number to ensure the data reaches the correct application.

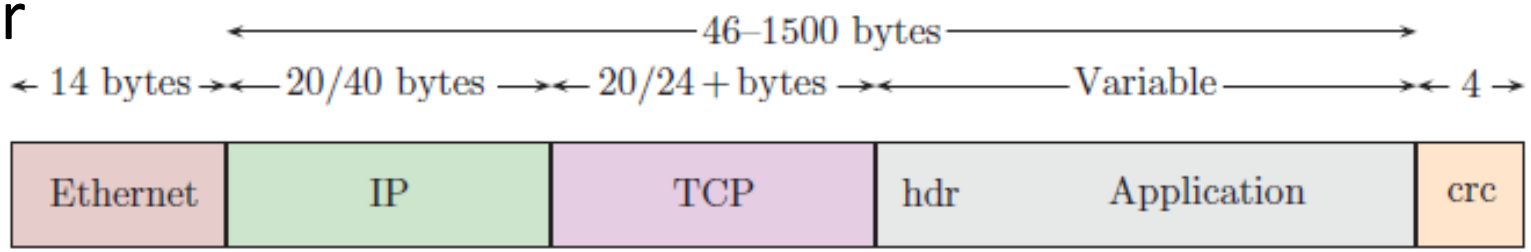


Figure 4.21 Ethernet frame encapsulation of IP and TCP.

© John Wiley & Sons 2017

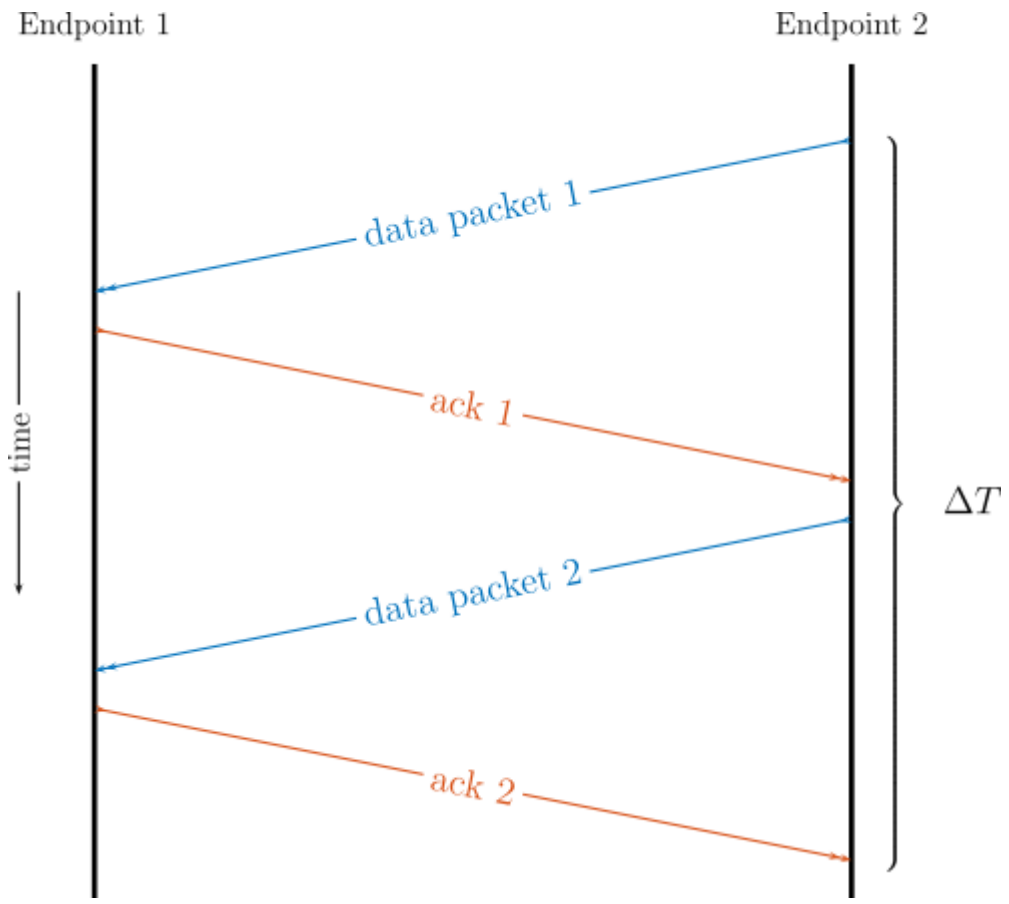
Uygulama

- HTTP: TCP kullanılır (çünkü güvenilir)
- HTTP1 1996: Aynı anda tek istek iletilir ve alınır
- HTTP 1.1 1999: Eş zamanlı istekler yapılabilir
- HTTP 2 2015

© John Wiley & Sons 2017

4.9 TCP: Güvenilir İletim

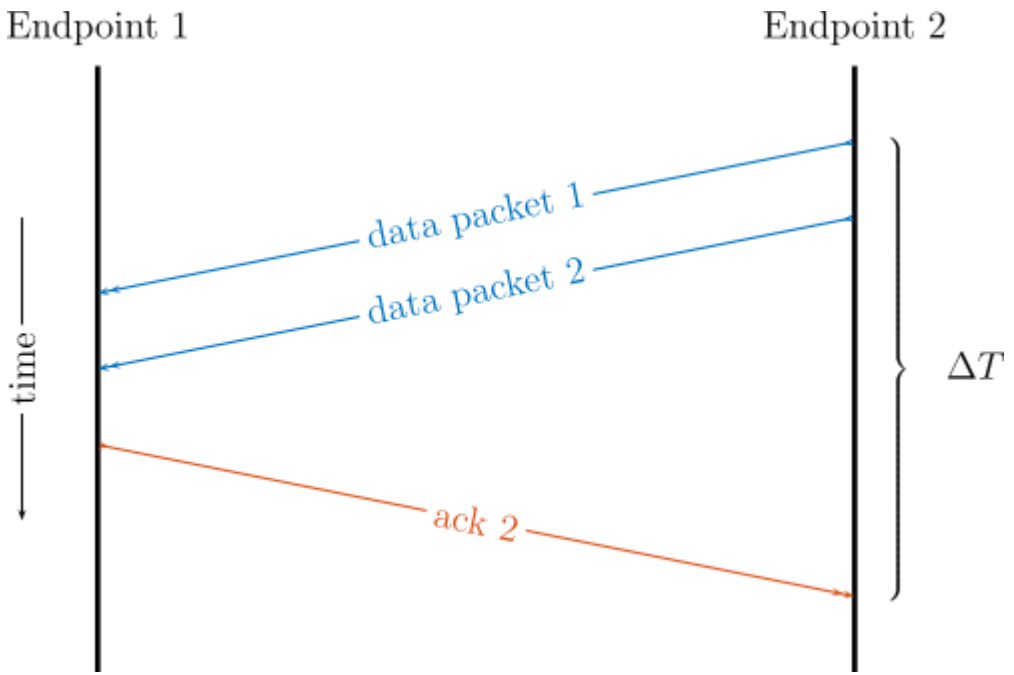
- Her pakette Acknowledge (ACK) : ağ güvenilir ise verimsiz.
  - Her pakette RTT (gidiş geliş süresi) beklemek gerekir
  - Veri transfer hızını sınırlar
- Bir anda bütün veriyi (ör dosya) networke sokmak sıkışıklık yaratabilir
  - Adillik (fairness)
  - Gecikme (delay)
- TCP - RFC 793 - 1981
- İlk şekil
  - RTT fazlaysa ve kanal düzgünse çok verimsiz (ör. Uzun bir fiberoptik bağlantı)
  - RTT çok azsa ve kanal bozuksa uygun (ör. WiFi)



