

BİLGİSAYAR AĞLARI

Mimarisi, Veri İletişimi, Hizmetleri ve Ağ Aygıtları

Dr. B. Demir ÖNER

2. Baskı

PAPATYA YAYINCILIK

İstanbul, Ankara, İzmir, Adana

Bilgisayar Ağları

© Papatya Yayıncılık Eğitim - Kasım 2010
EĞİTİM BİLGİSAYAR SİS. SAN. VE TİC. A.Ş.

Ankara Cad. Prof. F. Kerim Gökay Vakfı İşhanı, 31/3
Cağaloğlu/İstanbul

Tel : 212 - 527 52 96, Faks: 212 - 527 52 97
e-posta : bilgi@papatya.gen.tr
Web : www.papatya.gen.tr
www.papatya.info.tr
Dağıtım : Cağaloğlu (212) 527 52 96
Çukurova (322) 225 14 32

Bilgisayar Ağları – B. Demir ÖNER

2. Basım Kasım 2010

Yayın Danışmanı : Dr. Rifat ÇÖLKESEN
Grafik Çizimi : Yazarımız ve Papatya & Kelebek Tasarım
Üretim : Olcay KAYA
Pazarlama : Ziya ÇÖLKESEN
Satış : Mustafa DEMİR
Sayfa Düzenleme : Papatya & Kelebek Tasarım
Kapak Tasarım : Papatya & Kelebek Tasarım
Basım ve Ciltleme : Altan Basım San. Ltd. Şti. - İstanbul

© Bu kitabın her türlü yayın hakkı Papatya Yayıncılık Eğitim A.Ş.'ye aittir. Yayınevinden yazılı izin alınmaksızın alıntı yapılamaz, kısmen veya tamamen hiçbir şekil ve teknikle ÇOĞALTILAMAZ, BASILAMAZ, YAYIMLANAMAZ. Kitabın, tamamı veya bir kısmının fotokopi makinesi, ofset gibi teknikle çoğaltılması, hem çoğaltan hem de bulunduranlar için yasadışı bir davranıştır.

Lütfen kitabımızın fotokopi yöntemiyle çoğaltılmasına engel olunuz.
Fotokopi hızsızlıktır.

Öner, B. Demir.
Bilgisayar Ağları / B. Demir Öner. – İstanbul: Papatya Yayıncılık, 2010
xxii, 312 s. ; 24 cm.
Kaynakça ve dizin var.
Sertifika No: 11218
ISBN 978-975-67-97-43-3
1. Ağ Mimarisi. 2. Veri İletişimi. 3. OSI. 4. Ağ Cihazları. 5. LAN/WAN I. Title

Papatya Yayıncılık Eğitim

Bu kitabımı,
Değerli eşim Nevres ÖNER'e
İthaf ediyorum.

bilgi@papatya.gen.tr

Teşekkür

Bu kitabın hazırlanmasında yararlandığım bazı kaynakların sağlanmasında yardımcı olan ve değerli katkılarda bulunan Prof.Dr. Emre HARMANCI'ya, Prof.Dr. Bülent SANKUR'a ve Prof.Dr.Bülent ÖRENCİK'e, bu kitabın baskıya hazırlanması aşamasındaki değerli öneri ve katkılarından dolayı Dr.Rifat ÇÖLKESEN'e ve kitabın yazılması için geçen uzunca bir süre içinde gösterdiği sabır ve her zaman verdiği destek için sevgili eşim Nevres ÖNER'e teşekkür ederim.

