

BM 403 Veri İletişimi (Data Communications)

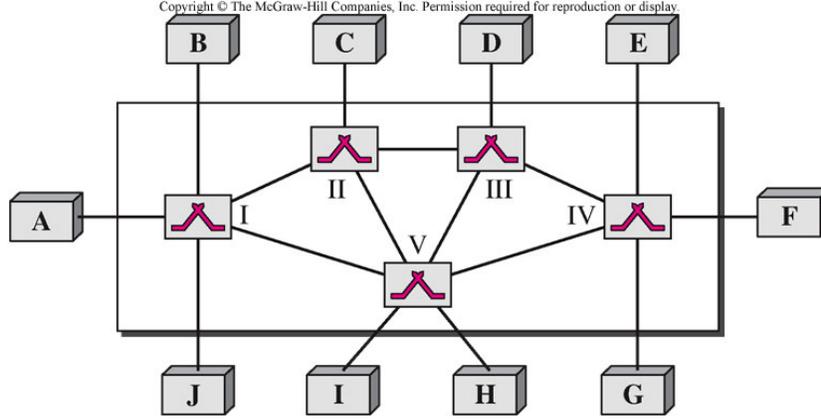
Hazırlayan: M.Ali Akcayol
Gazi Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Ders konuları

- Giriş
- Circuit-switched (devre anahtarlama) ağlar
- Datagram ağlar
- Virtual-circuit (sanal devre) ağlar
- Switch yapısı

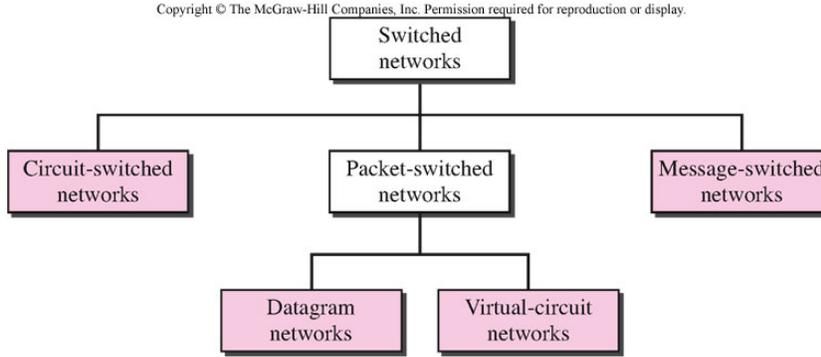
Giriş

- Anahtarlama yapıları node'lar arasındaki bağlantıyı **switch**'lerle yapar.
- Anahtarlama yapılarında switch'lerden bazıları uç sistemlere bağlıdır, bazıları ise yönlendirme için kullanılır.
- Şekilde A,B,C,D,... uç sistemlerdir, I, II, III, IV ve V switch'tir.



Giriş

- 3 tür anahtarlama yapısı: **circuit switching** (devre anahtarlama), **packet switching** (paket anahtarlama) ve **message switching** (mesaj anahtarlama).
- Paket anahtarlama yapıları iki gruptur: **datagram ağlar** ve **virtual-circuit ağlar**.
- Mesaj anahtarlama yapılarında her switch tüm mesajı aldıktan sonra bir sonraki switch'e yönlendirir (e-mail kullanır).



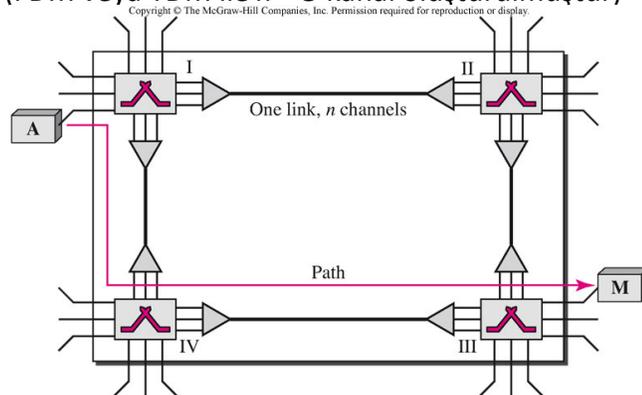
Ders konuları

- Giriş
- Circuit-switched (devre anahtarlama) ağlar
- Datagram ağlar
- Virtual-circuit (sanal devre) ağlar
- Switch yapısı

5/36

Circuit-switched ağlar

- Circuit-switched ağlar fiziksel bağlı switch'lerden oluşur.
- İki cihaz arasındaki her bağlantı link üzerinde bir atanmış kanalı kullanır.
- Her link FDM veya TDM ile n kanala bölünebilir.
- Şekilde 4 switch ve 4 link'ten oluşan basit circuit-switched ağ görülmektedir. (FDM veya TDM ile $n = 3$ kanal oluşturulmuştur)