© John Wiley & Sons 2017

TCP: Güvenilir İletim

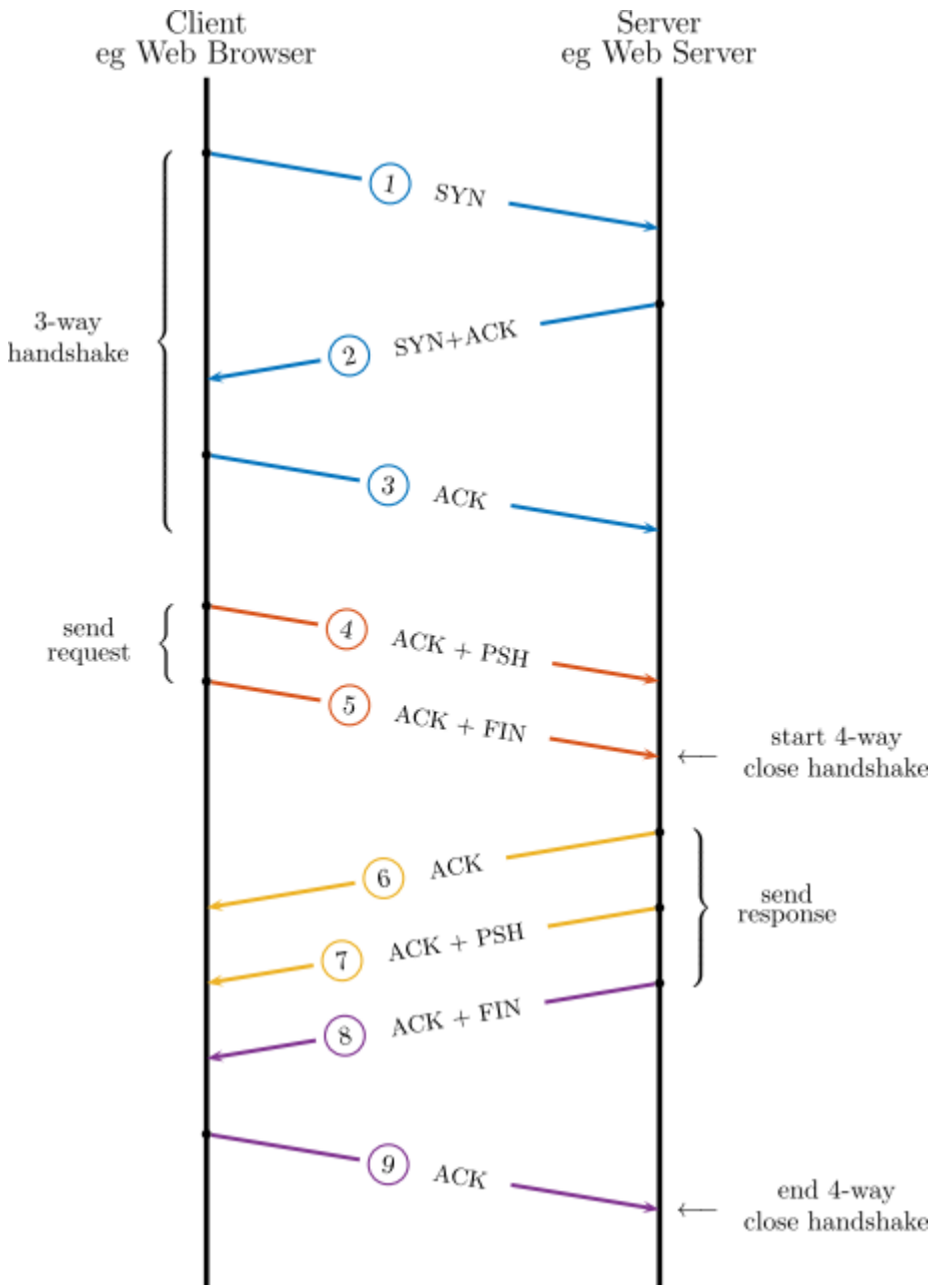
- Şekil 2: Birden fazla pakete ortak ACK
- Bir seri paket için ortak ACK
- Bir pakete ACK gelmezse o ve ondan sonraki her paket tekrar gönderilmeli
- Kanal iyi ve RTT fazlaysa verimli
- Kanal kötüyse verimsiz
- Orijinal TCP: Açık ACK yok
  - Kümülatif ACK var



© John Wiley & Sons 2017

4.9.1 TCP Handshake

- TCP bağlantı temellidir
- Bağlantıları başlatmak ve kapatmak
- SYN: Byte numarasını başlatır, senkronize eder
- PSH = Push data flag
- FIN = Finish flag.
- 3-way startup handshake. 4-way closedown.



© John Wiley & Sons 2017

4.9.2 TCP: Sıkışıklık Denetimi

- Kaynak ve varış noktalarından biri daha yavaş olabilir
- Veri boru hattı gibi görselleştirilebilir
  - Ağda bir sıkışıklık olabilir
- Bir pencere (window) tanımlanır
  - Kaynak'ın ACK almadan ağa basabileceği maksimum veri miktarı
- Bu pencere kayar ve büyüklüğü de değişkendir

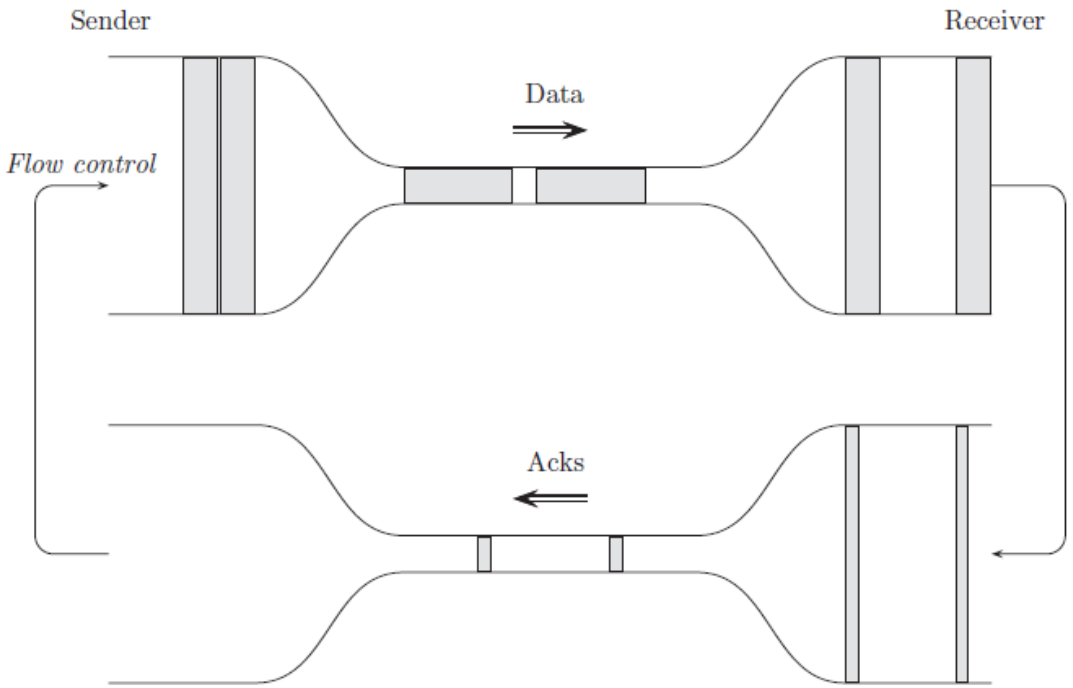
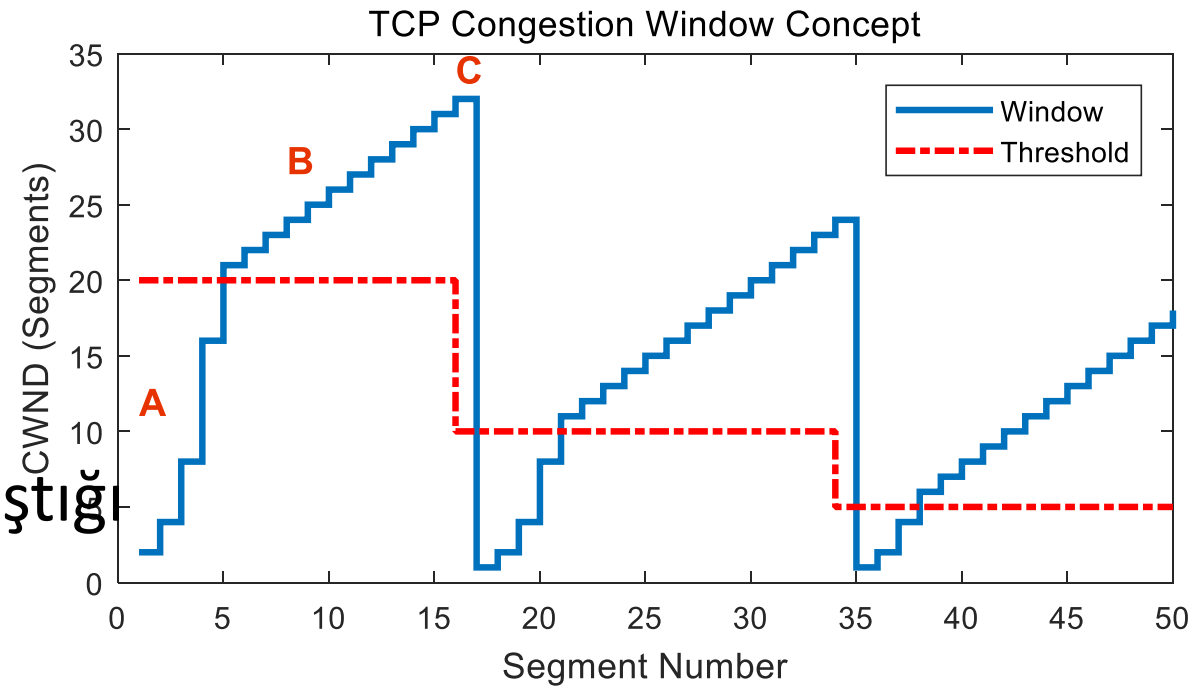


Figure 4.24 Visualizing TCP data flow as a pipe of various dimensions, corresponding to the bandwidth and delay of different sections of the network that a given exchange of data packets must traverse (*Source*: After Jacobson, 1988). The flow control acts to admit more data to the network when permissible.