B. Demir ÖNER

İçindekiler

| | |
|---|-----------|
| Bölüm 1: BİLGİSAYAR AĞLARINA GİRİŞ | 13 |
| <i>(INTRODUCTION TO COMPUTER NETWORKS)</i> | |
| 1.1. Bilgisayar Ağlarının Kullanım Amaçları (<i>Uses of Computer Networks</i>) | 14 |
| 1.2. Bilgisayar Ağlarının Sınıflandırılması (<i>Classification of Computer Networks</i>) | 16 |
| 1.2.1. Bilgisayar Ağlarının İletişim Teknolojilerine Göre Sınıflandırılması (<i>Classification of Computer Networks with Respect to Transmission Technologies</i>) | 16 |
| (1) Yayın Ağları (<i>Broadcast Networks</i>) | 16 |
| (2) Noktadan-noktaya Ağlar (<i>Point-to-point Networks</i>) | 17 |
| 1.2.2. Bilgisayar Ağlarının Fiziksel Boyutlarına Göre Sınıflandırılması (<i>Classification of Computer Networks with Respect to Physical Size</i>) | 17 |
| 1.3. Yerel Alan Ağları (<i>LANs: Local Area Networks</i>) | 17 |
| 1.3.1. Yerel Alan Ağlarının Bağlantı Türleri (<i>LAN Topologies</i>) | 18 |
| 1.3.2. Yayın Ağlarında Kullanılan Çoklu Erişim Yöntemleri (<i>Multiple Access Methods Used in Broadcast Networks</i>) | 22 |
| (1) Yayın Ağlarında Kullanılan Kanal Atama Yöntemleri (<i>Channel Allocation Methods Used in Broadcast Networks</i>) | 22 |
| (2) LAN'larda Kullanılan Erişim Yöntemleri (<i>Access Methods Used in LANs</i>) | 23 |
| 1.4 Kentsel Alan Ağları (<i>Metropolitan Area Networks: MANs</i>) | 26 |
| 1.5 Geniş Alan Ağları (<i>Wide Area Networks: WANs</i>) | 26 |
| 1.6 Kablosuz Ağlar (<i>Wireless Networks</i>) | 28 |
| 1.7 Bağlantılı Ağlar (<i>Internetworks</i>) | 28 |
| 1.8. Özet | 28 |
| 1.9. Sorular | 29 |
| Bölüm 2: AĞ MİMARİSİ TEMELLERİ | 31 |
| <i>(Basics of Network Architecture)</i> | |
| 2.1. Katmanlı Ağ Yapısı (<i>Layered Network Structure</i>) | 31 |
| 2.2. Katman Tasarımına İlişkin Önemli İlkeler (<i>Design Issues for the Layers</i>) | 34 |
| 2.3. Arayüz ve Hizmetler (<i>Interface and Services</i>) | 35 |
| 2.4. Bağlantılı ve Bağlantısız Hizmetler (<i>Connection-oriented and Connectionless Services</i>) | 36 |
| 2.5. Hizmet İlkeleri (<i>Service Primitives</i>) | 40 |
| 2.6. Hizmet ve Protokol Arasındaki Farklılıklar (<i>Differences Between Service and Protocol</i>) | 43 |
| 2.7. Başvuru Modelleri (<i>Reference Models</i>) | 43 |
| 2.7.1. OSI Başvuru Modeli (<i>OSI Reference Model</i>) | 44 |
| 2.7.2. TCP/IP Modeli (<i>TCP/IP Model</i>) | 50 |
| 2.8. Ağ Örnekleri (<i>Network Examples</i>) | 55 |

| | |
|--|-----------|
| 2.9. Ağ Standartlaştırması (<i>Network Standardization</i>) | 60 |
| 2.9.1. Standartlaştırmanın ve Standardın Tanımları (<i>Definitions of Standardization and Standard</i>) | 60 |
| 2.9.2. Standartlaştırmanın Yararları (<i>Advantages of Standardization</i>) | 61 |
| 2.9.3. Ağ Standartlaştırması (<i>Network Standardization</i>) | 62 |
| 2.9.4. Standart Sınıfları (<i>Classes of Standards</i>) | 63 |
| 2.9.5. Önemli Ağ Standartlaştırma Kurumları (<i>Major Network Standardization Organizations</i>) | 63 |
| 2.10. Özet | 66 |
| 2.11. Sorular | 67 |
| Bölüm 3: VERİ İLETİŞİMİ TEMELLERİ | 67 |
| (<i>Basics of Data Transmission</i>) | |
| 3.1. Mesaj, Veri ve İşaret (<i>Message, Data and Signal</i>) | 69 |
| 3.2. Analog ve Sayısal İletişim Sistemleri (<i>Analog and Digital Communication Systems</i>) | 70 |
| 3.3. Bantgenişliği (<i>Bandwidth</i>) | 71 |
| 3.1.1. Bir İşaretin Bantgenişliği (<i>Bandwidth of a Signal</i>) | 71 |
| 3.1.2. Bir Sistemin bantgenişliği (<i>Bandwidth of a System</i>) | 74 |
| 3.4. Örnekleme Teoremi (<i>Sampling Theorem</i>) | 77 |
| 3.5. Darbe Kod Modülasyonu (<i>PCM: Pulse Code Modulation</i>) | 78 |
| 3.6. Bilgi İçeriği (<i>Information Content</i>) | 79 |
| 3.7. Sembol Hızı, Bilgi Hızı ve İletim Hızı (<i>Symbol Rate, Information Rate and Transmission Rate</i>) | 81 |
| 3.8. Kanal Kapasitesi (<i>Channel Capacity</i>) | 82 |
| 3.9. Çoğullama (<i>Multiplexing</i>) | 83 |
| 3.9.1. Frekans Bölüşümlü Çoğullama (<i>Frequency Division Multiplexing</i>) | 83 |
| 3.9.2. Zaman Bölüşümlü Çoğullama (<i>Time Division Multiplexing</i>) | 86 |
| 3.10. Kodlama (<i>Coding</i>) | 92 |
| 3.11. Hat Kodlaması (<i>Line Coding</i>) | 94 |
| 3.11.1. Bit Kodları (<i>Bit-by-bit Codes</i>) | 96 |
| 3.11.2. Blok Kodları (<i>Block Codes</i>) | 102 |
| 3.11.3. İlişkili Kodlama (<i>Correlative Coding</i>) | 103 |
| 3.11.4. İlişkili Kodlamanın Genelleştirilmiş Biçimi (<i>Generalized Form of Correlative Coding</i>) | 111 |
| 3.11.5. Hat Kodu Seçim Kriterleri (<i>Criteria for Choosing Line Codes</i>) | 112 |
| 3.12. Veri İletim Türleri (<i>Data Transmission Types</i>) | 114 |
| 3.13. İletim Ortamından Kaynaklanan İstenmeyen Etkenler (<i>Undesired Effects Created by the Transmission Medium</i>) | 119 |
| 3.14. Özet | 122 |
| 3.15. Sorular | 122 |