6/36

Circuit-switched ağlar

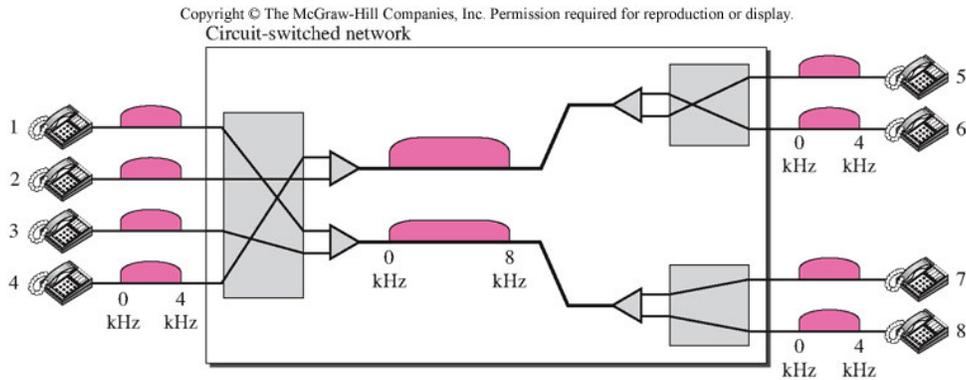
- Bir uç sistem diğeriyle bağlantı için istekte bulunur (**setup phase**).
- Bir circuit (devre) bütün linklerde ayrılır ve tüm kanalların birleşimi atanmış bir yol oluşturur.
- Yol oluşturulduktan sonra veri transferi gerçekleştirilir (**data transfer**).
- Transfer bittikten sonra devre kaldırılır (**teardown**).
- Circuit-switching fiziksel katmanda oluşturulur.
- İletişimden önce uç birimler kaynak ayırma işlemi yapar ve iletişim sonuna kadar bu kaynaklar kullanılır.
- İletişim süresince FDM veya TDM'le oluşturulan kanallar, switch buffer'ları, switch işlem zamanı ve switch giriş/çıkış portları veri transferi için ayrılmış olur.
- Data transfer sırasında adresleme gerekmez, setup sırasında end-to-end adresleme yapılır.

7/35

Circuit-switched ağlar

Örnek

- Şekilde 8 telefon birbirine bağlanıyor.
- Her link FDM ile iki ses kanalı oluşturur. Her link için bant genişliği 8 kHz.

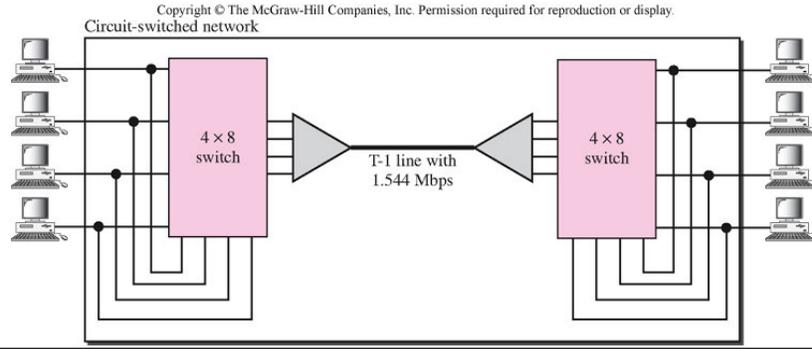


8/35

Circuit-switched ağlar

Örnek

- Şekilde özel bir şirket için circuit-switched ağ ile iki farklı ofisteki bilgisayarlar birbirine bağlıdır.
- Ofisler 1,544 Mbps bir kiralık T-line ile birbirine bağlıdır.
- 4x8 iki switch kullanılmaktadır. Çıkışlardan 4 tanesi diğer ofisle bağlantı için, diğerleri ofis için bağlantı için kullanılmaktadır.

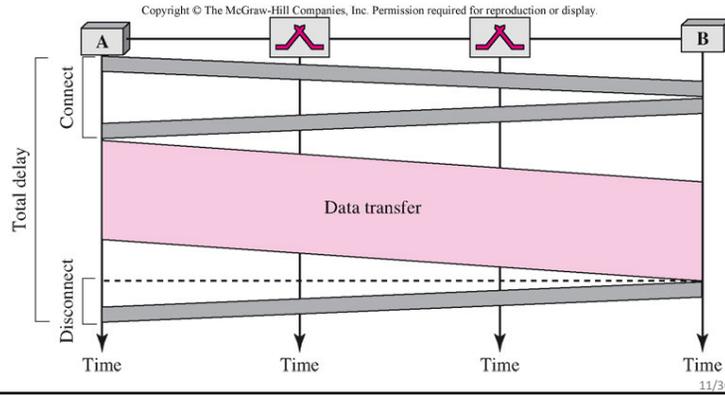


Circuit-switched ağlar

- Circuit-switched ağda iletişim üç aşamada gerçekleştirilir: **connection setup**, **data transfer** ve **connection teardown**.
- İki uç sistem iletişime başlamadan önce bir devre kurulmalıdır. Atanmış bir devre, switch'ler arasında kanallar oluşturulmasıdır.
- Bir bağlantı oluşturulması hedef uç sistemin acknowledgment bilgisini kaynağa göndermesiyle tamamlanır.
- Bağlantı oluşturulduktan sonra iki uç sistem arasında veri transferi başlatılır.
- İki uç sistem bağlantıyı bitirmeye karar verdiğinde tüm switch'lere sinyal gönderilerek ayrılmış kaynaklar serbest bırakılır.

Circuit-switched ağlar

- Circuit-switched ağlar, tüm iletişim boyunca kaynak ayrıldığından diğer ağlara göre verimli değildir.
- Ayrılan kaynak diğer uç sistemler tarafından kullanılamazlar.
- Circuit-switched ağlarda gecikme diğer ağlara göre çok daha azdır.
- Hiçbir switch'te bekleme olmaz.
- Setup aşamasındaki toplam gecikme kaynaktan hedefe istek için yayılım gecikmesi ve hedeften kaynağa acknowledgment bilgisinin dönme zamanıdır.