© John Wiley & Sons 2017

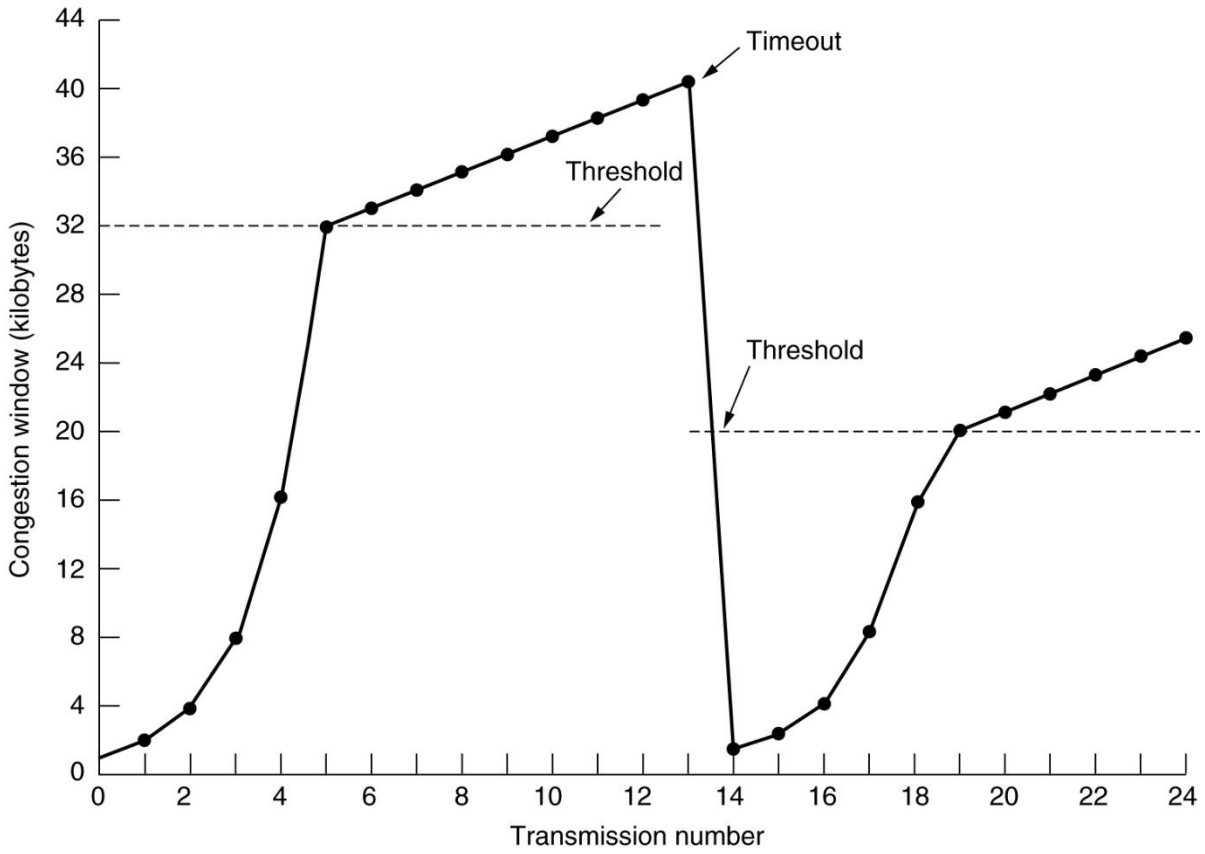
TCP Slow Start (Jacobson 1988)

- CWND = Congestion Window
- Başta: CWND = Maksimum segment uzunluğu
- Zamanında ACK geldiği sürece: CWND=CWNDx2
- CWND=SSTHRESH olduğunda ise: CWND=CWND+1
- Bir paket kaybı olduğu zaman
  - SSTHRESH =CWND/2 yapılır
  - Sonra CWND=1 yapılır
  - Pencere uzunluğu yine katlanarak artar.
- Sıkışıklık penceresi alıcı penceresine ulaştığı zaman hata olmadıkça sabit kalır.
- RFC 5861: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc5681



© John Wiley & Sons 2017

Örnek 2



Fast retransmit and recovery

© John Wiley & Sons 2017

4.9.3 TCP Timeout

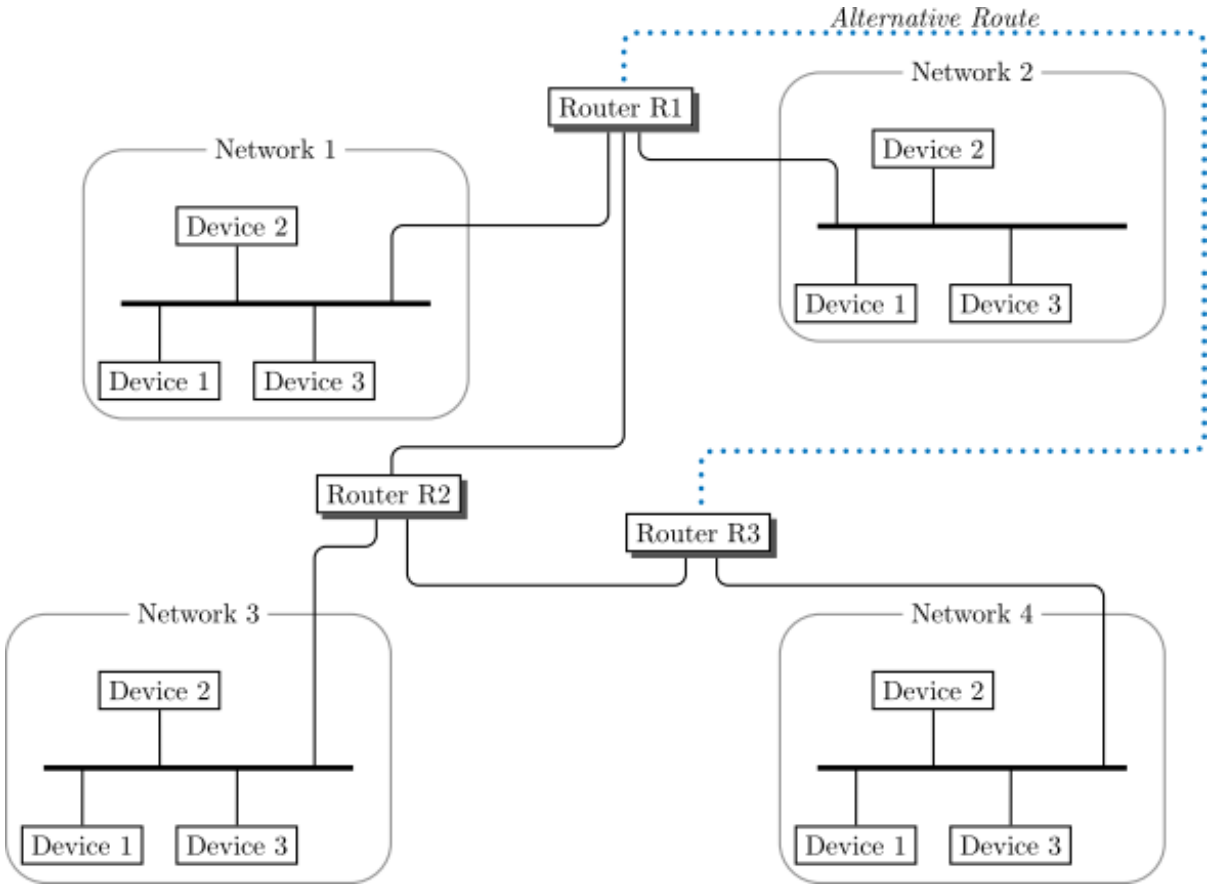
```
netstat -an
Active Connections:
Proto Local Address    Foreign Address  State
TCP   10.28.1.37:139   0.0.0.0:0        LISTENING
TCP   10.28.1.37:59769 93.184.216.34:80 ESTABLISHED
```

- ACK gelmezse ? Timeout
- Retransmission Timeout (RTO).
- RTO çok büyükse:
- RTO çok kısaysa:
- RTO, Round-Trip Time (RTT) ile alakalı bir değer olmalı
  - Orijinal TCP: $SRTT = \alpha SRTT + (1 - \alpha)RTT$
- RTO: RTT+güvenlik payı
  - Deviasyon: D=alpha*D+(1-alpha)*|RTT-M|
  - Timeout=RTT+4*D
- RTO uyarlamalı olabilir: RTT'ye dinamik olarak bağlı yapılabilir
- $\alpha = 7/8$

© John Wiley & Sons 2017

4.10 IP Routing (Yol Atama)

- Her router yol atamaya kendisi karar verir.
  - forwarding
- Bunun için bir tablo oluşturulması gerekir
  - Halkalar (loop) oluşturmadan
  - Varış adresleri – bir sonraki router
- Paketler varış noktasına karışık sırayla ulaşabilir.
  - Varışta tekrar sıralanmalı
    - TCP



© John Wiley & Sons 2017

Route print

- 127.0.0.1: Loopback address
- 192.168.1.255: broadcast address
- 192.168.1.0: entire subnet (wildcard)
- 0.0.0.0: Default address

```
IPv4 Route Table
===========================================================================
Active Routes:
Network Destination        Netmask          Gateway       Interface  Metric
          0.0.0.0          0.0.0.0      192.168.1.1    192.168.1.107     50
        127.0.0.0        255.0.0.0         On-link         127.0.0.1    331
        127.0.0.1  255.255.255.255         On-link         127.0.0.1    331
  127.255.255.255  255.255.255.255         On-link         127.0.0.1    331
      192.168.1.0    255.255.255.0         On-link     192.168.1.107    306
    192.168.1.107  255.255.255.255         On-link     192.168.1.107    306
    192.168.1.255  255.255.255.255         On-link     192.168.1.107    306
        224.0.0.0        240.0.0.0         On-link         127.0.0.1    331
        224.0.0.0        240.0.0.0         On-link     192.168.1.107    306
  255.255.255.255  255.255.255.255         On-link         127.0.0.1    331
  255.255.255.255  255.255.255.255         On-link     192.168.1.107    306
===========================================================================
```

- Tracert –d etu.edu.tr
- Yol üzerideki adımları gösterir
- 3 deneme
- Her birine farklı gecikmeler olduğu görülüyor

```
Tracing route to etu.edu.tr [193.140.108.140]
over a maximum of 30 hops:

  1     1 ms    23 ms    10 ms  192.168.1.1
  2     9 ms     8 ms     8 ms  212.156.201.18
  3     6 ms     6 ms     6 ms  81.212.78.245
  4    15 ms     6 ms     5 ms  81.212.24.156
  5    13 ms    16 ms     6 ms  212.156.108.248
  6     6 ms     6 ms     6 ms  81.212.222.208
  7     7 ms     6 ms     5 ms  212.156.64.46
  8    92 ms     6 ms     6 ms  212.154.96.70
  9     9 ms     8 ms     6 ms  193.140.85.210
 10    14 ms     8 ms    19 ms  193.140.109.2
 11    25 ms    18 ms     7 ms  193.140.108.140

Trace complete.
```

© John Wiley & Sons 2017

IP Routing

Device address: 192.168.128.34	11000000	10101000	10000000	00100010
Subnet mask: 255.255.255.0	11111111	11111111	11111111	00000000
AND 192.168.128.0	11000000	10101000	10000000	00000000
Destination address 1: 192.168.128.12	11000000	10101000	10000000	00001010
Subnet mask: 255.255.255.0	11111111	11111111	11111111	00000000
AND 192.168.128.0	11000000	10101000	10000000	00000000
Destination address 2: 192.168.35.17	11000000	10101000	00010011	00010001
Subnet mask: 255.255.255.0	11111111	11111111	11111111	00000000
AND 192.168.35.0	11000000	10101000	00010011	00000000

Figure 4.28 Determining whether two addresses are on the same subnet.