| | |
|--|------------|
| Bölüm 4: VERİ İLETİŞİM HİZMETLERİ | 125 |
| <i>(Data Communication Services)</i> | |
| 4.1. SMDS Hizmeti <i>(Switched Multimegabit Data Services)</i> | 125 |
| 4.2. X.25 Ağı <i>(X.25 Network)</i> | 128 |
| 4.3. Çerçeve İletimi <i>(Frame Relay)</i> | 130 |
| 4.4. Tümüleşik Hizmetler Sayısal Ağı | 130 |
| <i>(ISDN: Integrated Services Digital Networks)</i> | |
| 4.4.1. ISDN'nin Tanımı <i>(Definition of ISDN)</i> | 134 |
| 4.4.2. ISDN Standartları <i>(ISDN Standards)</i> | 134 |
| 4.4.3. ISDN'nin İlkeleri <i>(Principles of ISDN)</i> | 135 |
| 4.4.4. ISDN'nin Evrimi <i>(Evolution of ISDN)</i> | 136 |
| 4.4.5. ISDN'de Hizmet Kavramı <i>(Service Concept in ISDN)</i> | 136 |
| 4.4.6. Kullanıcının ISDN Hizmetlerine Erişimi | 138 |
| <i>(User Access to ISDN Services)</i> | |
| 4.4.7. ISDN'de Kullanılan Kanallar ve Kanal Yapıları | 141 |
| <i>(Channels and Channel Structures Used in ISDN)</i> | |
| 4.4.8. LAPD Protokolü Çerçeve Yapısı | 144 |
| <i>(Frame Structure of the LAPD Protocol)</i> | |
| 4.4.9. ISDN'de Devre Anahtarlama Çağrı Kurma ve Çözme Senaryosu | 145 |
| <i>(Circuit Switched Call Setup and Release Scenarios in ISDN)</i> | |
| 4.4.10. ISDN ve BISDN'de Uygulama Örnekleri | 145 |
| <i>(Application Examples of ISDN and BISDN)</i> | |
| 4.4.11. ISDN'de Uyarlama ve Ağlararası İletişim | 148 |
| <i>(Adaptation and Internetworking in ISDN)</i> | |
| 4.5. ATM ve BISDN Hizmetleri <i>(ATM and BISDN Services)</i> | 149 |
| 4.5.1. ATM'nin Tanımı <i>(Definition of ATM)</i> | 149 |
| 4.5.2. ATM'de Hücre Yapısı <i>(Cell Structure in ATM)</i> | 149 |
| 4.5.3. Eşzamanlı ve Eşzamanlı Olmayan İletimin Karşılaştırılması | 150 |
| <i>(Comparison of Synchronous and Asynchronous Transmission)</i> | |
| 4.5.4. BISDN'de ATM Kullanılmasının Nedenleri | 150 |
| <i>(Reasons Why ATM is Used in BISDN)</i> | |
| 4.5.5. BISDN Hizmetleri <i>(BISDN Services)</i> | 150 |
| 4.5.6. BISDN'in ATM Başvuru Modeli | 152 |
| <i>(ATM Reference Model of BISDN)</i> | |
| 4.5.7. ATM Hizmet Sınıfları <i>(ATM Service Classes)</i> | 159 |
| 4.5.8. ATM'de Hizmet Kalitesi ve Trafik Özellikleri | 162 |
| <i>(Quality of Service and traffic Attributes in ATM)</i> | |
| 4.5.9. ATM-LAN Emülasyonu <i>(ATM-LAN Emulation)</i> | 164 |
| 4.5.10. İletişim Hizmet Sınıflarının Karşılaştırılması | 165 |
| <i>(Comparison of Communication Services)</i> | |
| 4.6. Özet | 166 |
| 4.7. Sorular | 166 |