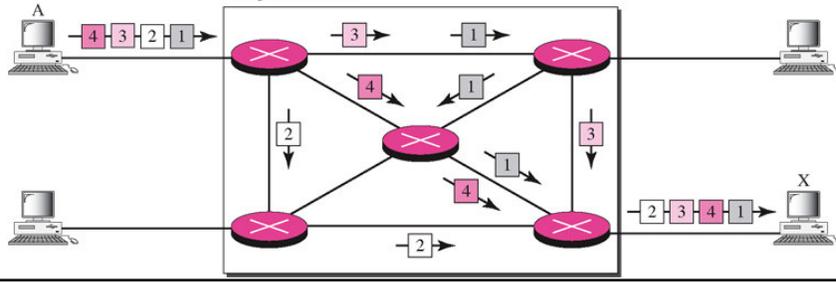
Ders konuları

- Giriş
- Circuit-switched (devre anahtarlama) ağlar
- **Datagram ağlar**
- Virtual-circuit (sanal devre) ağlar
- Switch yapısı

Datagram ağlar

- Bir mesaj paket anahtarlama ağda gönderilirken sabit veya değişken boyutlarda paketlere bölünür.
- Paket anahtarlama paketler için kaynak ayrılmaz. Paketler FIFO yaklaşımıyla işleme alınırlar ve işlemlerde gecikme olur.
- Datagram ağlarda her paket tek başına değerlendirilir. Datagram anahtarlama network layer'da gerçekleştirilir.
- Datagram ağlar *connectionless* ağlardır.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.
Datagram network



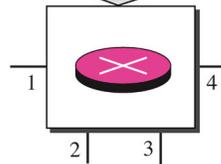
13/35

Datagram ağlar

- Her switch hedef adreslerden oluşan bir yönlendirme tablosuna (routing table) sahiptir. Yönlendirme tablosu dinamik olarak güncellenir.
- Her paket header kısmında hedef adresi içerir.
- Bir paket switch'e geldiğinde hedef adres alınır ve yönlendirme tablosunda kayıtlara bakılarak en uygun yol seçilir.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

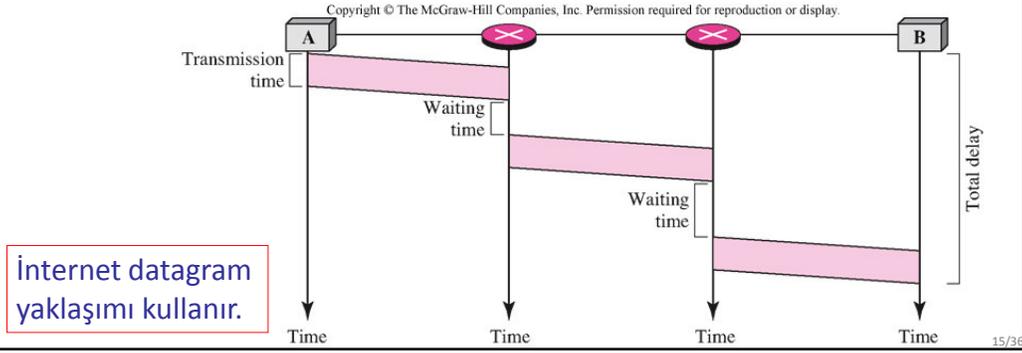
Destination address	Output port
1232	1
4150	2
⋮	⋮
9130	3



14/35

Datagram ağlar

- Datagram ağlarda gecikme virtual-circuit ağlara gre ok fazladır.
- Setup aşaması ve bağlantı sonlandırma aşaması olmamasına rağmen her switch gelen paket zerinde işlem yaptığından gecikme ok olur.
- şekilde 3 tane transmission time ($3T$), 3 tane propagation delay (3τ) ve 2 tane bekleme sresi (w_1+w_2) vardır.
- Toplam gecikme = $3T + 3\tau + w_1 + w_2$



Ders konuları

- Giriş
- Circuit-switched (devre anahtarlama) ağlar
- Datagram ağlar
- Virtual-circuit (sanal devre) ağlar
- Switch yapısı

Virtual-circuit ağlar

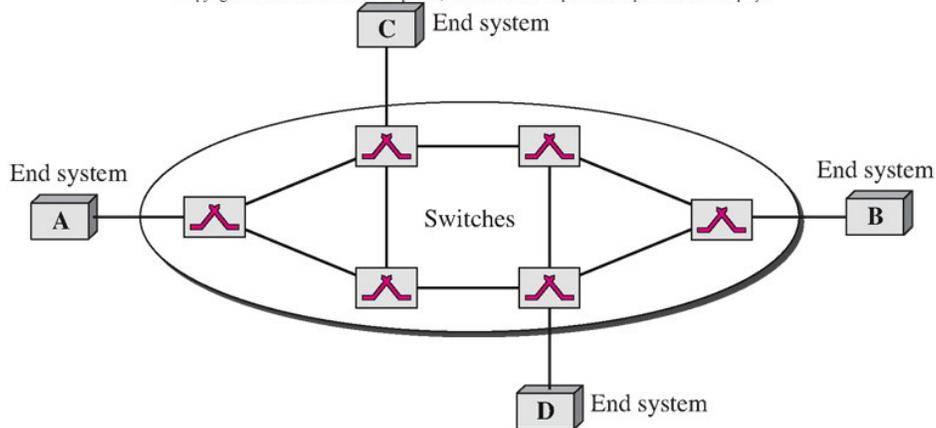
- Virtual-circuit ağlar, datagram ağlar ile circuit-switched ağların özelliklerine sahiptir.
- Circuit-switched ağlardaki gibi setup ve teardown aşamaları vardır.
- Kaynaklar circuit-switched ağlardaki gibi setup aşamasında ayrılır veya datagram ağlardaki gibi istek olduğunda ayrılır .
- Datagram ağlardaki her paket adres bilgisi bulundurur ancak adres bir sonraki switch ve kanalı belirler.
- Circuit-switched ağlardaki gibi tüm paketler setup aşamasında belirlenen aynı yolu kullanır.
- Virtual-circuit ağ data link katmanında oluşturulur. Circuit switched ağlar fiziksel katmanda ve datagram ağlar network katmanında oluşturulur.

