

Mobil ve Kablosuz Ağlar (Mobile and Wireless Networks)

Hazırlayan: M. Ali Akcayol
Gazi Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Ders konuları

- Ağ kriterleri
- Ağ topolojileri
- Ağ türleri
- Anahtarlama teknikleri
- Devre anahtarlama ağlar
 - FDM
 - WDM
 - TDM
 - Devre anahtarlama ağlarda yol oluşturulması
- Paket anahtarlama ağlar
 - Datagram ağlar
 - Virtual circuit ağlar

Sinyaller

- **Bir ağ birbiriyle haberleşebilen bir grup cihazdan oluşur.**
- Ağdaki cihazlar bir bilgisayar, laptop, mobil telefon, kamera, buzdolabı ve çamaşır makinesi olabilir.
- Ağdaki cihazların birbiriyle haberleşebilmesi için anahtar (switch) veya yönlendirici (router) gibi bir cihaza ihtiyaç duyulur.
- Bağlantı için kullanılan bu cihaz ağın yapısına ve kullanılan sinyale göre modem gibi sinyal şeklini değiştiren (analog-sayısal veya sayısal-analog) bir cihazda olabilir.
- Bir ağ oluşturabilmek için en az iki cihazın birbiriyle bağlantıya sahip olması gereklidir.

Ders konuları

- Ağ kriterleri
- Ağ topolojileri
- Ağ türleri
- Anahtarlama teknikleri
- Devre anahtarlama ağlar
 - FDM
 - WDM
 - TDM
 - Devre anahtarlama ağlarda yol oluşturulması
- Paket anahtarlama ağlar
 - Datagram ağlar
 - Virtual circuit ağlar

Ağ topolojileri

- Bilgisayar ağ kriterleri aşağıda verilmiştir.
 - Performans
 - Güvenilirlik
 - Güvenlik

Performans

- Bir ağın performansı için iletim süresi (transit time) ve cevap süresi (response time) önemli iki kriterdir.
- **Bir noktadan diğer bir noktaya verinin iletilmesi için geçen süre iletim süresi ve istenen cevabın alınması için geçen süre ise cevap süresi olarak adlandırılır.**

Ağ topolojileri

- Bir ağdaki performansı etkileyen çok sayıda parametre vardır:
 - Eş zamanlı kullanıcı sayısı
 - Kullanılan donanım
 - Kullanılan yazılım
- **Ağ ölçütleri olarak throughput ve delay** performansı ölçmek için kullanılan iki önemli parametredir.
- Throughput ağdaki herhangi bir noktada saniyede iletilen bit sayısını gösterir.
- Delay ise iki nokta arasında verinin iletilmesi için geçen süreyi yani gecikmeyi ifade etmektedir.
- Throughput arttıkça ve delay azaldıkça performans yükselmektedir.

Ağ topolojileri

Güvenilirlik

- Bir ağın güvenilirliği
 - Verinin kaynağından çıktığı şekliyle hedefe ulaşması
 - Ağın arıza yapma sıklığı
 - Arıza yaptığında geri çalışır hale getirilmesi için geçen süre
 - Doğal afetlere karşı dayanıklılığıile ölçülür.

7

Ağ topolojileri

Güvenlik

- Ağ güvenliği,
 - Verinin yetkisiz kişilerden korunması
 - Verinin bozulmalara karşı korunması
 - Veriye erişimle ilgili gerekli olan kuralların tümünüifade eder.
- Bir ağın erişen kişileri yetkilendirmesi ve bilgiyi dışarıdan gelebilecek virüs veya saldırı gibi tehditlere karşı koruması gereklidir.

8

Ders konuları

- Ağ kriterleri
- Ağ topolojileri
- Ağ türleri
- Anahtarlama teknikleri
- Devre anahtarlama ağlar
 - FDM
 - WDM
 - TDM
 - Devre anahtarlama ağlarda yol oluşturulması
- Paket anahtarlama ağlar
 - Datagram ağlar
 - Virtual circuit ağlar

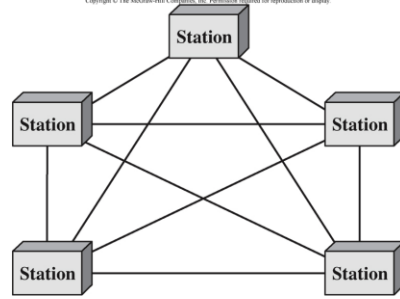
Ağ topolojileri

- İki veya daha fazla cihaz bir linke bağlanır, iki veya daha fazla link fiziksel topolojiyi oluşturur. Temel olarak 4 tür topoloji vardır:
 - **Mesh** (Örgü) : her cihaz diğer cihazlara atanmış bir bağlantıya sahiptir. Toplam $n(n-1)/2$ bağlantı vardır.
 - **Star** (Yıldız) : her cihaz merkezi bir birimle (hub) atanmış bir bağlantıya sahiptir.
 - **Bus** (Taşıt) : backbone olarak uzun bir kablo kullanılır ve tüm cihazlar bağlıdır.
 - **Ring** (Çember) : her cihaz kendisine komşu iki cihaza atanmış bağlantıya sahiptir.
- Hibrid topoloji farklı topolojilere sahip ağların birbirine bağlanmasıyla oluşur.

Ağ topolojileri

Mesh

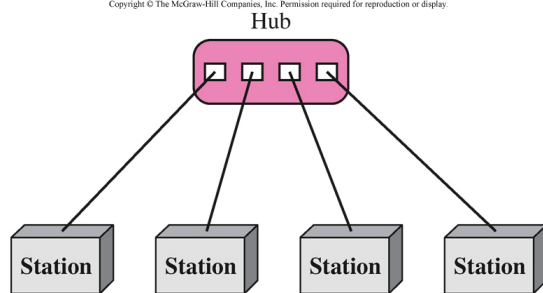
- Her cihaz kendisine ait bir bağlantıya sahip olduğundan trafik problemi olmaz
- Güçlüdür. Bir bağlantı arızalandığında sistemin diğer kısmını etkilemez.
- Gizlilik ve güvenlik : Her cihazın kendi bağlantısından sadece kendi verisi gönderildiği için gizlilik ve güvenlik kolaylıkla sağlanır.
- Fault identification ve fault isolation kolay sağlanır.
- Her cihaz diğer tüm cihazlarla bağlantıya sahip olduğundan bağlantı sayısı kadar I/O port olmalıdır.
- Installation ve reconfiguration zordur.
- Her cihazda çok sayıda kablo olduğundan maliyet fazladır ve yer problemi oluşur.
- Genellikle backbone bağlantılarda kullanılır.