| | |
|---|------------|
| Bölüm 5: FİZİKSEL KATMAN (<i>Physical Layer</i>) | 169 |
| 5.1. Fiziksel Katman Standartları (<i>Physical Layer standards</i>) | 169 |
| 5.1.1. RS-232-C Arayüzü (<i>RS-232-C Interface</i>) | 169 |
| 5.1.2. RS-449 Arayüzü (<i>RS-449 Interface</i>) | 172 |
| 5.1.3. X.21 Arayüzü (<i>X.21 Interface</i>) | 174 |
| 5.1.4. ISDN Arayüzü (<i>ISDN Interface</i>) | 174 |
| 5.1.5. V.35 Arayüzü (<i>V.35 Interface</i>) | 176 |
| 5.2. İletim Ortamı Türleri (<i>Types of Transmission Medium</i>) | 176 |
| 5.3. Özet | 181 |
| 5.4. Sorular | 181 |
| | |
| Bölüm 6: VERİ BAĞI KATMANI (<i>Data Link Layer</i>) | 183 |
| 6.1. Veri Bağı Katmanının Görevleri (<i>Functions of the Data Link Layer</i>) | 183 |
| 6.2. Ağ Katmanına Verilen Hizmetler (<i>Services Given to the Network Layer</i>) | 184 |
| 6.3. Çerçeveleme Yöntemleri (<i>Framing Methods</i>) | 187 |
| 6.4. Akış Denetim Yöntemleri (<i>Flow Control Methods</i>) | 190 |
| 6.4.1. Dur ve Bekle Protokolü (<i>Stop-and-Wait Protocol</i>) | 191 |
| 6.4.2. Kayan Pencere Protokolları (<i>Sliding Window Protocol</i>) | 195 |
| 6.5. Hata Denetim Yöntemleri (<i>Error Control Methods</i>) | 199 |
| 6.5.1. Hata Sezme Yöntemleri (<i>Error Detection Methods</i>) | 200 |
| (1) Eşlik Denetimi (<i>Parity Control</i>) | 201 |
| (2) Boyuna Fazlalık Sınaması (<i>Longitudinal Redundancy Check</i>) | 201 |
| (3) Çevrimli Fazlalık Sınaması (<i>Cyclic Redundancy Check</i>) | 202 |
| 6.5.2. Hata Düzeltme Yöntemleri (<i>Error Correction Methods</i>) | 207 |
| (1) Geriye Doğru Hata Düzeltme Yöntemleri (<i>Backward Error Correction Methods</i>) | 207 |
| (2) İleriye Doğru Hata Düzeltme Yöntemleri (<i>Forward Error Correction Methods</i>) | 217 |
| 6.5.3. İletişim Kanalının Başarımı (<i>Performance of a Communication Channel</i>) | 222 |
| 6.6. Veri Bağı Katmanı Örnekleri (<i>Data Link Layer Examples</i>) | 225 |
| 6.6.1. HDLC Protokolü (<i>HDLC Protocol</i>) | 225 |
| 6.6.2. İnternet'te Kullanılan Veri Bağı Protokolları (<i>Data Link Layer Protocols Used in the Internet</i>) | 231 |
| 6.6.3. İnternet Bağlantısının Kurulması (<i>Establishing the Internet Connection</i>) | 232 |
| 6.7. Özet | 233 |
| 6.8. Sorular | 234 |

| | |
|---|------------|
| Bölüm 7: ORTAMA ERİŞİM ALT KATMANI | 241 |
| <i>(Medium Access Control Sublayer)</i> | |
| 7.1. Yayın Ağlarında Kullanılan Kanal Atama Yöntemleri | 242 |
| <i>(Channel Allocations Methods Used in Broadcast Networks)</i> | |
| 7.1.1. Statik Kanal Atama Yöntemleri | 242 |
| <i>(Static Channel Allocations Methods)</i> | |
| 7.1.2. Dinamik Kanal Atama Yöntemleri | 243 |
| <i>(Dynamic Channel Allocations Methods)</i> | |
| 7.2. Çoklu Erişim Protokolları | 243 |
| <i>(Multiple Access Protocols)</i> | |
| 7.2.1. ALOHA | 244 |
| 7.2.2. Taşıyıcı Sezmeli Çoklu Erişim Protokolları | 245 |
| <i>(CSMA: Carrier Sense Multiple Access Protocols)</i> | |
| 7.2.3. Çarpışmasız Protokollar | 247 |
| <i>(Collision-Free Protocols)</i> | |
| 7.2.4. Sınırlı Çekişmeli Protokollar | 249 |
| <i>(Limited Contention Protocols)</i> | |
| 7.2.5. Diğer Çoklu Erişim Protokolları | 252 |
| <i>(Other Multiple Access Protocols)</i> | |
| 7.3. Özet | 253 |
| 7.4. Sorular | 253 |
| | |
| Bölüm 8: AĞ AYGITLARI | 255 |
| <i>(Network Devices)</i> | |
| 8.1. Tekrarlayıcılar | 256 |
| <i>(Repeaters)</i> | |
| 8.2. Bağlantı Kutuları | 257 |
| <i>(Passive Hubs)</i> | |
| 8.3. Köprüler | 258 |
| <i>(Bridges)</i> | |
| 8.3.1. Köprülerin Kullanım Yerleri | 258 |
| <i>(Uses of Bridges)</i> | |
| 8.3.2. Köprü Türleri | 259 |
| <i>(Types of Bridges)</i> | |
| (1) Şeffaf Köprüler | 259 |
| <i>(Transparent Bridges)</i> | |
| (2) Kaynaktan Yönlendirmeli Köprüler | 262 |
| <i>(Source Routing Bridges)</i> | |
| (3) Çevirici Köprüler | 264 |
| <i>(Translating Bridges)</i> | |
| (4) Uzak Bağlantı Köprüleri | 265 |
| <i>(Remote Bridges)</i> | |
| 8.3.3. Köprü Kurmada Karşılaşılan Uyum Sorunları | 266 |
| <i>(Problems Encountered in Building Bridges)</i> | |
| 8.3.4. Köprülerin Başarım Kriterleri | 269 |
| <i>(Performance Criteria for the Bridges)</i> | |
| 8.3.5. FDDI Halkasının Omurga Olarak Kullanılması | 269 |
| <i>(Using FDDI Ring as a Backbone)</i> | |
| 8.4. LAN Anahtarları | 271 |
| <i>(LAN Switches)</i> | |
| 8.5. Yönlendiriciler | 272 |
| <i>(Routers)</i> | |
| 8.5.1. Yönlendirme Türleri | 273 |
| <i>(Types of Routing)</i> | |
| 8.5.2. Yönlendiriciler ile Köprüler Arasındaki Farklar | 274 |
| <i>(Differences between Routers and Bridges)</i> | |
| 8.5.3. Yönlendirme Algoritmaları | 274 |
| <i>(Routing Algorithms)</i> | |
| (1) Statik Yönlendirme Algoritmaları | 277 |
| <i>(Static Routing Algorithms)</i> | |
| (A) En Kısa Yol Algoritmaları | 277 |
| <i>(Shortest Path Algorithms)</i> | |