17/36

Virtual-circuit ağlar

- Şekilde virtual-switched ağ görülmektedir.
- Kaynak ve hedef arasındaki traik switch'lerle yapılır.
- Kaynak ve hedef, bilgisayar, switch, bridge veya diğer cihazlar olabilir.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



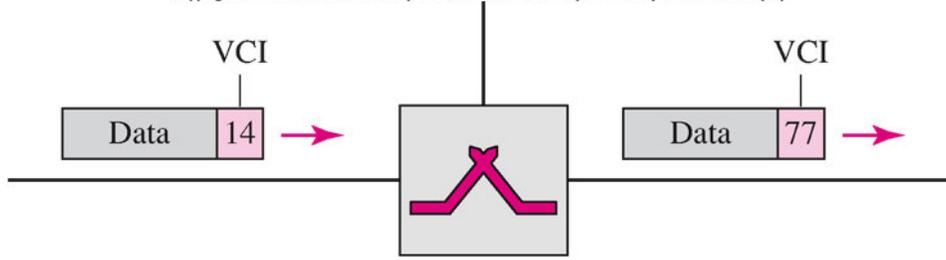
18/36

Virtual-circuit ağlar

Adresleme

- Virtual-circuit ağlarda iki tür adresleme yapılır: global ve lokal.
- Global adres, ağ ierisinde unique (tekil) bir adrestir. Global adres virtual-circuit identifier (VCI) oluşturmak iin kullanılır.
- VCI, global adresin tersine sadece switch leğinde alışır.
- Bir frame, bir switch'e gelirken bir VCI'ya sahiptir, ıkarkende farklı bir VCI'ye sahiptir.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



19/36

Virtual-circuit ağlar

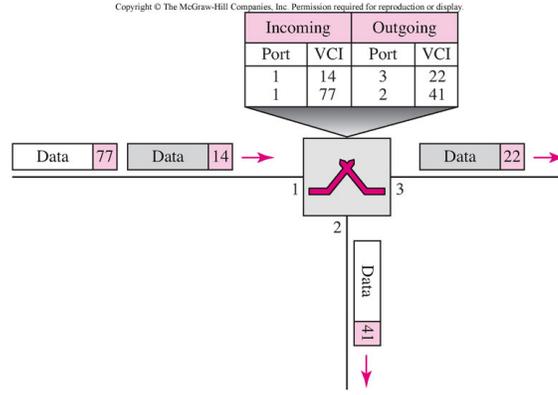
 aşama

- Virtual-circuit ağlarda setup, data transfer ve teardown aşamaları vardır.
- Setup aşamasında, kaynak ve hedef arasındaki bağlantı iin global adresler kullanarak switch tablosu oluşturulur.
- Teardown aşamasında, kaynak ve hedef cihazlar switch'lere kendi bağlantılarına ait bilgiyi silmesini bildirir.
- Data transfer işlemi, tüm switch'lerdeki girişler kullanarak oluşturulan virtual-circuit kullanılarak yapılır.

20/36

Virtual-circuit ağlar

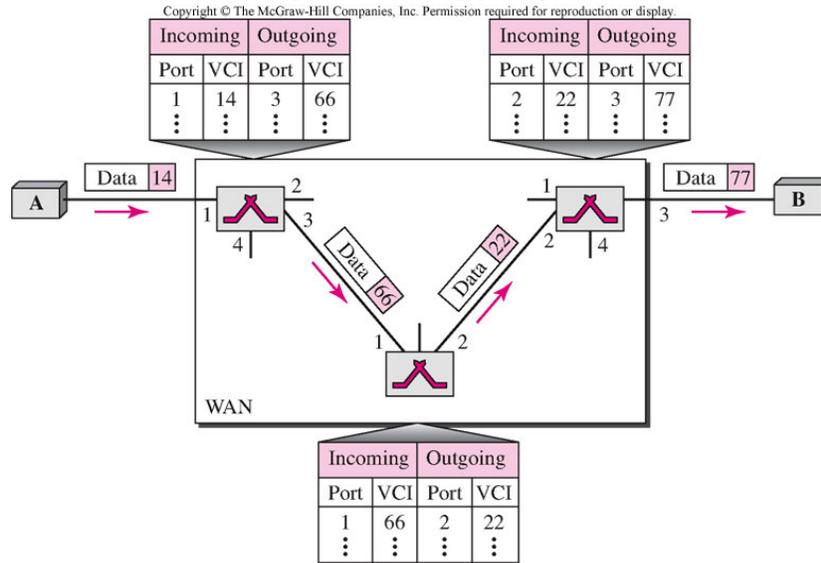
- Her switch gelen frame'deki VCI numarası ve geldiği port numarasına göre bir çıkış portu ve çıkış için VCI belirler.
- Şekilde bir switch için gelen ve giden frame'lere atanan port ve VCI numaraları görülmektedir.