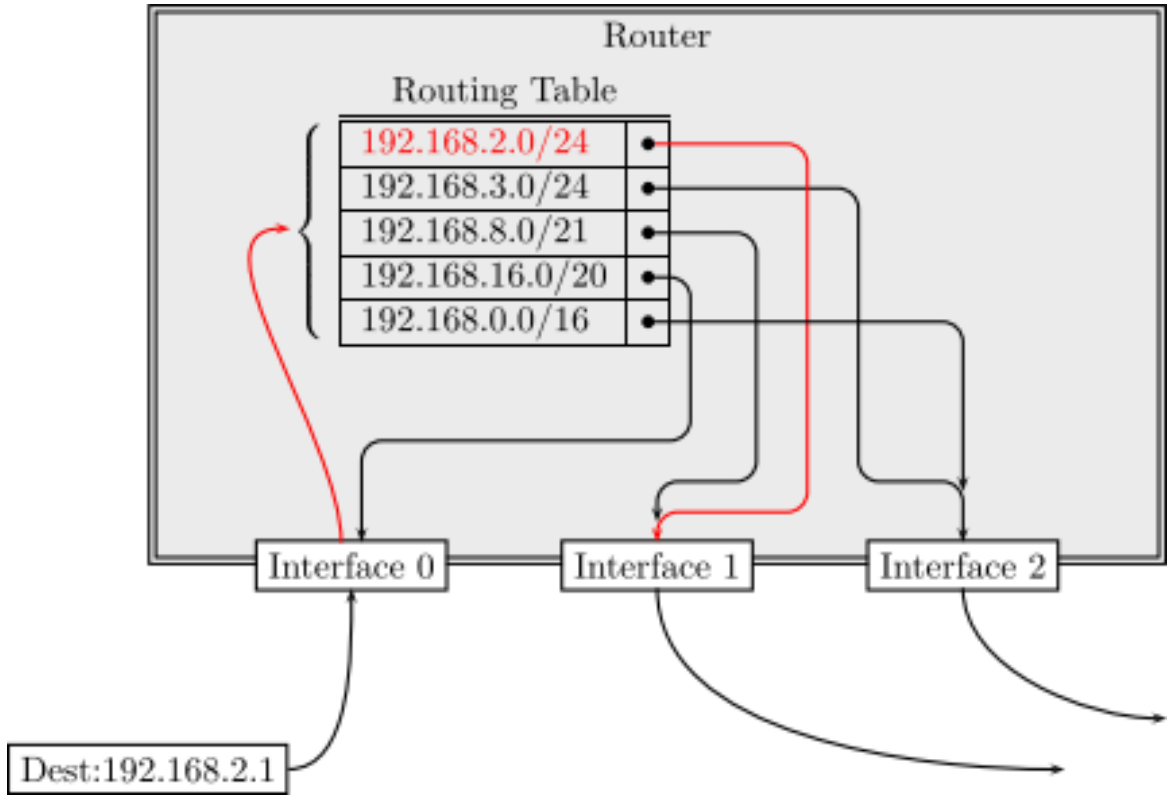
- Kaynak ve varış adresleri aynı alt ağda bulunuyor olabilir.
- Alt ağ maskesi ile teyit edilebilir
- Aynı alt ağda ise ARP ile MAC adresi bulunur.

- Çoğu aygıt Internet’e bir gateway aracılığı ile bağlıdır.
- Bu durumlarda bu aygıtların routing işi daha kolaydır.

© John Wiley & Sons 2017

IP Routing

- Gerçekte çok fazla sayıda router ve ara yüz vardır ve
- Classless Interdomain routing(CIDR)
- Ör. 192.168.1.1 ve 192.168.1.2 adresleri için ayrı ayrı tablo tutulmaz 192.168 prefix'i için tablo tutulur



© John Wiley & Sons 2017

IP Routing

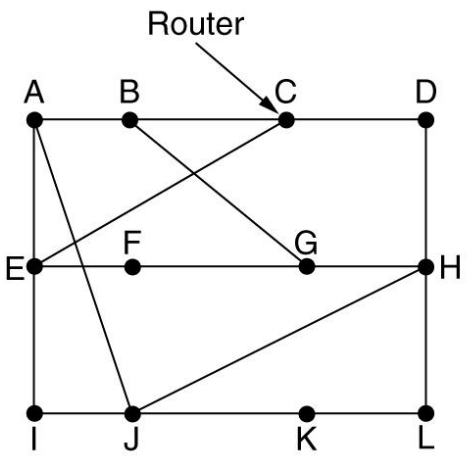
- Based on longest-matching prefix (LMP)
- Each possible route has a bitmask for routes it covers.
- The incoming packet destination is compared to the possible route up to the bitmask.
- The longest match is the best route, i.e. gets closer to the destination.

							Bits Matching
Address:		192.168.2.1	11000000	10101000	00000010	00000001	
Route Entry	1	192.168.2.0/24	11000000	10101000	00000010	00000000	(24)
Route Entry	2	192.168.3.0/24	11000000	10101000	00000011	00000000	(23)
Route Entry	3	192.168.8.0/21	11000000	10101000	00001000	00000000	(20)
Route Entry	4	192.168.16.0/20	11000000	10101000	00010000	00000000	(19)
Route Entry	5	192.168.0.0/16	11000000	10101000	00000000	00000000	(16)

© John Wiley & Sons 2017

4.10.6 Distance Vector

- Uzaklık vektörü: Her düğüm her varış noktasına olan uzaklığı hesaplar ve tutar.
- Bu uzaklık vektörünü komşuları ile paylaşır
- Routing Information Protocol (RIP) (1988)
  - 30 sn'de bir UDP Port 520 update
  - Bellman Ford algoritması
- $d_{JA} = \min\{d_{JA}, d_{JI} + d_{IA}, d_{JH} + d_{HA}, d_{JK} + d_{KA}\}$



(a)

To	A	I	H	K	New estimated delay from J	Line
A	0	24	20	21	8	A
B	12	36	31	28	20	A
C	25	18	19	36	28	I
D	40	27	8	24	20	H
E	14	7	30	22	17	I
F	23	20	19	40	30	I
G	18	31	6	31	18	H
H	17	20	0	19	12	H
I	21	0	14	22	10	I
J	9	11	7	10	0	–
K	24	22	22	0	6	K
L	29	33	9	9	15	K
	JA delay is 8	JI delay is 10	JH delay is 12	JK delay is 6	New routing table for J	

Vectors received from J's four neighbors

(b)