Bilgisayar Ağları

| | |
|---|------------|
| (B)Su Baskını Algoritması (<i>Flooding Algorithm</i>) | 284 |
| (C)Rasgele Yönlendirme Algoritması (<i>Random Routing Algorithms</i>) | 285 |
| (D)Trafik Akışına Dayalı Yönlendirme Algoritması (<i>Flow-based Algorithm</i>) | 287 |
| (2) Dinamik Yönlendirme Algoritmaları (<i>Dynamic Routing Algorithms</i>) | 287 |
| (A)Uzaklık Vektörü Algoritması (<i>Distant Vector Algorithm</i>) | 287 |
| (B)Bağlantı Durumu Algoritması (<i>Link State Algorithm</i>) | 291 |
| 8.5.4. Tünel Açma (<i>Tunneling</i>) | 292 |
| 8.6. Birleşik Köprü ve Yönlendiriciler (<i>Brouters</i>) | 293 |
| 8.7. 3. Katman Anahtarları (<i>Layer-3 Switches</i>) | 293 |
| 8.8. Geçityolları (<i>Gateways</i>) | 294 |
| 8.9. Özet | 294 |
| 8.10. Sorular | 295 |
| KAYNAKLAR | 299 |
| DİZİN | 305 |

Önsöz

Bu kitabı, bilgisayar ağları ve veri iletişimi konularında eğitim gören öğrencilerimize ve bu konularda çalışan meslektaşlarıma yardımcı olmak amacıyla hazırladım.

Kitabın içeriği bir dönemlik ders olarak verilebilecek şekilde seçilmiştir. Ancak, bir dönem içinde tüm konuları incelemek için yeterli zaman bulunamazsa, bazı konular bilgi edinmeleri için öğrencilere okuma ödevi olarak verilebilir. Okuma ödevi olarak verilebilecek konulardan bazıları, Paragraf 2.8'deki ağ örnekleri, Paragraf 3.11'deki hat kodlama yöntemlerinden bazıları, Paragraf 4.5.8'deki ATM'de hizmet kalitesi ve trafik özellikleri, Paragraf 6.6'daki veri bağı katmanı örnekleri olarak düşünülebilir. Edinilen bilgileri pekiştirmek amacıyla, her konunun sonuna sorular bölümü eklenmiştir. Öğrencilere bu soruları yanıtlamalarını öneririm.

Sekiz bölümden oluşan bu kitapta, ağırlıklı olarak, OSI başvuru modelinin ilk üç katmanına ilişkin konular işlenmiştir. Birinci bölümünde, bilgisayar ağlarının sınıflandırılmasına ve ağ türlerinin tanıtılmasına yer verilmiştir. İkinci bölümde, ağ mimarisinin temel kavramları, OSI ve TCP/IP modelleri, ağ örnekleri ve ağ standartlaştırması konuları ele alınmıştır. Üçüncü bölüm veri iletişiminin temel konularını kapsamaktadır. Dördüncü bölümde veri iletişimde kullanılan SMDS, X.25, FR, ISDN, BISDN, ATM gibi iletişim hizmetleri tanıtılmaktadır. Beşinci bölüm OSI başvuru modelinin 1. katmanı olan fiziksel katmanın bilgisayar ağlarına ilişkin yaygın olarak kullanılan uluslararası standartlar ile iletim ortamı türlerini kapsamaktadır. Altıncı bölümde OSI başvuru modelinin 2. katmanı olan veri bağı katmanının çalışması tanıtılmış; çerçeveleme, akış denetimi, hata denetimi konuları işlenmiş ve veri bağı katmanına ilişkin protokol örnekleri verilmiştir. Yedinci bölümde yayın ağlarında kullanılan ve 2. katmanın altkatmanı olan ortama erişim denetim (*MAC*) altkatmanında kullanılan çoklu erişim yöntemleri tanıtılmıştır. Sekizinci bölümde tekrarlayıcılar, bağlantı kutuları, köprüler, LAN anahtarları, yönlendiriciler, birleşik köprü ve yönlendiriciler, 3. katman anahtarları ve geçit yolları gibi ağ aygıtları tanıtılmış ve temel yönlendirme algoritmalarına yer verilmiştir.

Kitabın İngilizce eğitim veren okullarda yardımcı kaynak olarak kullanılabilmesi düşüncesiyle teknik terimlerin ve bazı tanımlamaların İngilizce karşılıkları da verilmiştir.

Kitabın meslektaşlarıma ve öğrencilerimize yararlı olmasını diler, kitapta karşılaşılabilecek hataların düzeltilmesi ve eksikliklerin giderilmesi konusunda okuyucuların önerilerini beklerim.