Ağ topolojileri

Star

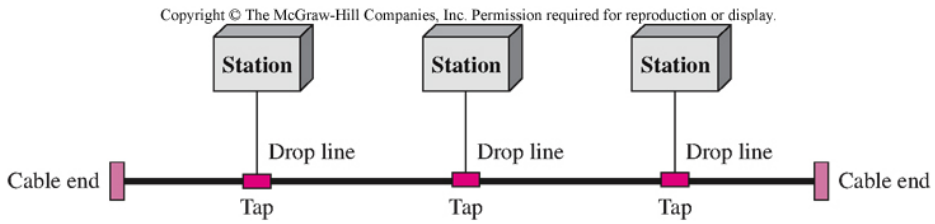
- Tüm cihazlar merkezi birimi (hub) kullandığı için trafik problemi oluşur.
- Mesh topolojisine göre maliyet daha ucuzdur.
- Her cihaz diğer tüm cihazlara bağlantı için bir linke sahiptir. Bu yüzden installation ve reconfiguration kolaydır.
- Güçlüdür. Bir cihaz veya bağlantıdaki arıza sistemin diğer kısmını etkilemez. (Merkezi birim hariç)
- Fault identification ve fault isolation kolay yapılır.
- Mesh topolojisine göre daha az, ring ve bus topolojilerine göre daha çok kablolama gerektirir.



Ağ topolojileri

Bus

- Multipoint konfigürasyona sahiptir.
- Tüm cihazların bağlandığı uzun bir kablo backbone olarak kullanılır.
- Installation ve reconfiguration kolaydır.
- Bus topolojisi, mesh ve star'dan daha az kabloya ihtiyaç duyar.
- Bağlantıdaki arıza sistemin tümünü etkiler.
- Fault identification ve fault isolation zordur.

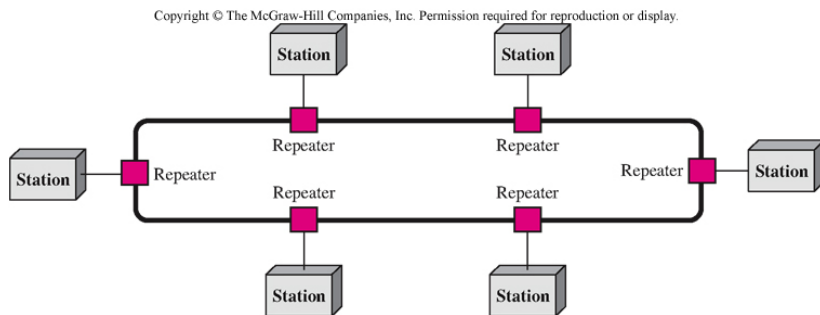


13

Ağ topolojileri

Ring

- Her cihaz kendisine komşu iki cihazla bağlıdır. Bir cihaz ekleme ve çıkarma sadece iki bağlantı değiştirme ile yapılır.
- Fault identification ve fault isolation kolay yapılır.
- Installation ve reconfiguration kolaydır.
- Tek ring yapısında bağlantının kopması halinde tüm sistem çalışmaz. İki yönlü ring yapısı ile bu problem giderilir. (FDDI, CDDI)

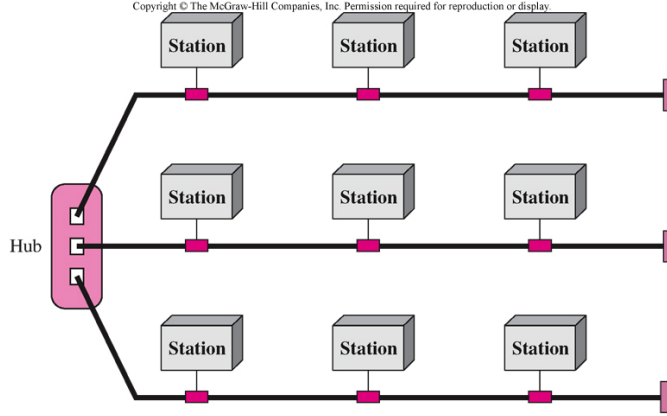


14

Ağ topolojileri

Hybrid:

- Daha büyük bir topoloji oluşturmak için farklı topolojilerdeki ağlar birleştirilir.



15

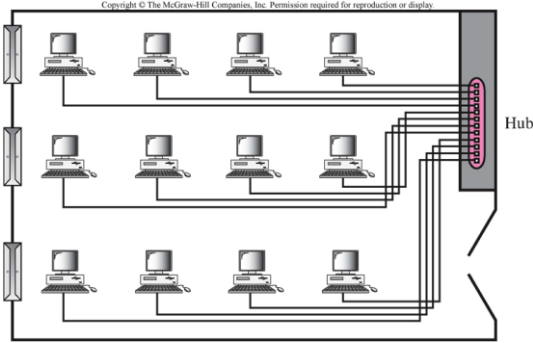
Ders konuları

- Ağ kriterleri
- Ağ topolojileri
- Ağ türleri
- Anahtarlama teknikleri
- Devre anahtarlama ağlar
 - FDM
 - WDM
 - TDM
 - Devre anahtarlama ağlarda yol oluşturulması
- Paket anahtarlama ağlar
 - Datagram ağlar
 - Virtual circuit ağlar

16

Ağ türleri

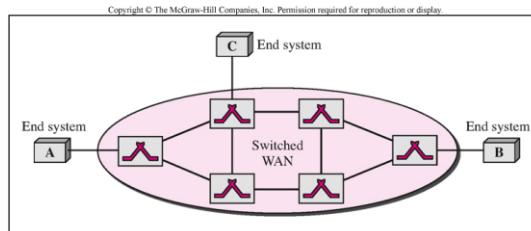
- Ağlar local-area network (LAN) ve wide-area network (WAN) olarak iki gruba ayrılır.
- Metropolitan area network (MAN) ise ikisinin arasındaki ağ yapısıdır.
- LAN iki veya daha fazla bilgisayar arasında donanım, yazılım veya data paylaşımı için kullanılır. LAN boyutu birkaç kilometreyle sınırlıdır.
- İlk LAN'lar 4-16 Mbps hızında iken günümüzde 100-1000 Mbps hızındadır.