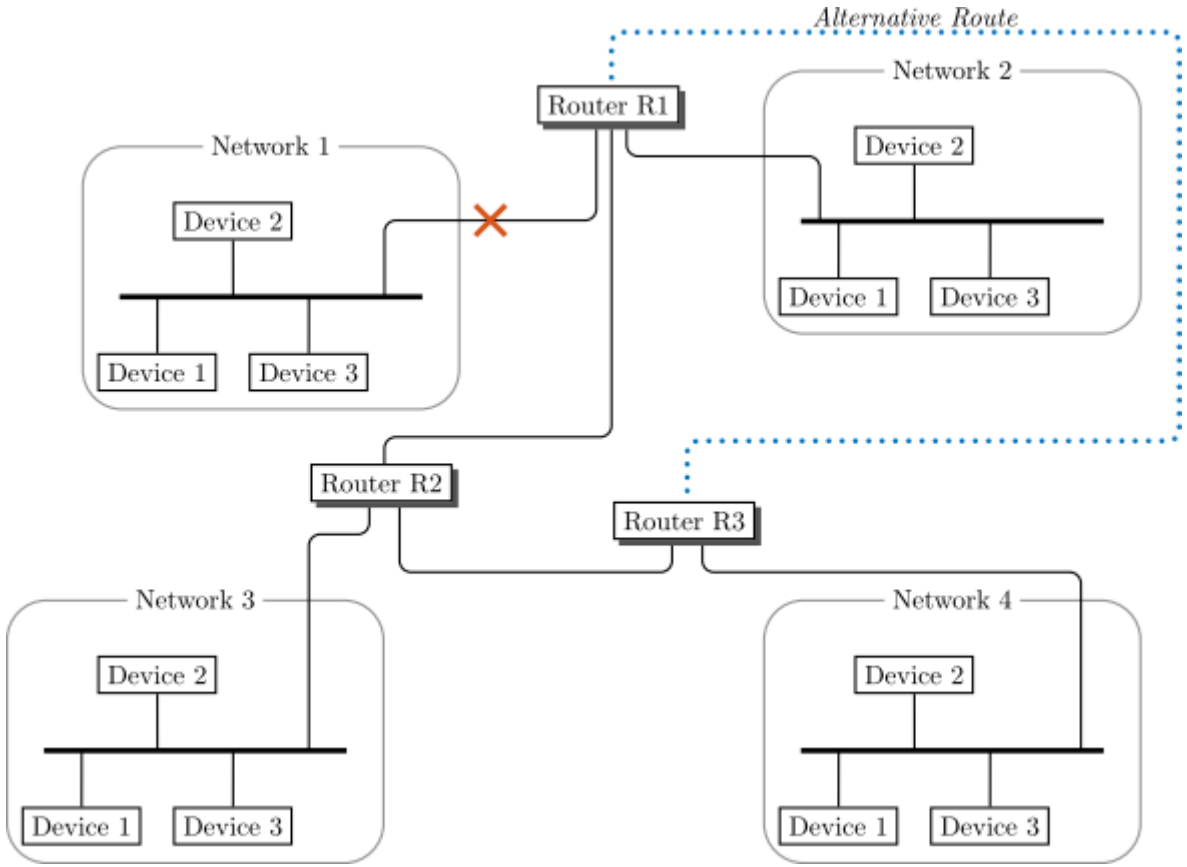
© John Wiley & Sons 2017

IP Routing

Table 4.3 The initial routing tables for routers R1 and R2.

Router R1			Router R2		
Destination	**Route**	**Hops**	**Destination**	**Route**	**Hops**
Network 1	—	0	Network 1	R1	1
Network 2	—	0	Network 2	R1	1
Network 3	R2	1	Network 3	—	0
Network 4	R2	2	Network 4	R3	1

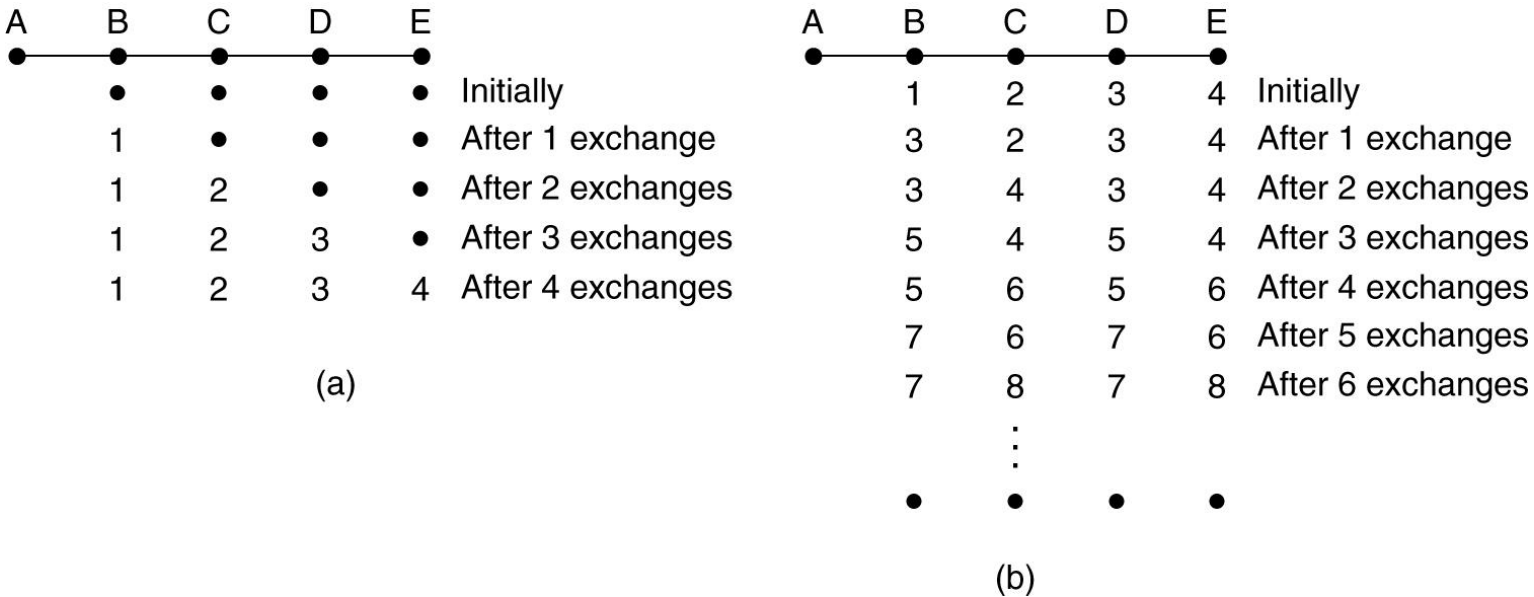
The dash indicates that there is no current known route – although that may change as routing messages propagate. A "hop" is defined as a packet being forwarded by a router.



© John Wiley & Sons 2017

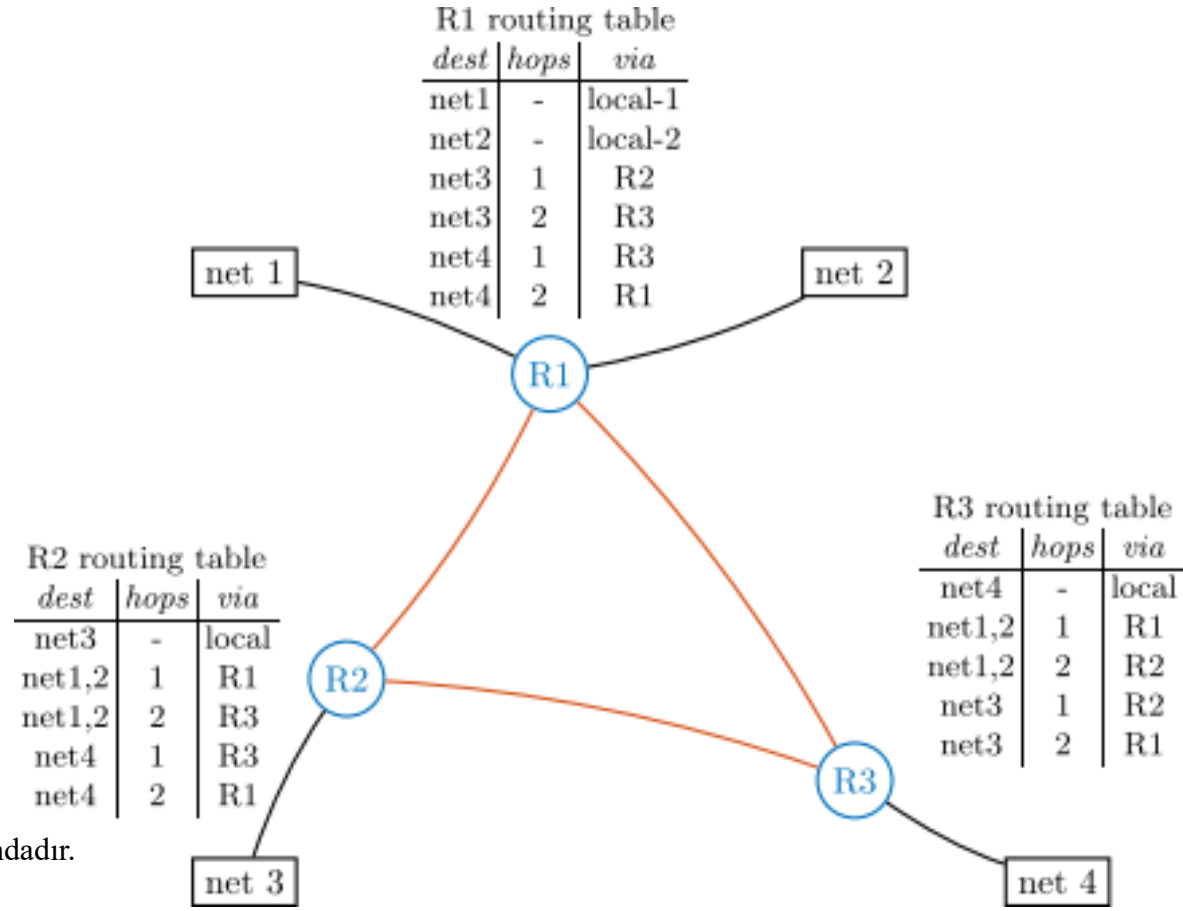
4.10.6 Uzaklık Vektörü

- Count-to-infinity problemi oluşabilir
- Bir router devre dışı kaldığı için bu bilginin yayılması çok uzun zaman alır.
- Aşağıdaki örnekte A cihazı devre dışı kalınca, B düğümü C üzerinden A'ya ulaşabileceğini sanıyor, C düğümü de B üzerinden ulaşabileceğini sanıyor.
- Destination unreachable mesajının bütün ağa yayılması beklenerek (hold-down) bu sorun çözülebilir.