Dr. B. Demir Öner

Okuyucumuza,

- Bilginin ve bilimsel yayınların kaynağı olmayı hedeflemiş olan Papatya Yayıncılık, eserlerinde hem içerik hem de Türk Dili açısından olması gereken çabayı göstermeye gayret etmektedir.
- Basımına karar verilmiş olan eserler hem içerik hem de Türk Dili açısından incelenilmekte ve olabildiğince daha iyi eserler ortaya çıkartılmaktadır.
- Elinizdeki eser bilgisayar ağları (*computer networks*) konusunda yayınevimiz tarafından çıkarılan altıncı kitap olup üniversite öğrencileri ve profesyonel iş yaşamı hedeflenmiştir.
- Kitap içerisindeki metinlerde gerek sözcük gerekse cümle bazında bolca İngilizce karşılıklar da verilmiştir. Amacı, okuyucuya hem İngilizce hem de Türkçe karşılıklarının neler olduğunu vurgulamak ve böylesi Türkçe bir eserin İngilizce eğitim yapan yüksek öğretim kurumlarında da kaynak kitap olmasını sağlamaktır.
- Bilgi ve bilgiye erişim çağında daha nitelikli bireyler olmamız dileğiyle,

Papatya Yayıncılık
Eğitim A.Ş.

1.

Bilgisayar Ağlarına Giriş *Introduction to Computer Networks*

Aralarında elektriksel bağlantı olan bağımsız bilgisayarlar topluluğuna **bilgisayar ağı** denir. (*An interconnected collection of autonomous computers is called a computer network*). Burada bilgisayarların bağlantılı (*interconnected*) olmaları, aralarında bilgi alışverişi (*information exchange*) yapabildikleri anlamına gelir. Bilgisayarlar arasındaki bağlantı, bakır tel üzerinden olabileceği gibi, fiber optik kablolar, radyo link sistemleri, haberleşme uyduları ve kısa mesafeler için kızılötesi iletişim sistemleri ya da radyo dalgaları ile haberleşen iletişim sistemleri üzerinden de sağlanabilir.

Bilgisayarların bağımsız (*autonomous*) olmaları, başka bilgisayarların denetimi altında olmadıkları anlamını taşır. Eğer bir bilgisayar başka bir bilgisayar tarafından başlatılıp, durdurulabiliyorsa ve denetlenebiliyorsa (*master-slave relation: usta-yamak ilişkisi*), bu bilgisayar bağımsız değildir. Bir denetim ünitesinden ve bir çok bağımlı bilgisayardan oluşan bir sistem ya da bir çok uzak terminal ve yazıcıdan oluşan bir sistem bilgisayar ağı değildir.

Dağıtılmış sistem (*distributed system*) ile bilgisayar ağları arasında bazı farklar vardır. Bunlar arasında en önemlisi, dağıtılmış sistemlerde birden çok işlemcinin (bağımsız bilgisayar), kullanıcı için şeffaf (kullanıcıya görünmez) olmasıdır. Kullanıcı bir komut yazdığı anda, isteği yerine getirilir. Bunun için en uygun işlemcinin seçilmesi, giriş dosyalarının bulunması, bu işlemciye aktarılması ve sonuçların uygun yerlere konulması işletim sisteminin işidir. Bu işlemler otomatik olarak yapılır. Başka bir deyişle, dağıtılmış sistem kullanıcısı birden çok işlemci olduğunun farkına varmaz; sistemi tek bir işlemci olarak görür. Oysa, bir ağ içinde, kullanıcılar bir makineye açıkça bağlanırlar ve yapılacak işi açıkça verirler, dosyaları açıkça istedikleri yere taşırlar ve ağı kişisel olarak yönetebilirler. Dağıtılmış sistemde, hiç bir işlem açık olarak yapılmaz; bütün işlemler kullanıcının bilgisi dışında otomatik olarak yapılır. [TANENBAUM-1996, 2003]

Aslında, dağıtılmış bir sistem ağ üzerine kurulmuş bir yazılım sistemidir. Gerek dağıtılmış sistemler gerekse bilgisayar ağları veri iletimi yaparlar; ancak, fark işlemi kimin başlattığındadır; sistem ya da kullanıcı. Biz bu kitapta, işlemlerin kullanıcı tarafından başlatıldığı ve denetlendiği bilgisayar ağları konusunu inceleyeceğiz.