21/35

Virtual-circuit ağlar

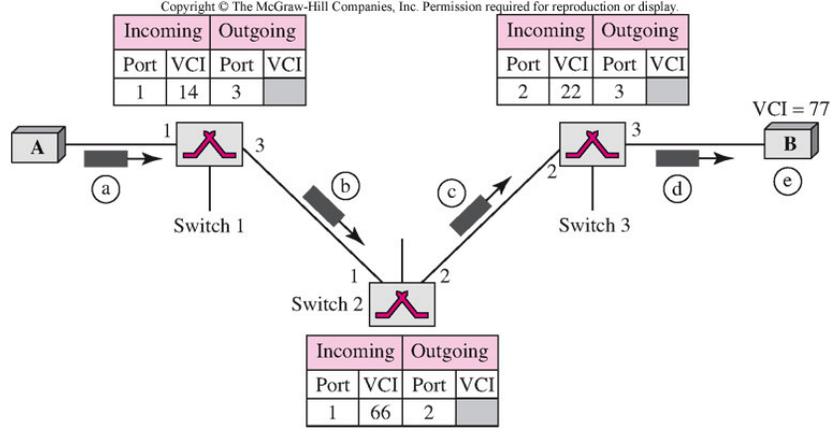
- Şekilde frame'lerin VCI değerlerinin değişimi görülmektedir.



22/35

Virtual-circuit ağlar

- Setup aşamasında, switch tarafından virtual circuit için bir giriş oluşturulur.
- Şekilde Kaynak A switch'e setup frame gönderir.
- Virtual circuit oluşturulması setup isteği ve acknowledgment olmak üzere 2 adımdan oluşur.



23/35

Virtual-circuit ağlar

Setup isteği

- Switch 1 gelen frame'in A'dan B'ye gittiğini bilir ve uygun portu seçer (paket anahtarlama).
- Switch çıkış VCI değeri hariç diğer üç parametreyi belirler. Çıkış VCI değeri acknowledgment bilgisi gelince belirlenir.
- Switch gelen frame'i port 3 ile gönderir.
- Switch 2 gelen setup frame'ini alır ve port 2 ile gönderir. Çıkış VCI numarası hariç diğer 3 parametre belirlenir.
- Switch 3 yine çıkış VCI hariç diğer 3 parametreyi belirler ve paketi B hedefine gönderir.
- Hedef B, A'dan frame almaya uygunsa gelen frame'e VCI değeri atar (77).
- Hedef B tarafında atanan VCI değeri gelen frame'in A'dan geldiğini belirler. Her kaynak için farklı bir VCI değeri atanır.

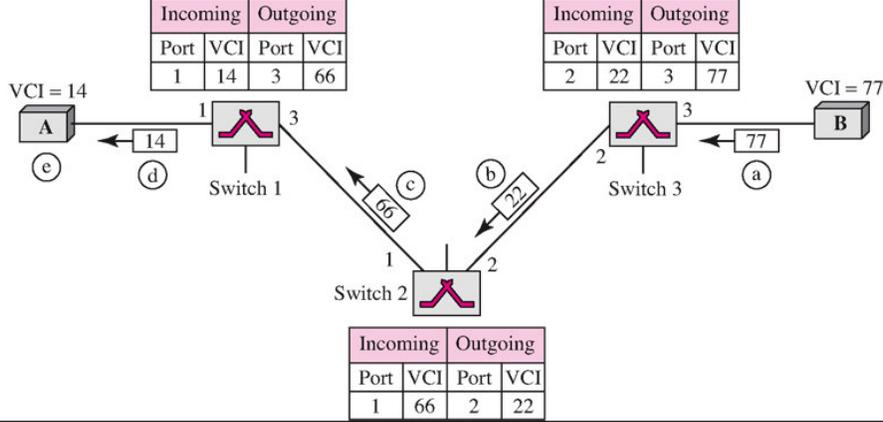
24/35

Virtual-circuit ağlar

Acknowledgment

- Acknowledgment (ACK) frame switch tablolarındaki çıkış VCI'yi tamamlar.
- Hedef switch 3'e ACK frame gönderir. ACK global kaynak ve hedef adresini tutar. Frame aynı zamanda VCI 77 değerini de taşır.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



25/36

Virtual-circuit ağlar

Acknowledgment - devam

- Switch 3, ACK frame'i switch 2'ye gönderir. ACK frame switch 3 giriş VCI değerini de gönderir.
- Switch 2 çıkış VCI değerine switch 2'nin giriş VCI değerini atar.
- Aynı işlem switch 1 içinde gerçekleştirilir. Switch 1, switch 2'nin giriş VCI değerini kendisinin çıkış VCI değeri yapar.
- Son olarak switch 1 giriş VCI değerini kaynak A'ya gönderir.
- Kaynak A frame göndermek için kullanacağı VCI değeri olarak switch 1 giriş VCI değerini atar.

Teardown

- Teardown aşamasında kaynak hedefe teardown istek frame'i gönderir. Hedef onay mesajı ile cevapladıktan sonra bağlantı kesilir.

26/36

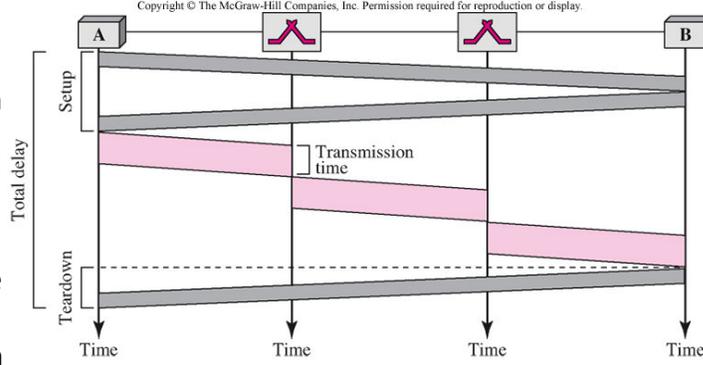
Virtual-circuit ağlar

Etkinlik

- Virtual-circuit ağlarda kaynak ayırma başlangıçta (setup) ve gerektiğinde (demand) olmaktadır. Birinci durumda her paket için gecikme aynıdır, ikinci durumda her paket için gecikme farklıdır.