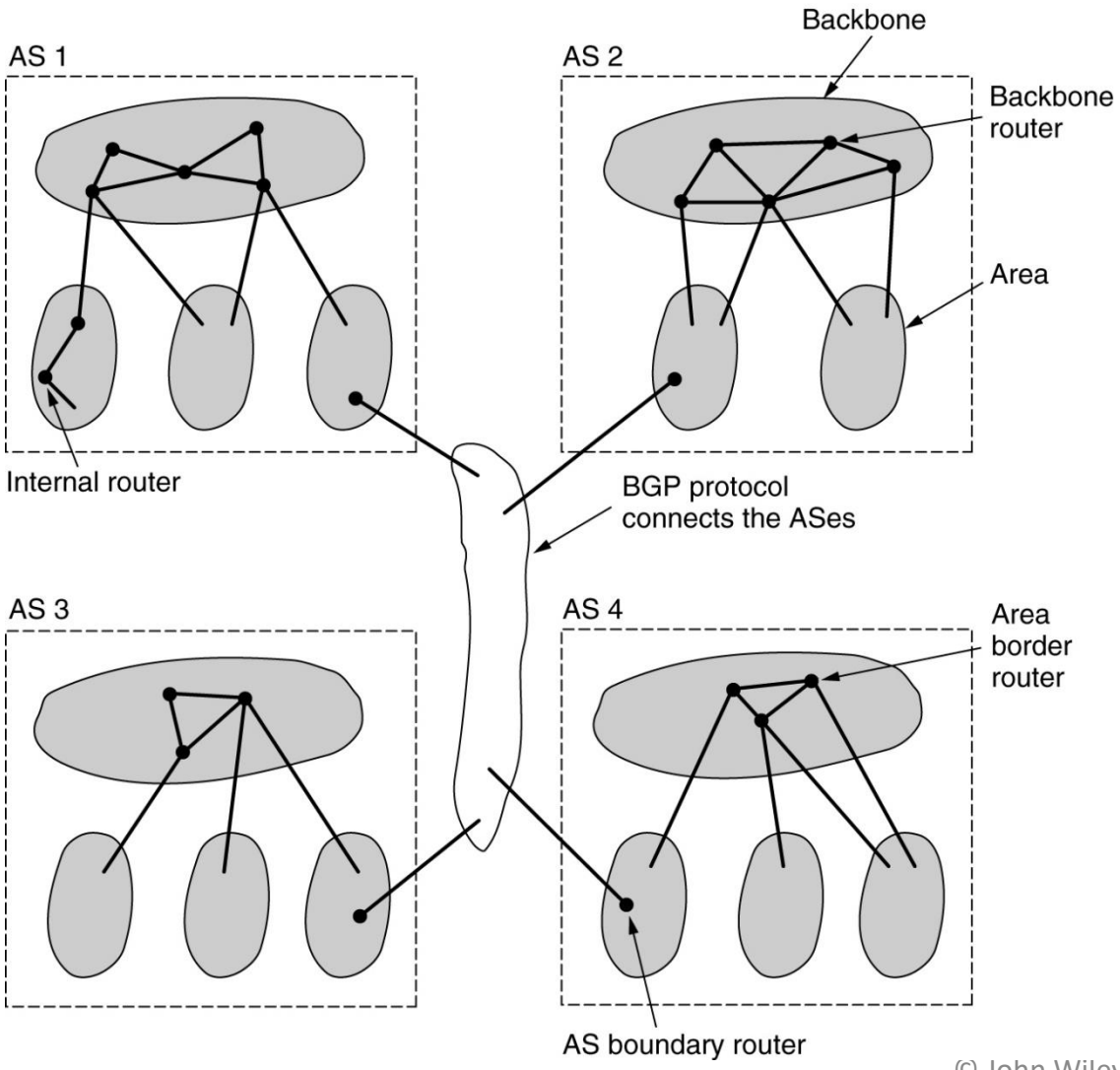
4.10.7 Link-State Routing (OSPF)

1) Internet otonom sistemlerden oluşur
2) Bu otonom sistemlerin içindeki ve sistemler arası yönlendirme de standardize edilmiştir.
   a. Interior Gateway ve Exterior Gateway
3) Otonom sistemler içinde 1979'a kadar uzaklık vektörü kullanıldı
   a. Hop fiyatı 1
   b. Yol fiyatı maksimum 15, 30 saniyede bir bilgiler gönderiliyor
4) 1979'dan itibaren bağ durumu algoritmasının kullanılmaya başlandı
5) 1988'de yeni bir algoritma üzerinde çalışılmaya başlandı. RFC 2328.
   a. Açık olmalı. (Open)
   b. Değişik uzaklık metriklerini desteklemeli (uzaklık, gecikme)
   c. Dinamik olmalı
   d. Hizmet çeşidine göre değişkenlik göstermeli
      i. Bir link değişik Type Of Service için değişik fiyattadır.
   e. Yükü değişik yollara bölmeli
      i. İki yol aynı uzunlukta ise trafik ikiye bölünebilir
   f. Hiyerarşik sistemleri desteklemeli
   g. Güvenlik sağlanmalıydı
6) Network area'lara bölünmüştür
   a. Bir router kendi alanının topolojisine sahiptir
   b. Başka alanlara gidecek paketler area border router'dan ve backbone router'dan geçmek zorundadır.
   c. Bir router açıldığı zaman HELLO mesajları gönderir.
   d. 'Adjacent' routerlar arası bilgi alışverişi olur. (LINK STATE UPDATE)
      i. Her komşu birbiriyle haberleşmez
7) Hello, Link State update, Link State Ack, Database Description, Link State Request



© John Wiley & Sons 2017

4.10.7 Link-State Routing



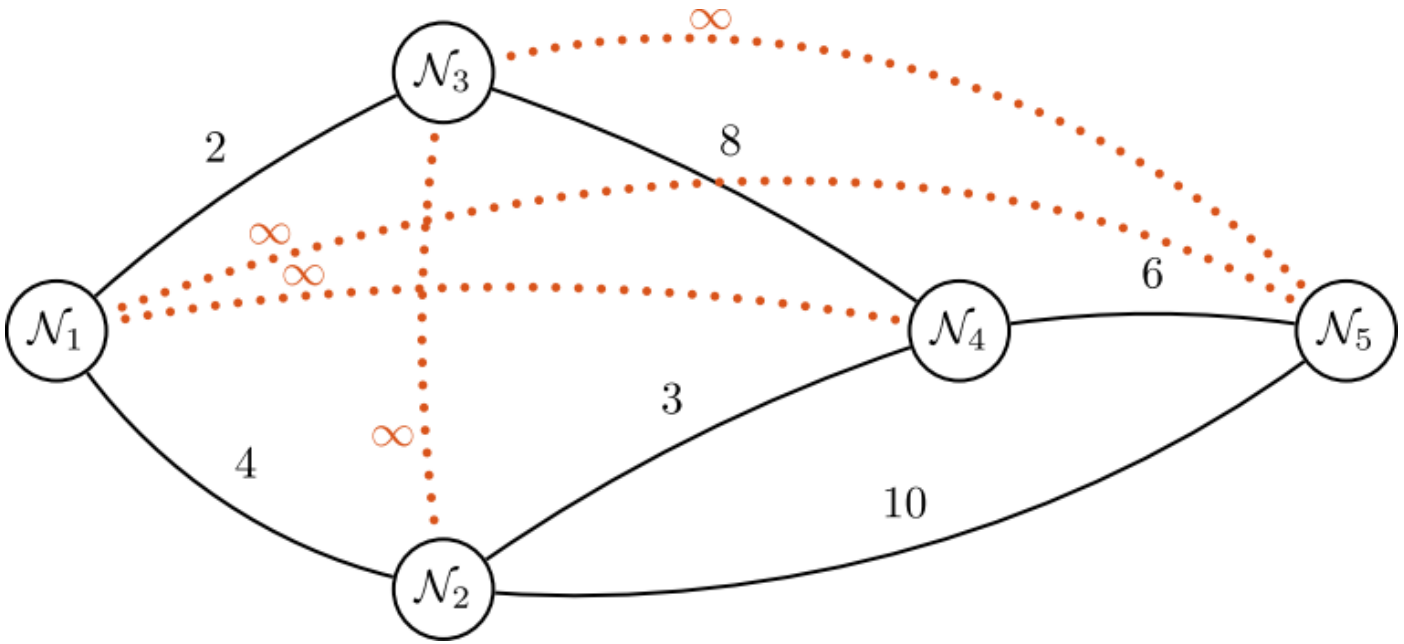
Message type	Description
Hello	Used to discover who the neighbors are
Link state update	Provides the sender's costs to its neighbors
Link state ack	Acknowledges link state update
Database description	Announces which updates the sender has
Link state request	Requests information from the partner