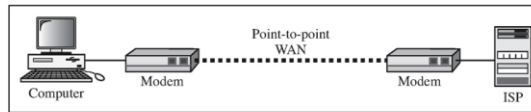
17

Ağ türleri

- WAN uzak mesafelerde ses, data, resim,... iletimini sağlar.
- Bir ülke, kıta veya dünya ölçeğinde olabilir.
- Şekilde switched ve point-to-point WAN görülmektedir.



a. Switched WAN

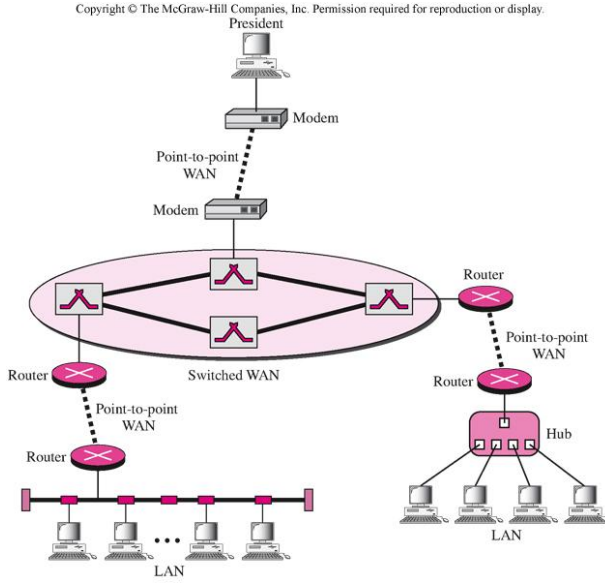


b. Point-to-point WAN

18

Ağ türleri

- **MAN** bir şehir ölçeğinde hızlı iletişim sağlamak için kullanılır.
- DSL bağlantılar MAN kategorisindedir.
- İki veya daha fazla ağın birleşmesiyle **internetwork** veya **internet** oluşur.
- İlk switched WAN X.25 tir.
- X.25 ağları yerine daha sonra Frame Relay kullanılmaya başlanmıştır.
- ATM ağlar switched WAN'dır.

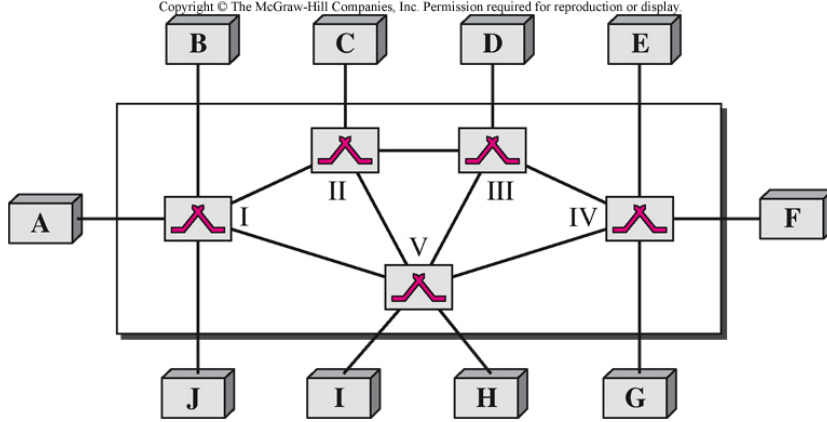


Ders konuları

- Ağ kriterleri
- Ağ topolojileri
- Ağ türleri
- **Anahtarlama teknikleri**
- Devre anahtarlama ağlar
 - FDM
 - WDM
 - TDM
 - Devre anahtarlama ağlarda yol oluşturulması
- Paket anahtarlama ağlar
 - Datagram ağlar
 - Virtual circuit ağlar

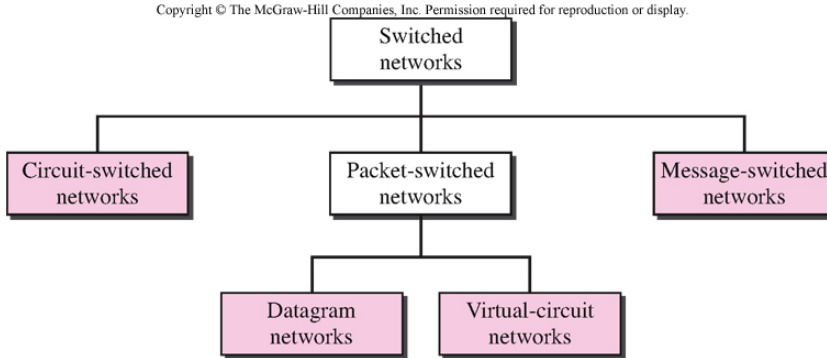
Anahtarlama teknikleri

- Anahtarlama ağılar node'lar arasındaki bağlantıyı **switch**'lerle yapar.
- Anahtarlama ağılarda 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.



Anahtarlama teknikleri

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



Ders konuları

- Ağ kriterleri
- Ağ topolojileri
- Ağ türleri
- Anahtarlama teknikleri
- **Devre anahtarlama ağları**
 - FDM
 - WDM
 - TDM
 - Devre anahtarlama ağlarında yol oluşturulması
- Paket anahtarlama ağları
 - Datagram ağları
 - Virtual circuit ağları

23

Devre anahtarlama ağları

- Devre anahtarlama ağlarında iletişim yapan cihazlar arasında bir bağlantı oluşturulur ve iletişimin başından sonuna kadar bu bağlantıdaki kaynaklar sadece bu iletişim tarafından kullanılır.
- Ağ üzerindeki her bir link (kablo, frekans bandı) alt kanallara bölünür ve iletişim yapan iki cihaz arasındaki iletim yolu bu kanallar kullanılarak elde edilir.
- Fiziksel bir bağlantı üzerinde birden fazla kanal oluşturmak için,
 - FDM (Frequency Division Multiplexing)
 - WDM (Wave Division Multiplexing)
 - TDM (Time Division Multiplexing)yöntemlerinden birisi kullanılabilir.