Delay

- Virtual-circuit ağlarda setup ve teardown için birer zaman aralığı harcanır.
- Kaynaklar setup aşamasında ayrılmışsa her paket için bekleme olmaz.
- Şekilde 3, transmission time ($3T$), 3 propagation time (3τ) ve data transfer time.



27/35

Ders konuları

- Giriş
- Circuit-switched (devre anahtarlmalı) ağlar
- Datagram ağlar
- Virtual-circuit (sanal devre) ağlar
- Switch yapısı**

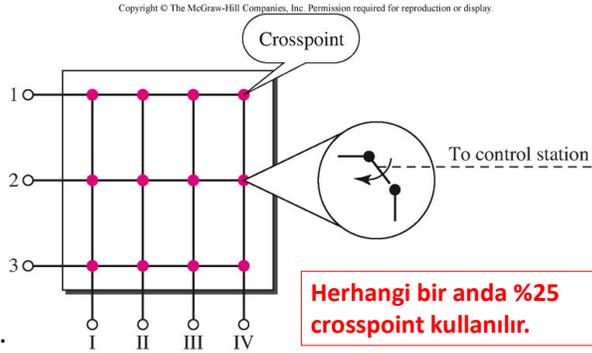
28/35

Switch yapısı

- Circuit-switched ve packet-switched ağlarda switch'ler kullanılır.
- Devre anahtarlama iki farklı teknoloji kullanır: space-division switch veya time-division-switch.

Space-division switch

- Analog ve sayısal ağlarda kullanılabilir. Farklı tasarım şekilleri vardır.
- **Crossbar switch**, n adet girişi m adet çıkışa bağlar.
- Elektronik microswitch'ler (transistör) kullanılır. En büyük dezavantaj giriş çıkış sayısı çarpımı kadar crosspoint gerektirmesidir.
- 1,000 giriş 1,000 çıkış için 1,000,000 crosspoints gerekir.

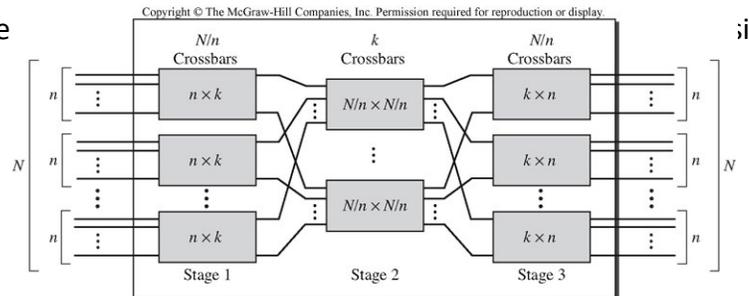


29/36

Switch yapısı

Space-division switch - devam

- **Multistage switch**, crossbar switch'leri birkaç aşamada birleştirir.
- Switch içerisinde çok sayıda yol oluşturup toplam crosspoint sayısı azaltılır.
- İlk aşamada her birisi $n \times k$ crossbar switch kullanılır.
- Toplam crosspoint = $(N/n) \times (n \times k) + k \cdot (N/n) \times (N/n) + N/n \cdot (k \times n) = 2 \cdot k \cdot N + k \cdot (N/n)^2$
- İkinci aşamadaki crosspoint'ler bir bağlantı süresince bloklanır.
- Bir multistage önerilmiştir.

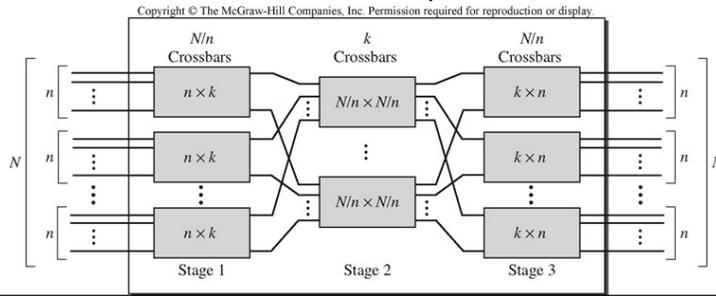


30/36

Switch yapısı

Space-division switch - devam

- **Multistage switch**- örnek
- 200x200 switch'i ($N=200$), $k=4$ ve $n=20$ olan üç aşamalı switch tasarlayınız.
- İlk aşamada $N/n = 200/20 = 10$ switch gerekir. Her birisi 20×4 boyutundadır.
- İkinci aşamada 4 crossbar kullanılır. Her birisi 10×10 boyutundadır.
- Toplam crosspoint = $2.k.N + (N/n)^2 = 2.4.200 + 4.(200/20)^2 = 2000$
- Tek bir crossbar switch kullanılsaydı $200.200 = 40.000$ crossbar gerekir.



Çok aşamada
%5 oranında
crosspoints
gerekir.