1.8. Özet

Günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan bilgisayar ağları, şirketler için kaynak paylaşımı, haberleşme ortamı ve e-ticaret olanağı sağladığı gibi büyük bilgisayar sistemlerine göre maliyet, güvenilirlik ve ölçeklenebilirlik yönünden avantajlıdır; kişisel kullanıcılar için uzaktaki bilgiye erişim, haberleşme ve etkileşimli eğlence olanağı sağlar. Bilgisayar ağları, kullanılan iletim teknolojisine göre yayın ağları (LAN, MAN ve uydu ağları) ve noktadan-noktaya ağlar (WAN ve bağlantılı ağlar) olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Öte yandan, fiziksel boyutlarına göre küçükten büyüğe doğru LAN, MAN, WAN ve bağlantılı ağlar (*internetworks*) olmak üzere dört sınıf altında toplanırlar. LAN'larda ortak yol, halka ve yıldız olmak üzere üç tür bağlantı kullanılmaktadır. MAN'larda iki veriyolu içeren DQDB mimarisi kullanılır. WAN'larda yıldız, halka, ağaç, tam bağlantı, kesişen halkalar ve düzensiz bağlantı türleri kullanılabilir. Yayın ağlarında en önemli konu çok sayıda kullanıcının tek olan iletim ortamına erişmeleri ve verilerini çerçeveler halinde göndermeleridir; kullanıcıların iletim ortamına erişimi MAC protokolu tarafından sağlanır. WAN'lar altağ (*subnet*) ve ağa bağlı bilgisayarlardan oluşur. Altağ ise, yönlendiricileri ve bunları birbirlerine bağlayan iletim hatlarını içerir. Yönlendiriciler "paket anahtarlama düğümleri (*packet switching nodes*)" olarak da bilinmektedir. Bağlantılı ağlara iletişime en yaygın örnek olarak İnternet'i gösterebiliriz. Radyo dalgaları ya da kızılötesi ışın kullanarak iletim yapan ağlara kablosuz ya da telsiz ağlar (*wireless networks*) denir. Kızılötesi ışın ile yapılan iletişim birbirlerini gören ve aralarında kısa mesafeler olan alıcı ve vericiler arasında kullanılabilir.

1.9. Sorular

- 1.9.1) Bilgisayar ağı nedir? Kısaca tanımlayınız.
- 1.9.2) Kullanıcı/Sunucu modeli (*Client/Server model*) nedir? Kısaca tanımlayınız.
- 1.9.3) Ölçeklenebilirlik (*scalability*) nedir? Kısaca tanımlayınız.
- 1.9.4) Bilgisayar ağlarını iletim teknolojilerine göre hangi sınıflara ayırabiliriz? Adlarını yazınız.
- 1.9.5) Bilgisayar ağlarını fiziksel boyutlarına göre hangi sınıflara ayırabiliriz? Adlarını yazınız.
- 1.9.6) LAN bağlantı türlerinin şekillerini çizin ve adlarını yazınız.
- 1.9.7) Ortak yol (*common bus*) bağlantılı LAN'larda kullanılan fiziksel düzenleşim türlerini çizin ve adlarını yazınız.
- 1.9.8) Yayın türü ağlarda bilgisayarların ortama erişim yöntemlerini kısaca tanımlayınız.
- 1.9.9) Sonlandırma direnci (*terminating resistor*) hangi tür bilgisayar ağlarında ve ne amaçla kullanılır? Uygun sonlandırma ne demektir? Uygun sonlandırma yapılmaması durumunda nasıl bir sorunla karşılaşılır? Kısaca açıklayınız.
- 1.9.10) CSMA/CD erişim protokolunun kullanıldığı LAN'ların tasarımında bir çerçevenin kaynaktan gönderilme süresinin (iletim ortamına aktarılma süresinin), çerçevenin ağın en uzak noktasına gidiş-dönüş yayılma süresi olarak tanımlanan 2τ 'dan büyük seçilmesinin nedenini kısaca açıklayınız.

- 1.9.11) 10 Mbps hızında çalışan ve uzunluğu 2500 m olan ortak yol türü bir LAN'da CSMA/CD erişim yöntemi kullanılıyor. Elektriksel işaretin ağdaki yayılma hızını $v = 97.65625 \text{ m}/\mu\text{s}$ varsayarak, bilgisayarların bir çarpışmayı sezdikleri zaman bu çarpışmanın göndermekte oldukları çerçeve ile ilgili olduğunu anlayabilmeleri için en az çerçeve uzunluğunun kaç byte olması gerektiğini hesaplayınız (1 byte = 8 bit). **Yanıt:** 64 byte
- 1.9.12) WAN'larla ilgili aşağıdaki soruları kısaca yanıtlayınız.
- WAN'ın fiziksel boyutlarını belirtiniz.
 - WAN'larda kullanılan iletim yönteminin adını yazınız.
 - WAN'larda genellikle kullanılan anahtarlama yönteminin adını yazınız.
 - Altağ (*subnet*) hangi öğelerden oluşur? Adlarını yazınız.
 - WAN ile "*subnet*" arasındaki farkı kısaca belirtiniz.
 - TCP/IP protokolunu kullanan ilk ağın adını yazınız.
- 1.9.13) 1 Gbps hızında çalışan ve 625 byte uzunluğunda çerçeveler kullanan bir CSMA/CD ağda, elektriksel işaret hızının 200 000 km/saniye olduğunu ve tekrarlayıcı kullanılmadığını varsayarak, ağ kablosunun en çok kaç metre olabileceğini hesaplayınız. **Yanıt:** 500 m.
- 1.9.14) Sonlandırma direnci (*terminating resistor*) ile ilgili aşağıdaki soruları yanıtlayınız.
- Sonlandırma direnci iletim türüne göre hangi tip ve hangi bağlantı türündeki (topolojideki) ağlarda kullanılır?
 - Uygun sonlandırma için sonlandırma direncinin değeri nasıl seçilir?
 - Uygun sonlandırma yapılmaması durumunda nasıl bir sorunla karşılaşılır?

2.