24

Ders konuları

- Ağ kriterleri
- Ağ topolojileri
- Ağ türleri
- Anahtarlama teknikleri
- Devre anahtarlama ağlar
 - FDM
 - WDM
 - TDM
 - Devre anahtarlama ağlarda yol oluşturulması
- Paket anahtarlama ağlar
 - Datagram ağlar
 - Virtual circuit ağlar

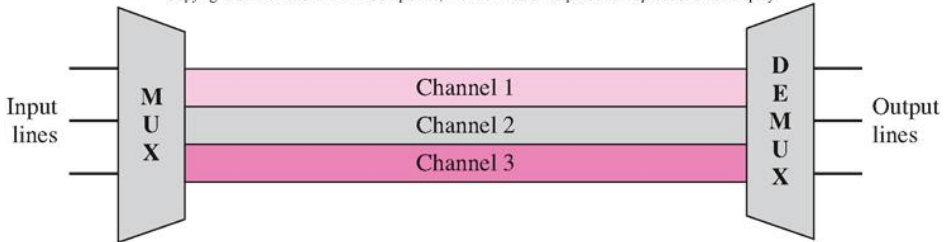
25

Devre anahtarlama ağlar

FDM

- FDM, bağlantının bant genişliği iletilen sinyalin bant genişliğinden fazlaysa kullanılan **analog** bir tekniktir.
- FDM'de her cihaz ile farklı bir taşıyıcı sinyali modüle edilir.
- FDM analog sinyalleri birleştiren analog tekniktir.

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

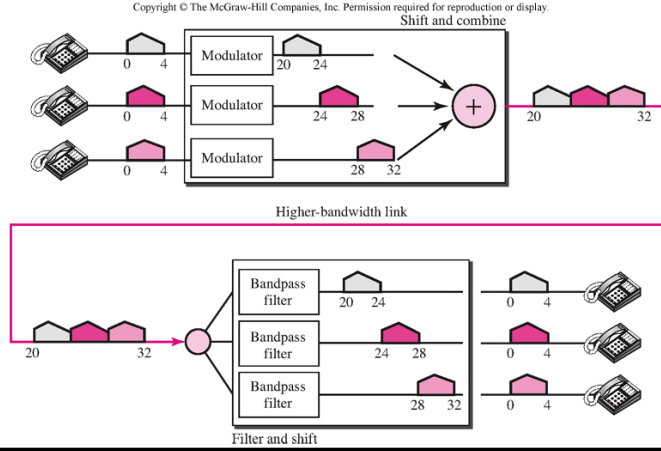


26

Devre anahtarlamalı ağlar

FDM-örnek

- Ses kanalları 4 kHz bant genişliğine sahiptir. 3 ses kanalını birleştirmek için 12 kHz bant genişliğinde linke ihtiyaç vardır. Örnek bir konfigürasyon aşağıdaki gibi olabilir.



27

Devre anahtarlamalı ağlar

FDM-örnekler

- AM radyolar 530 kHz-1700 kHz arasındaki bantta FDM yapılarak 10 kHz kanallara yerleştirilirler.
- FM radyolar 88 MHz-108MHz arasındaki bantta FDM yapılarak 200 kHz kanallara yerleştirilirler.
- TV yayınları 6MHz bant genişliğine sahip kanallara yerleştirilirler.
- İlk jenerasyon cep telefonları FDM kullanır. Her kullanıcı için 30 kHz kanallar atanır. Ses sinyali 3 kHz bant genişliğine sahiptir ve FM de kanal bant genişliği $10 \times \text{modüle eden sinyal}$ olduğundan toplam bant genişliği 30 kHz olur. Her kullanıcıya full-duplex iletişim için 60 kHz kanal atanır.

28

Devre anahtarlama ağılar

FDM-örnek

- AMPS (Advanced Mobile Phone System) iki bant kullanır. Gönderme için 824-849 MHz ve alma için 869-894 MHz bantları kullanılır. Her kullanıcı bir yönde 30 kHz bant genişliğine sahip kanal kullanır. Kaç kullanıcı eş zamanlı iletişim yapabilir ?

Her bant 25 MHz (849-824 ve 894-869) tir.

25 MHz / 30 kHz = 833.33 olur. Gerçekte her bant 832 kanala bölünür.

Toplam 42 kanal kontrol için kullanılır. 790 kanal kullanıcılar için ayrılır.

Her iki kanalda full-duplex eş zamanlı 790 kullanıcı iletişim yapabilir.

29

Ders konuları

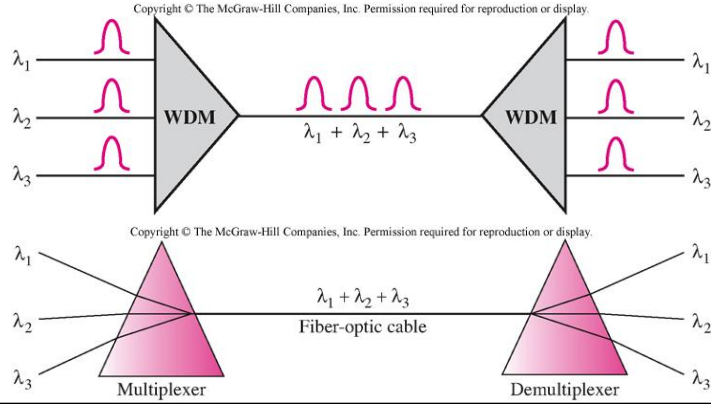
- Ağ kriterleri
- Ağ topolojileri
- Ağ türleri
- Anahtarlama teknikleri
- Devre anahtarlama ağılar
 - FDM
 - WDM
 - TDM
 - Devre anahtarlama ağılarda yol oluşturulması
- Paket anahtarlama ağılar
 - Datagram ağılar
 - Virtual circuit ağılar

30

Devre anahtarlama ağlar

WDM

- WDM, fiber optik kablonun yüksek bant genişliğini kullanmak için tasarlanmıştır. WDM, optik sinyalleri birleştiren multiplexing tekniğidir.
- WDM, SONET(Synchronous Optical Network) ağlarda kullanılır. Dense WDM (DWDM) kanalları çok yakın multiplex yaparak daha çok kanalı birleştirir.