Otonom sistemler arası:
Border gateway protocol

© John Wiley & Sons 2017

Link-State Routing

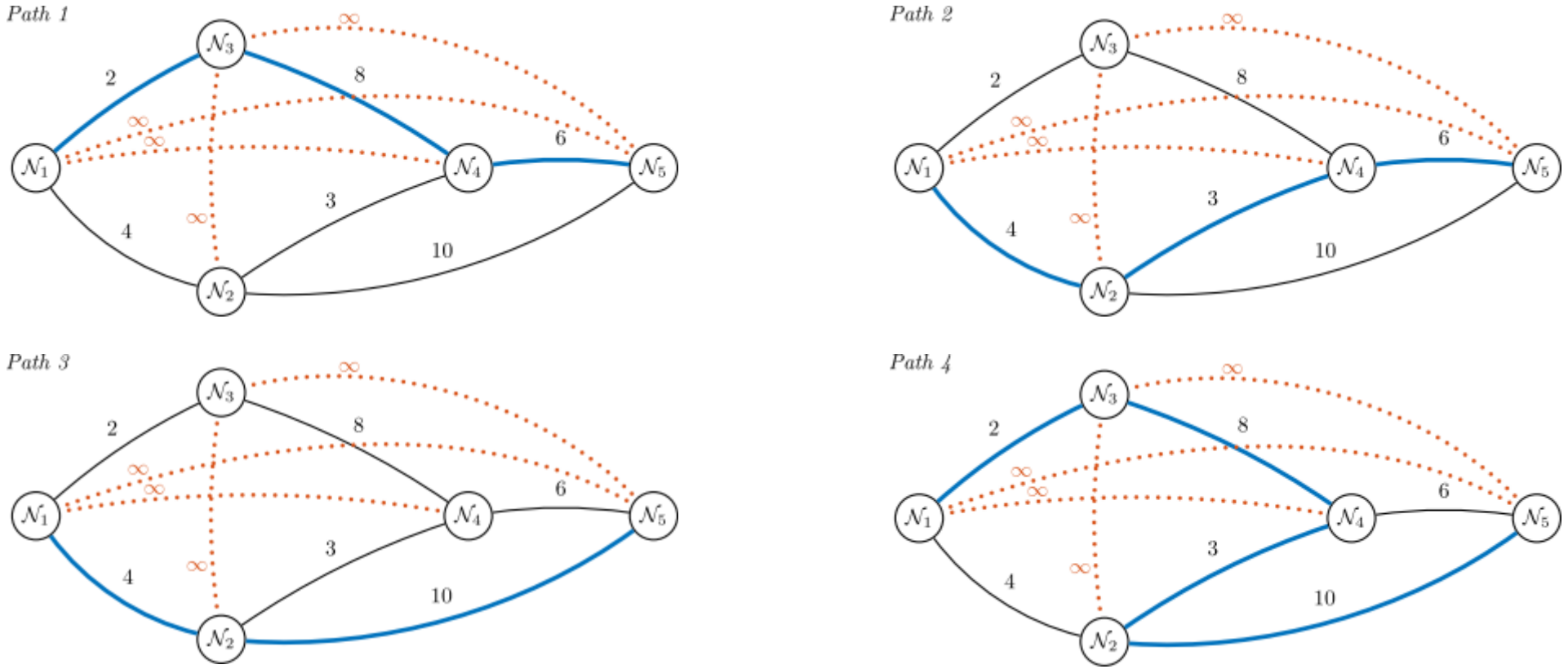
- Düğümler topoloji bilgisine sahip olduktan sonra
- Dijkstra algoritması ile en kısa yollar bulunur
- Her düğümden çıkan en kısa yolu seçmek en iyi sonucu vermeyebilir



© John Wiley & Sons 2017

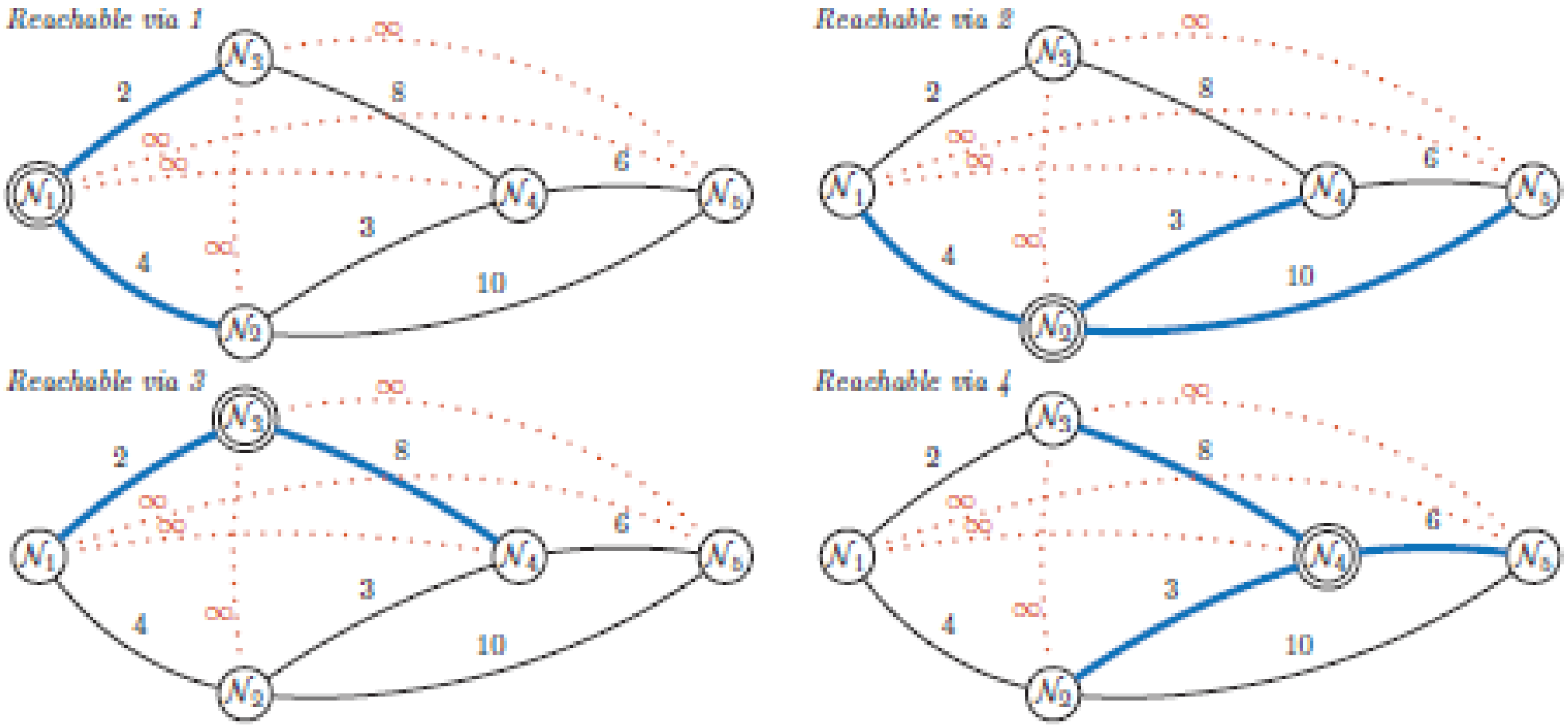
En kısa yol

- Bütün olası yolları hesaplamak çok maliyetli olabilir

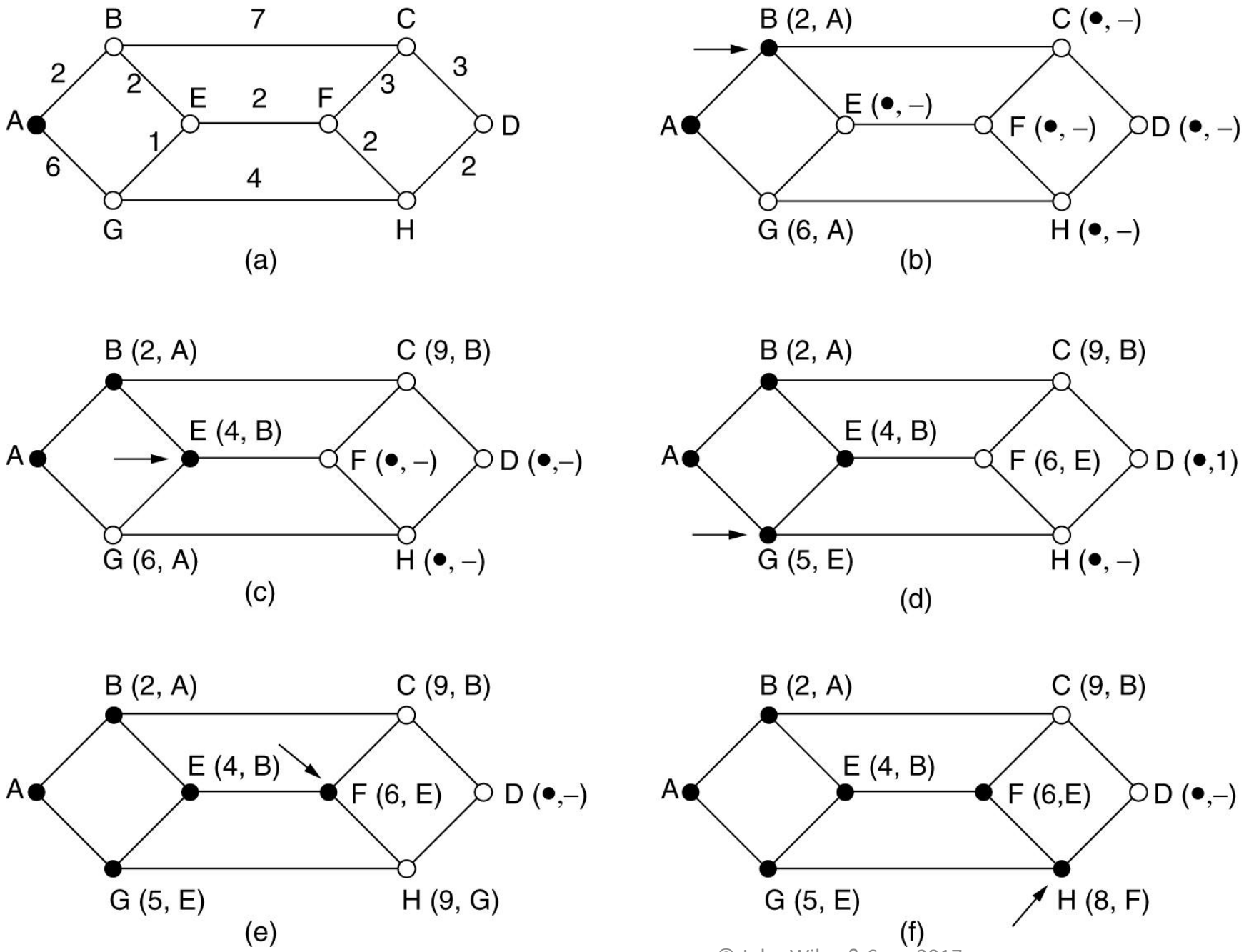


© John Wiley & Sons 2017

Dijkstra Algoritması



© John Wiley & Sons 2017



© John Wiley & Sons 2017

Her linkin fiyatları verilmiştir.