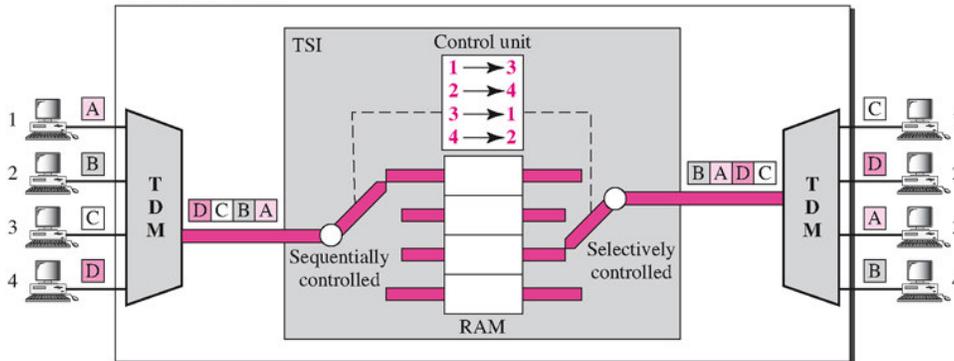
31/35

Switch yapısı

Time-division switch

- **Time-Slot Interchange (TSI)**, en popüler teknolojidir.
- TDM multiplexer ve TDM demultiplexer kullanılır.
- TSI bir RAM belleğe sahiptir ve giriş ile çıkış bağlantılarına ait bilgiyi saklar.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.
Time-division switch

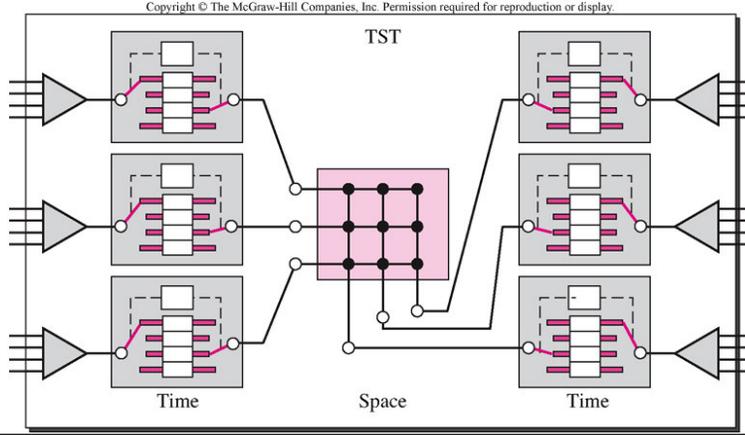


32/35

Switch yapısı

Time- ve space-division switch

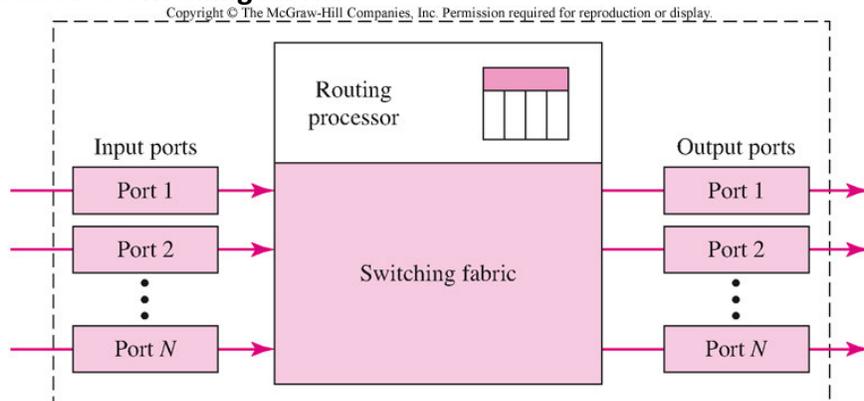
- Space-division switching çok sayıda crosspoint gerektirir.
- Time-division switching crosspoints gerektirmez ancak anahtarlama bilgisinin RAM'den alınmasında gecikme olur.
- İkisinin birleşimi **time-space-time (TST) switch** olarak adlandırılır.



Switch yapısı

Paket switch yapısı

- Paket anahtarlama ağırlarda kullanılan switch'ler devre anahtarlama ağırlardaki switch'lerden farklıdır.
- Bir paket switch 4 elemandan oluşur: **input ports, output ports, routing processor** ve **switching fabric**.

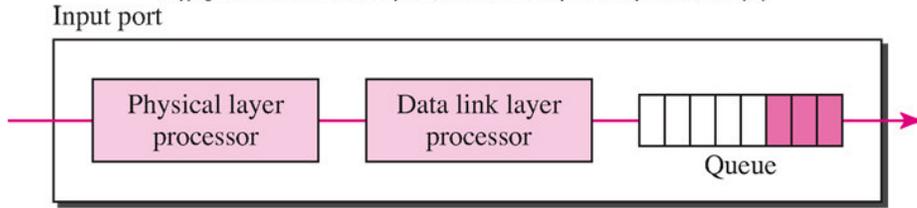


Switch yapısı

Paket switch yapısı – devam

- Giriş portları fiziksel ve data link katman fonksiyonlarını gerçekleştirir.
- Giriş portlarında paketlerdeki hatalar denetlenir ve düzeltilir.
- Giriş portları, fiziksel katman işlemcisi ve data link katman işlemcisinin yanısıra buffer'a sahiptir.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



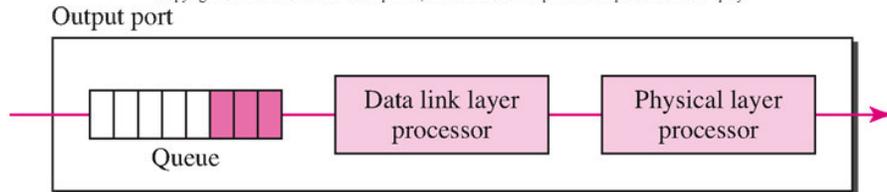
35/36

Switch yapısı

Paket switch yapısı – devam

- Çıkış portları, giriş portlarının yaptığı işleri ters sırada gerçekleştirir.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