31

Ders konuları

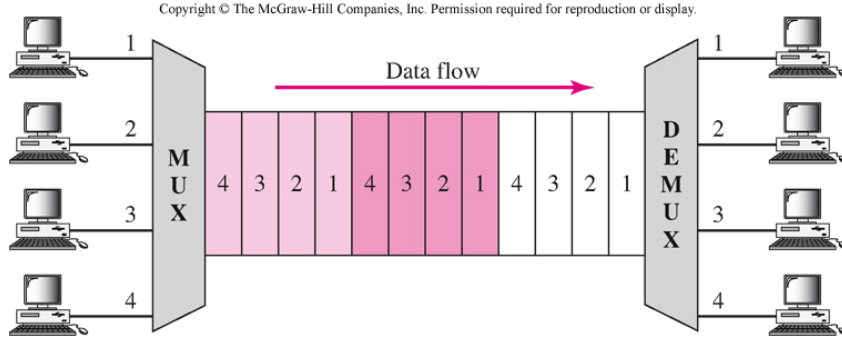
- Ağ kriterleri
- Ağ topolojileri
- Ağ türleri
- Anahtarlama teknikleri
- Devre anahtarlama ağlar
 - FDM
 - WDM
 - TDM
 - Devre anahtarlama ağlarda yol oluşturulması
- Paket anahtarlama ağlar
 - Datagram ağlar
 - Virtual circuit ağlar

32

Devre anahtarlama ağılar

TDM

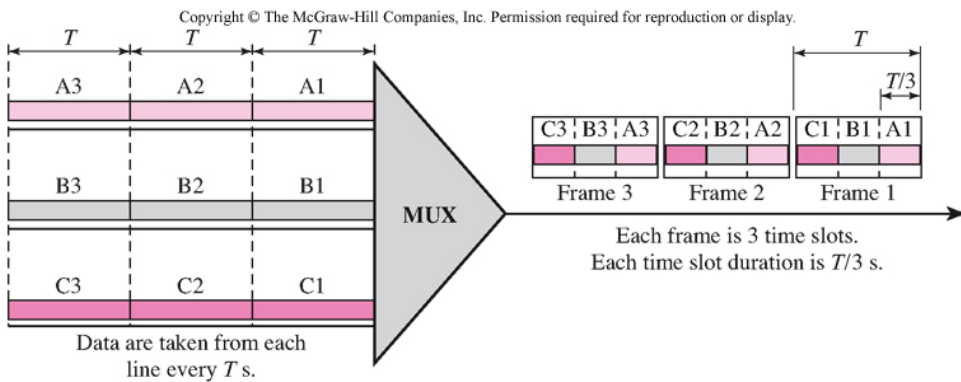
- TDM yüksek bant genişliğine sahip bir linki birden çok bağlantıya paylaştırır.
- FDM bandın bir kısmını paylaştırırken, TDM bandın tümünü zamana göre paylaştırır.
- TDM **senkron** ve **istatistiksel** olarak iki türdür. Senkron TDM'de veri olmasa bile her girişe belirli bir zaman ayrılır.



Devre anahtarlama ağılar

Senkron TDM - devam

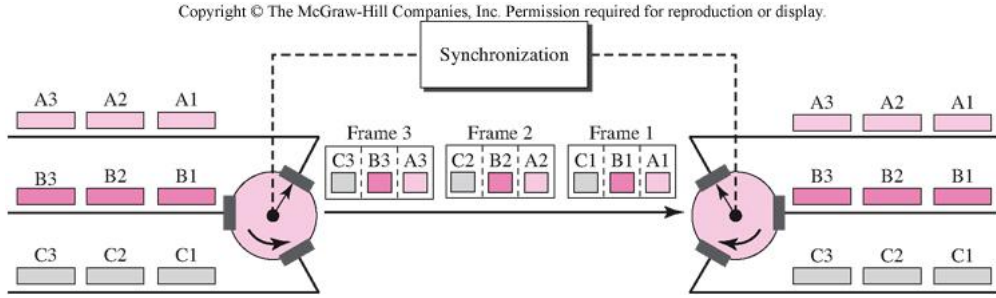
- Senkron TDM'de her girişin verisi birimlere ayrılır. Birim 1 bit, 1 karakter veya 1 blok olabilir.
- Girişlerin zaman aralıkları frame oluşturur. Bir frame, tüm girişlerin 1 birim verisinin birleşiminden oluşur.



Devre anahtarlama ağılar

Senkron TDM - devam

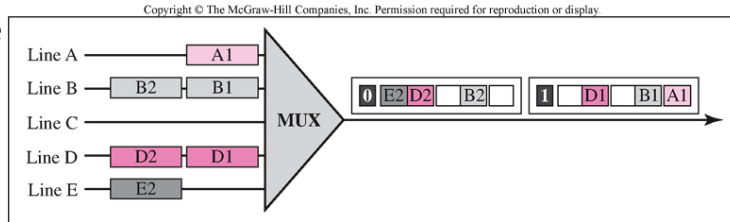
- TDM iki uçta hızlı switch'lerle yapılır. İki switch senkron çalışır.
- Interleaving, her iki uçta switch'lerin belirli aralıklarla her giriş/çıkış için bağlantı süresini ifade eder.



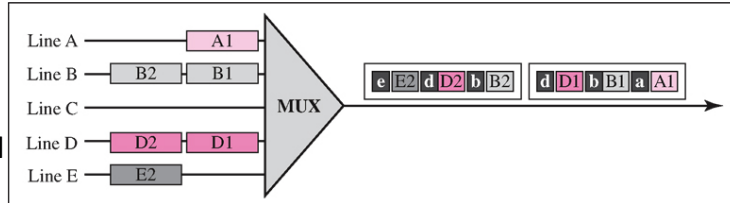
Devre anahtarlama ağılar

İstatistiksel TDM

- Senkron TDM veri göndermeyen girişe zaman ayırdığından etkin değildir.
- İstatistiksel TDM'de verisi olan girişe zaman ayrılır. Bir frame'deki slot sayısı giriş sayısından daha azdır.
- Multiplexer, girişleri round-robin yaklaşımıyla kontrol eder.



a. Synchronous TDM



b. Statistical TDM

Devre anahtarlama ağılar

İstatistiksel TDM - devam

- Senkron TDM'de frame'ler sadece veri bulundurur. İstatistiksel TDM'de veri ile birlikte adres bilgiside gönderilir.
- Adresleme binary yapılı ve n bit ile N ($n = \log_2 N$) adet çıkış adreslenebilir.
- İstatistiksel TDM'de iletişimin etkinliği için adres ile veri arasındaki oran önemlidir.
- İstatistiksel TDM'de senkronizasyon bitlerine gereksinim yoktur.