Her düğümün yanına:

kaynağa minimum fiyat mesafesi, o en iyi yolda bir sonraki durak

(a) Diyelim ki A'dan D'ye en kısa yolu bulmak istiyoruz. Öncelikle A'yı kalıcı olduğu anlamında siyaha boyarız

(b) A'nın bütün komşularına bakarız. Bütün komşuları A'ya uzaklığı ile etiketleriz ve yanına 'A' ekleriz. Ayrıca bu geçici olarak etiketlediğimiz düğümlerden en küçük olanını kalıcı olarak etiketleyip kalın siyaha boyarız.

(c) Kalıcı olan B düğümünün tüm komşularına bakarız.

Eğer komşunun B,ye uzaklığı + B'nin üzerindeki etiket Komşunun üzerindeki etiketten küçükse etiketi yenileriz. (Örnek C ve E.)

Yine bu yenilediğimiz etiketlerden en ufak olanı kalıcı yaparız.

(d) Bu kalıcı hale gelen E düğümünün komşularına bakarız. Daha önceki gibi etiketlerde yenileme yaparız ve geçici etiketlilerden en ufağını kalıcı yaparız

Algoritmanın optimal olduğunun ispatı.

(c)'ye bakarsak: diyelim ki ABE'den daha kısa bir AXYZE yolu olsun. İki ihtimal vardır ya Z kalıcı yapılmıştır ya da yapılmamıştır.

Z kalıcı olmuşsa demek ki E daha önce incelenmiş (Z kalıcı yapıldıktan hemen sonra) O durumda demek ki daha önce AXYZE yolu incelenmiş ve gözden kaçırılmamıştır demektir.

Z henüz kalıcı yapılmamışsa bu durumda iki ihtimal vardır. Eğer Z'nin etiketi E'den büyükse o zaman AXYZE, ABE'den daha kısa olamaz. Eğer Z'nin etiketi E'den küçükse o zaman E değil Z daha önce kalıcı yapılmalıydı.

© John Wiley & Sons 2017

4.1 IP packets transported across a link have a maximum size, and packets larger than this must be broken up or fragmented. The `ping` command may be used to send a test packet to a destination and measure the round-trip time of an IP link. The packet size may be set with the `-l` (lowercase letter L) length option, and the `-f` option sets the *do not fragment* bit in the IP header. Packets larger than the maximum will not be sent. The following was executed on a device on a 10.0.0.0/24 subnetwork:

```
ping 10.1.1.1 -f -l 1472
   Pinging 10.1.1.1 with 1472 bytes of data:
   Reply from 10.1.1.1: bytes=1472 time=3ms TTL=64
   Reply from 10.1.1.1: bytes=1472 time=69ms TTL=64
   Reply from 10.1.1.1: bytes=1472 time=20ms TTL=64
   Reply from 10.1.1.1: bytes=1472 time=45ms TTL=64
```

And subsequently with a one-byte larger packet:

```
ping 10.1.1.1 -f -l 1473
   Pinging 10.1.1.1 with 1473 bytes of data:
   Packet needs to be fragmented but DF set.
```

The subnet is known to be a wired Ethernet with a MTU of 1500 bytes. The ping command sends an Internet Control Message Protocol (ICMP) packet with the requested number of bytes, and an 8-byte header, over IP. With reference to the packet header structures and encapsulation at each layer, explain why the 1472-byte packet was successfully transmitted, but the 1473 byte packet was not.

© John Wiley & Sons 2017

4.2 An IPv4 frame header contains the following bytes in hexadecimal:

45 00 00 3C

75 02 00 00

20 01 C7 1F

AC 10 03 01

AC 10 03 7E

a) What are the source and destination addresses?
b) What is the header checksum?
c) Calculate, using big-endian ordering, the checksum of the frame with the checksum field included.
d) Calculate, using big-endian ordering, the checksum of the frame with the checksum field replaced by 0000.
e) Calculate, using little-endian ordering, the checksum of the frame with the checksum field included.
f) Calculate, using little-endian ordering, the checksum of the frame with the checksum field replaced by 0000.

© John Wiley & Sons 2017

4.3 Given an IP address of 192.168.60.100 and a /27 subnet mask, determine:

a) The class of the IP address.

b) The subnet mask in binary.

c) The subnet address and the device address within the subnet.

© John Wiley & Sons 2017

4.4 Given the IP address 192.168.7.1, determine the bits that define the network and host address, respectively, using the following subnet masks:

a) 255.255.0.0
b) 255.255.255.0
c) 255.255.248.0
d) 255.255.240.0
e) 255.255.224.0
f) 255.255.192.0
g) 255.255.128.0

© John Wiley & Sons 2017

4.6 The network aggregated as 192.168.8.0/22 is to be subdivided for the purposes of routing management into networks with a 24 bit prefix.

a) Write out the bits corresponding to 192.168.8.0/22 and show the masked bits.
b) What are the networks subordinate to this, with a /24 prefix? Write them out in binary and in decimal.

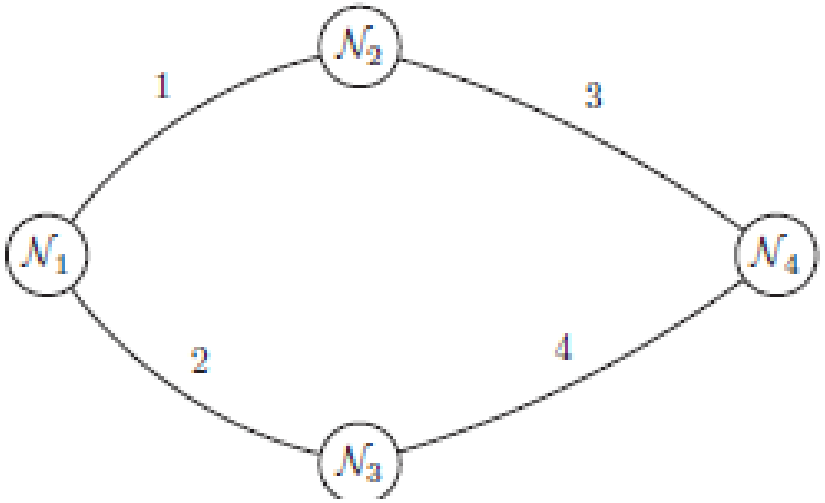
© John Wiley & Sons 2017

4.9 For the routing diagram shown in Figure 4.46:

a) Manually trace all possible paths, and determine their corresponding costs.

b) Use Dijkstra's algorithm to work out the optimal path cost for a route from $\mathcal{N}_1$ to $\mathcal{N}_4$.

Figure 4.46 Routing problem 1.



© John Wiley & Sons 2017

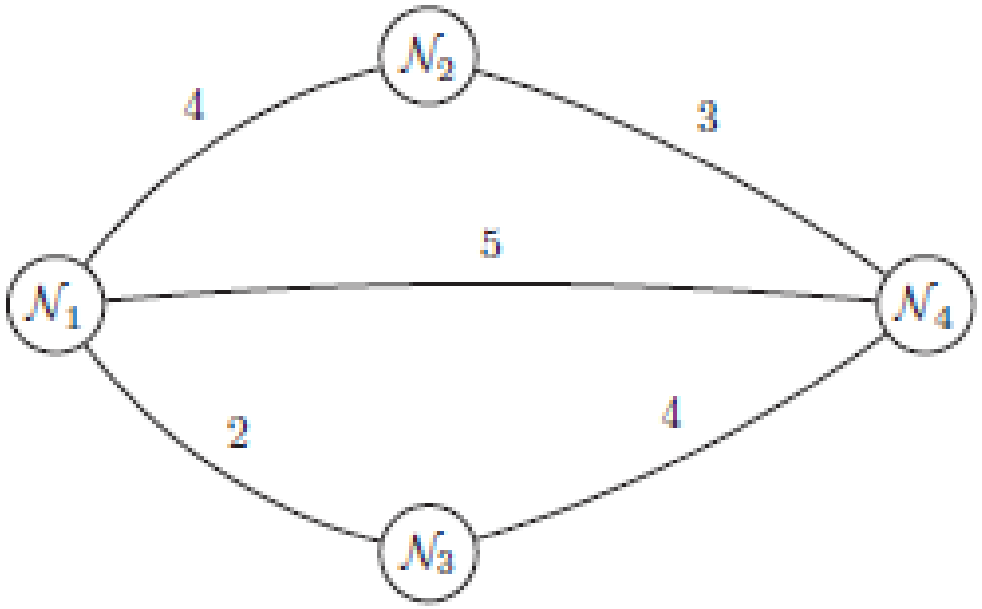
4.10 For the routing diagram shown in Figure 4.47:

a) Manually trace all possible paths, and determine their corresponding costs.

b) Use Dijkstra's algorithm to work out the optimal path cost for a route from $\mathcal{N}_1$ to $\mathcal{N}_4$.

c) Use backtracking on the predecessor matrix to work out the optimal path. Compare the path, and its cost, with the manual comparison of all possible paths.

Figure 4.47 Routing problem 2.



© John Wiley & Sons 2017