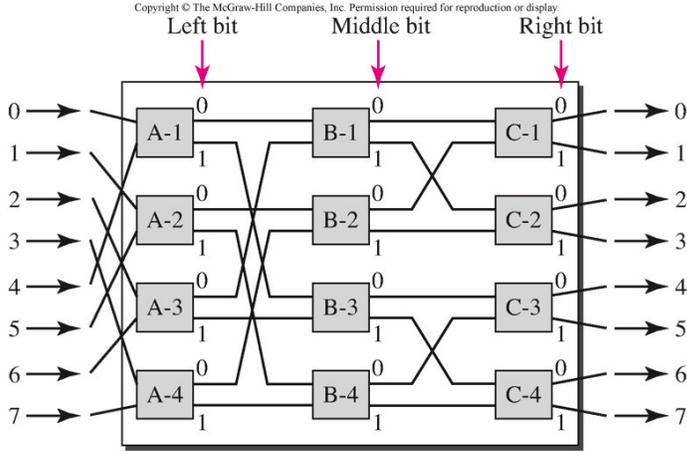
- Routing processor, network katmanında çalışır. Bir sonraki hop adresi belirlenir.
- Routing processor routing tablosu kullanılır.
- Switching fabrics, giriş kuyruğundan çıkış kuyruğuna paketi taşır.
- **Switching fabrics** olarak **crossbar switch**, **banyan switch** veya **batcher-banyan switch** kullanılır.

36/36

Switch yapısı

Paket switch yapısı – switching fabric (banyan switch)

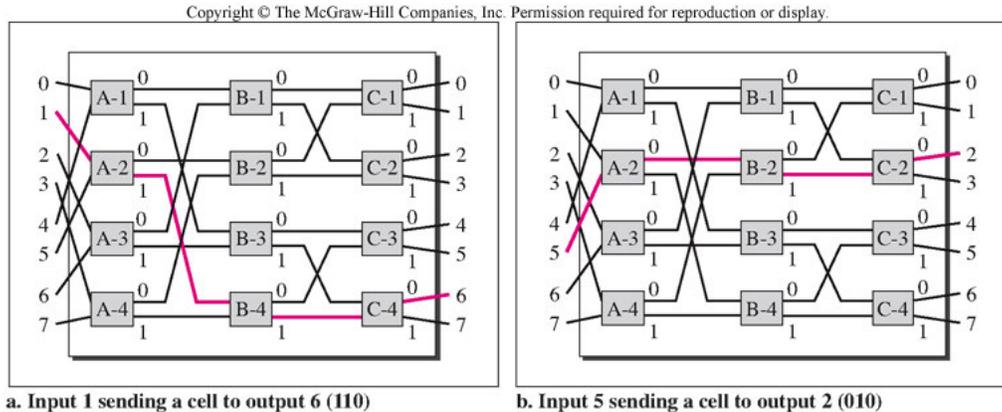
- Her aşamada microswitch vardır ve paketler çıkış portlarına binary string'le gönderilir.
- n giriş n çıkış için $\log_2 n$ aşama ve her aşamada $n/2$ microswitch vardır.
- İlk aşama, paketi binary string'in en yüksek bit değerine göre yönlendirilir.
- İkinci aşama, binary string'in ikinci bit değerine göre paketi bir sonraki aşamaya yönlendirir.



Switch yapısı

Paket switch yapısı – switching fabric (banyan switch)

- Şekilde 110 ve 010 için paketin yönlendirilmesi görülmektedir.
- Her aşamada en soldaki bir bit ile yönlendirme yapılır.

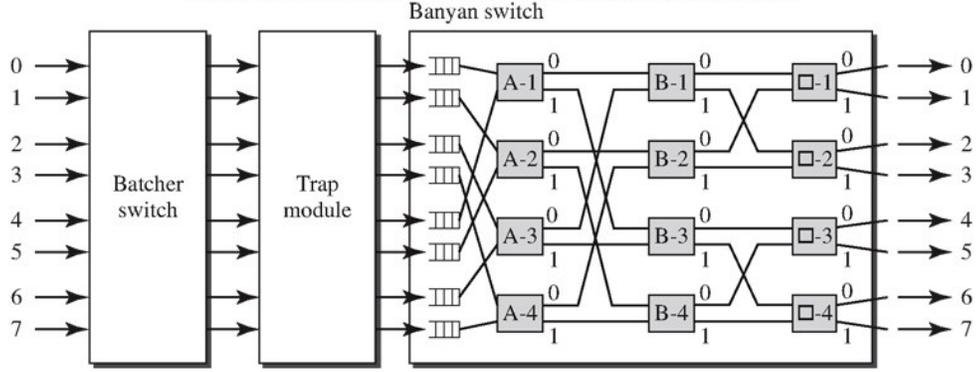


Switch yapısı

Paket switch yapısı – switching fabric (batcher-banyan switch)

- Banyan switch'lerde aynı çıkış portuna iki paket gelirse collision olur.
- **Bather switch** gelen paketleri hedef adresine göre sıralar.
- **Trap** modülü aynı çıkış portuna sahip paketlerin eşzamanlı geçişini engeller.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Ödev

- Datagram ağlarda paket yönlendirme protokollerini araştırarak detaylı bir ödev hazırlayınız.