37

Ders konuları

- Ağ kriterleri
- Ağ topolojileri
- Ağ türleri
- Anahtarlama teknikleri
- Devre anahtarlama ağılar
 - FDM
 - WDM
 - TDM
 - Devre anahtarlama ağılarda yol oluşturulması
- Paket anahtarlama ağılar
 - Datagram ağılar
 - Virtual circuit ağılar

38

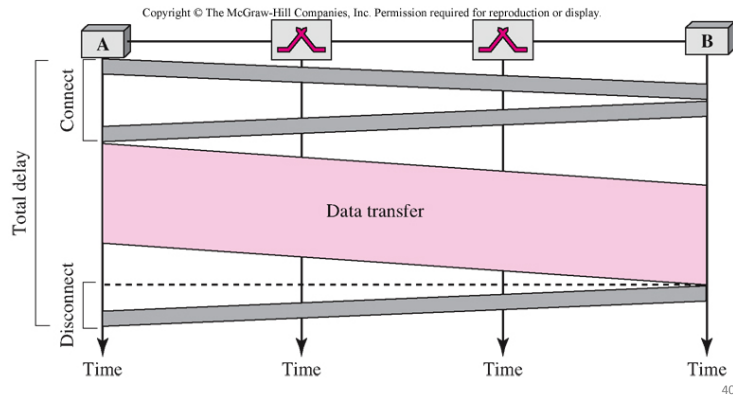
Devre anahtarlamalı ağlarda yol oluşturulması

- Devre anahtarlamalı ağlarda yol kurulumu için FDM veya TDM yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Yol kurulumu için her bağlantı üzerinde FDM ile frekans bandı veya TDM ile bir slot kurulmak istenen yola tahsis edilir.
- Bu yola tahsis edilen kaynaklar iletişim devam ettiği süre boyunca başka iletişimler tarafından kullanılamamaktadır.
- 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.

39

Devre anahtarlamalı ağlarda yol oluşturulması

- 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.



40

Ders konuları

- Ağ kriterleri
- Ağ topolojileri
- Ağ türleri
- Anahtarlama teknikleri
- Devre anahtarlama ağlar
 - FDM
 - WDM
 - TDM
 - Devre anahtarlama ağlarda yol oluşturulması
- Paket anahtarlama ağlar
 - Datagram ağlar
 - Virtual circuit ağlar

41

Datagram ağlar

- Paket anahtarlama ağlarda veri iletişiminin başından sonuna kadar verinin tamamı paketler halinde parçalanarak iletilir.
- Bu paketlerin boyutu kullanılan protokole bağlı olup; sabit veya değişen boyutta olabilirler.
- Paket anahtarlama ağlarda paketler için bant genişliği veya bir kanal ayrılmaz ancak ihtiyaç duyulduğu zaman her bir paket için ayrı kaynak tahsis edilir.
- Anahtar kendi üzerine gelen paketler arasında ilişkilendirme yapmaz.
- Paket anahtarlama ağlar kendi arasında iki gruba ayrılır. Bunlar;
 - Datagram ağlar
 - Sanal devre ağları

42

Ders konuları

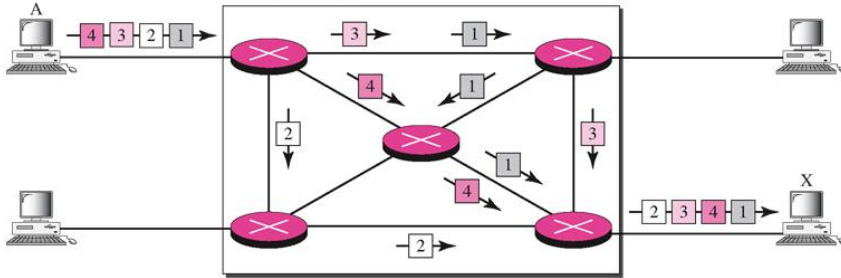
- Ağ kriterleri
- Ağ topolojileri
- Ağ türleri
- Anahtarlama teknikleri
- Devre anahtarlama ağlar
 - FDM
 - WDM
 - TDM
 - Devre anahtarlama ağlarda yol oluşturulması
- Paket anahtarlama ağlar
 - **Datagram ağlar**
 - Virtual circuit ağlar

43

Datagram ağlar

- Bir mesaj paket anahtarlama ağda gönderilirken sabit veya değişken boyutlarda paketlere bölünür.
- Paket anahtarlama ağda 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

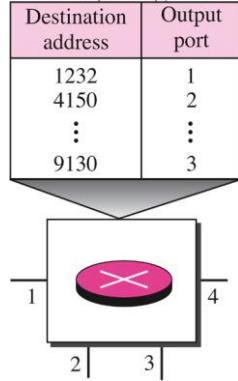


44

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.

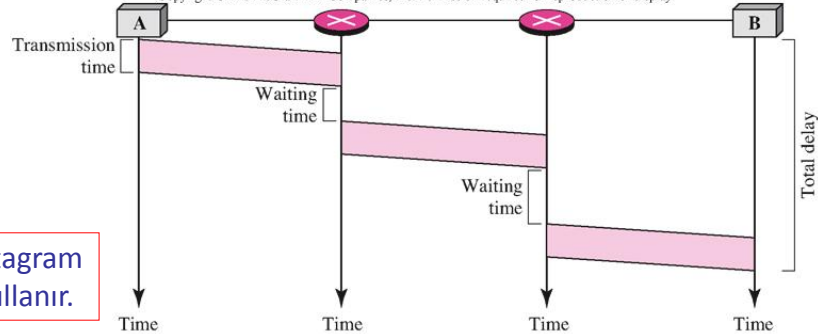


45

Datagram ağlar

- Datagram ağlarda gecikme virtual-circuit ağlara göre çok fazladır.
- Setup aşaması ve bağlantı sonlandırma aşaması olmamasına rağmen her switch gelen paket üzerinde işlem yaptığından gecikme çok olur.
- Şekilde 3 tane transmission time ($3T$), 3 tane propagation delay (3τ) ve 2 tane bekleme süresi ($w_1 + w_2$) vardır.
- Toplam gecikme = $3T + 3\tau + w_1 + w_2$

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



İnternet datagram yaklaşımı kullanılır.

46

Ders konuları

- Ağ kriterleri
- Ağ topolojileri
- Ağ türleri
- Anahtarlama teknikleri
- Devre anahtarlama ağlar
 - FDM
 - WDM
 - TDM
 - Devre anahtarlama ağlarda yol oluşturulması
- Paket anahtarlama ağlar
 - Datagram ağlar
 - **Virtual circuit ağlar**

47

Virtual-circuit ağlar

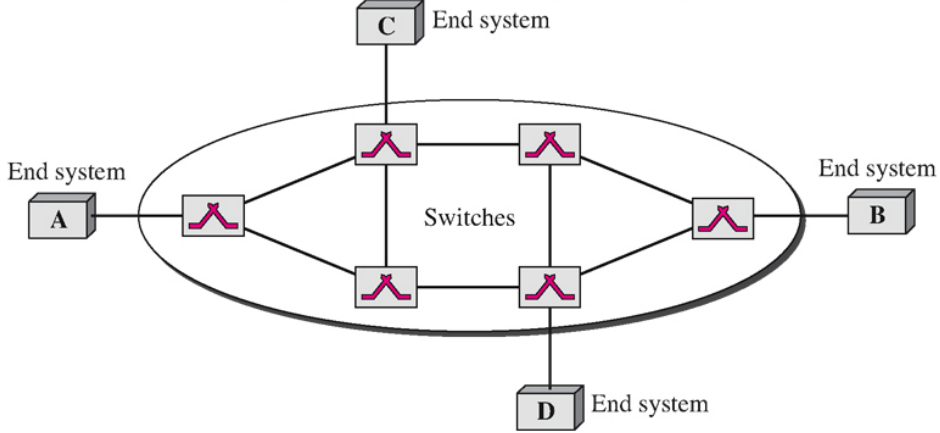
- Virtual-circuit ağlar, datagram ağlar ile circuit-switched ağların özelliklerine sahiptir.
- Circuit-switched ağlardaki gibi setup ve teardown aşamaları vardır.
- Kaynaklar circuit-switched ağlardaki gibi setup aşamasında ayrılır veya datagram ağlardaki gibi istek olduğunda ayrılır .
- Datagram ağlardaki 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.

48

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.



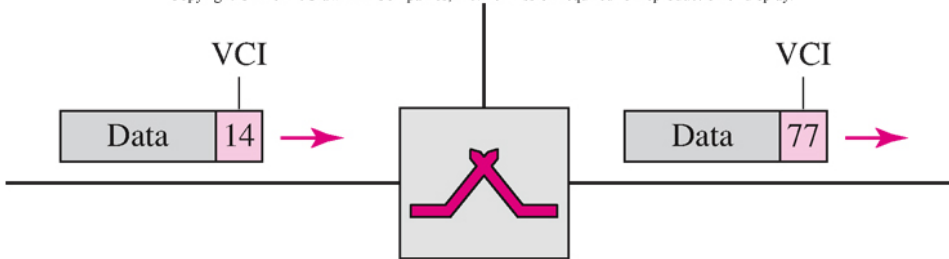
49

Virtual-circuit ağlar

Adresleme

- Virtual-circuit ağlarda iki tür adresleme yapılır: global ve lokal.
- Global adres, ağ içerisinde unique (tekil) bir adrestir. Global adres virtual-circuit identifier (VCI) oluşturmak için kullanılır.
- VCI, global adresin tersine sadece switch ölçüğünde çalışır.
- Bir frame, bir switch'e gelirken bir VCI'ya sahiptir, çıkarkende farklı bir VCI'ya sahiptir.

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



50

Virtual-circuit ağlar

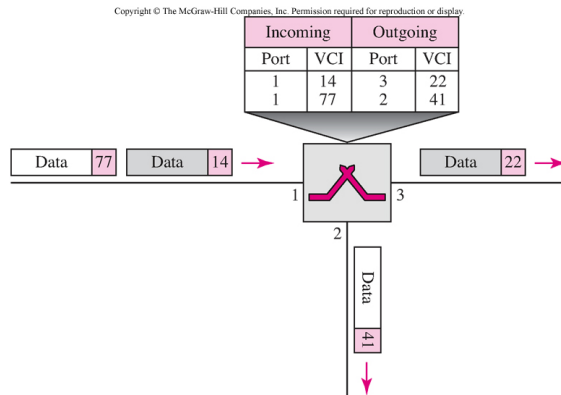
Üç aşama

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

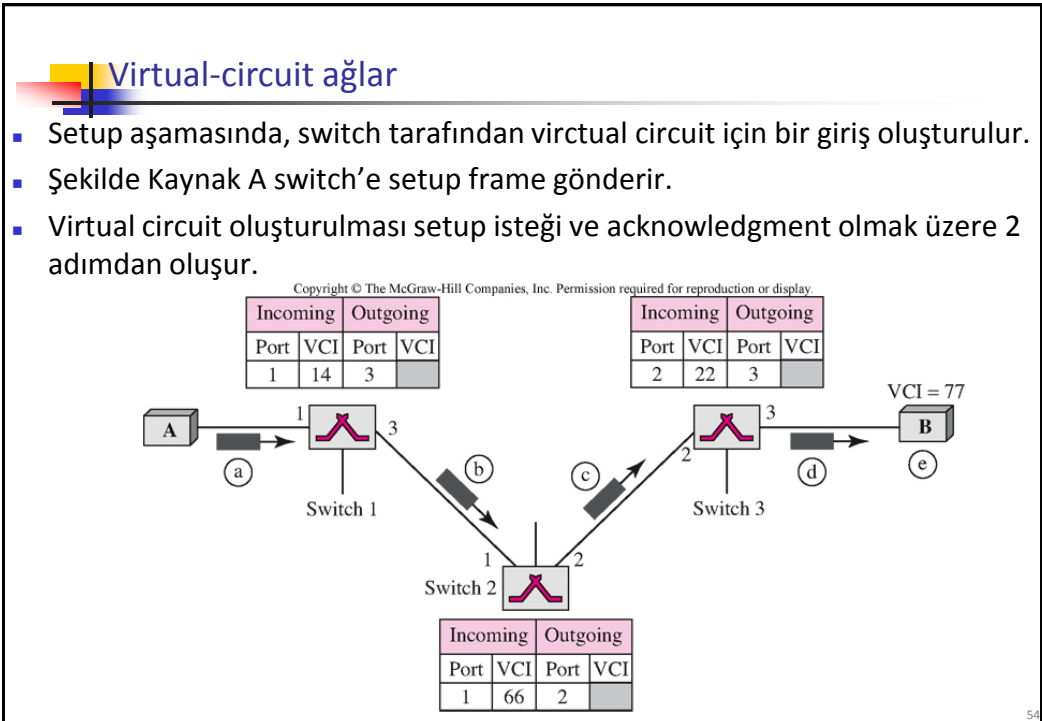
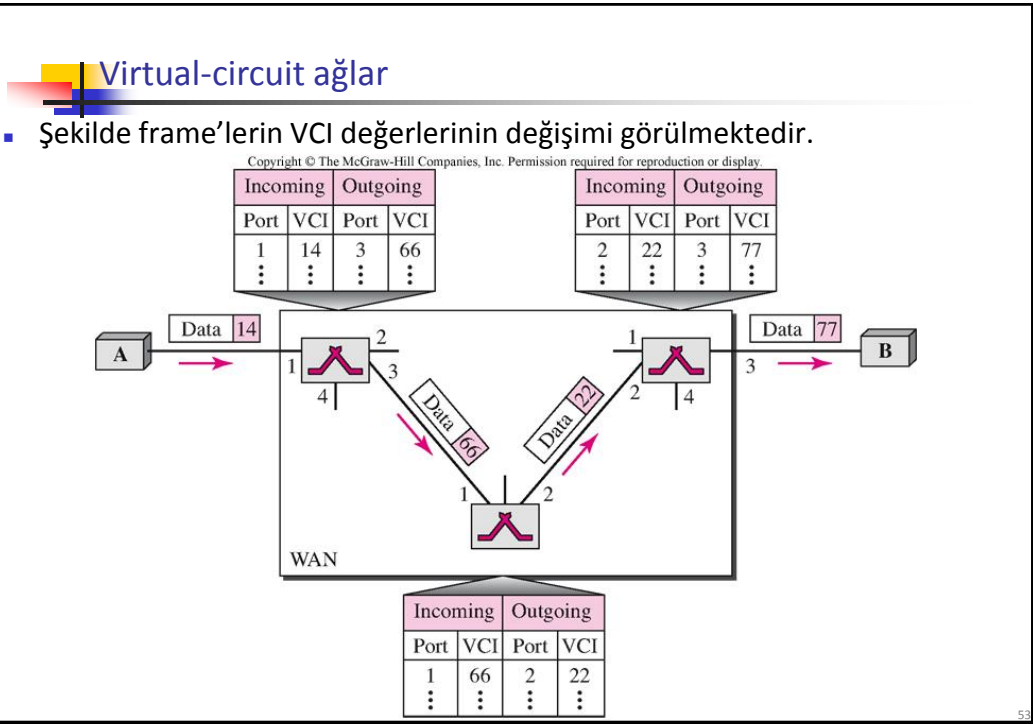
51

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.



52



Virtual-circuit ağlar

Setup isteği

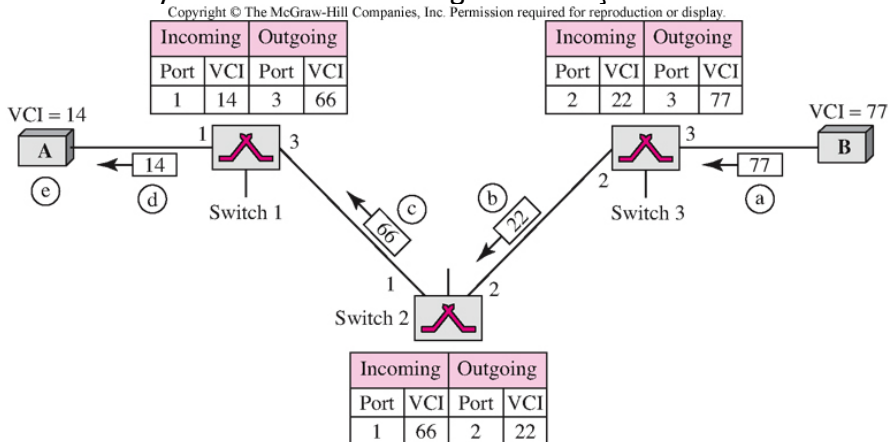
- Switch 1 gelen frame'in A'dan B'ye gittiğini bilir ve uygun portu seçer (paket anahtarlama).
- Switch çıkış VCI değeri hariç diğer üç parametreyi belirler. Çıkış VCI değeri acknowledgment bilgisi gelince belirlenir.
- Switch gelen frame'i port 3 ile gönderir.
- Switch 2 gelen setup frame'ini alır ve 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.

55

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.



56

Virtual-circuit ağlar

Acknowledgment - devam

- Switch 3, ACK frame'i switch 2'ye gönderir. ACK frame switch 3 giriş VCI değerinde 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.

57

Virtual-circuit ağlar

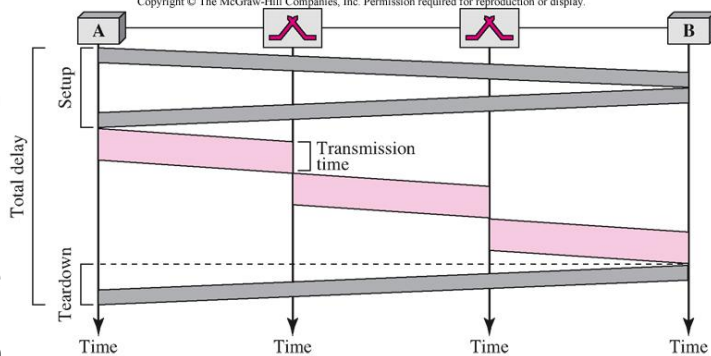
Etkinlik

- 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.

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

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.



Virtual-circuit ağlar **Frame Relay** ve **ATM** ağlarda kullanılır.

58