Ağ Mimarisi Temelleri

Basics of Network Architecture

Tasarımın karmaşıklığını azaltmak için ağ mimarisi katmanlardan oluşan bir yapıda düzenlenir. Böylece, iletişimin yapılabilmesi için gerekli işlemler belirli sayıdaki katmanlar arasında paylaştırılmış olur; dolayısıyla her katman bağımsız olarak geliştirilebilir. Katmanlı ağ yapısında her katman kendisi ile eşdüzeyde olan diğer taraftaki katmanla haberleşir; kendi alt katmanından hizmet (*service*) alırken üstünde bulunan katmana hizmet verir.

2.10. Özet

Ağ tasarımının karmaşıklığını azaltmak için ağ mimarisi katmanlı bir yapıda tasarlanır. Katmanlı ağ yapısında, karşılıklı haberleşen iki bilgisayarın mimari yapısındaki katmanlar görevlerini yürütebilmek için kendileriyle eşdüzeyde olan katmanlarla iletişim kurarlar; her katman kendi alt katmanından hizmet alır ve kendi üst katmanına hizmet verir. Eşdüzey katmanların karşılıklı haberleşmelerini tanımlayan kurallar topluluğuna eşdüzey protokollar denir. Ağı oluşturan katmanlar ve bu katmanların kullandıkları protokollar ağ mimarisini tanımlar. Eşdüzey protokollar eşdüzey öğeler arasında gönderilen protokol veri birimleri (PDU) ile taşınırlar. Aynı bilgisayarın iki bitişik katmanı arasındaki ortama arayüz denir. İki bitişik katman arasındaki hizmet alışverişi hizmet ilkelleri adı verilen komutlar tarafından yürütülür. Katmanlar, bir üst katmanlarına bağlantılı ve bağlantısız olmak üzere iki tür hizmet verebilir. Bağlantılı hizmet, bağlantı kurma, kurulan bağlantı üzerinden veri gönderme ve bağlantı çözme olmak üzere üç aşamadan oluşur. Bağlantılı hizmet veren ağlara devre anahtarlamalı ağlar denir. Bağlantısız hizmetlerde, uzun mesajlar paket adı verilen kısa veri birimleri haline getirilir; her paket gönderici ve alıcı adresleri ile denetim bilgilerini taşır ve varış adresine diğer paketlerin gittiği yoldan bağımsız olarak gider. Art arda gönderilen paketler alıcıya farklı gecikmelerle ve farklı sırada ulaşabilirler. Bağlantısız hizmet veren ağlara paket anahtarlamalı ağlar denir. Bağlantılı paket anahtarlamalı hizmet vermek için kurulan iletişim kanalı ise sanal kanal/devre olarak tanımlanır.

Ağ mimarisini tanımlayan iki model vardır: OSI başvuru modeli ve TCP/IP modeli. OSI, ISO tarafından geliştirilmiş ve ITU-T tarafından kabul edilmiştir; 7 katmandan oluşur. TCP/IP modeli ise, standart bir başvuru modeli olarak yayınlanmamış olup ARPANET protokol yapısının incelenmesi sonucunda elde edilmiştir.

Ağ sistemlerinin üreticiden bağımsız olarak uyum içinde çalışabilmeleri için bu sistemlere ilişkin uluslararası ve ulusal standartların tanımlanması, yayınlanması ve bu standartlara uyulması gerekir. Standartlaştırma tasarımcıya, üreticiye ve tüketiciye yardımcı olduğu gibi ekonominin de gelişmesini sağlar. Önemli ağ standartlaştırma kurumları arasında ITU-T, ISO, IEEE ve IAB bünyesindeki IERF ile IETF'yi sayabiliriz.

2.11. Sorular

- 2.11.1) Ağ mimarisi nedir? Kısaca tanımlayınız.
- 2.11.2) Protokol (protocol) ve eşdüzey protokol (peer protocol) nedir? Kısaca tanımlayınız. OSI başvuru modelindeki eşdüzey protokolların adlarını yazınız.
- 2.11.3) Hizmet veri birimi (*SDU: Service Data Unit*) nedir? Kısaca tanımlayınız.
- 2.11.4) Protokol veri birimi (*Protocol Data Unit*) nedir? Kısaca tanımlayınız.
- 2.11.5) Bağlantılı hizmeti (*connection oriented service*) ve bağlantısız hizmeti (*connectionless service*) kısaca tanımlayınız. Bu hizmetlerin uygulamadaki avantajlı ve dezavantajlı yönlerini kısaca belirtiniz.
- 2.11.6) “Bağlantılı”, “bağlantısız”, “alındılı”, “alındısız”, “iletişim kanalı”, “devre anahtarlama hizmeti” ve “paket anahtarlama hizmeti” kavramlarından sadece uygun olanlarını kullanarak, aşağıdakileri birer cümle ile tanımlayınız.
 - a. Sanal devre (*Virtual Circuit*)
 - b. Datagram hizmeti (*Datagram service*).
- 2.11.7) Hizmet ilkellerinin (*service primitives*) adlarını yazınız ve bu ilkellerin katmanlar arasında iletilmelerini şekil çizerek açıklayınız.
- 2.11.8) Doğrulmalı (*confirmed*) ve doğrulamasız (*unconfirmed*) hizmetlerde hangi hizmet ilkelleri (*service primitives*) kullanılır? Adlarını yazınız.
- 2.11.9) Aşağıdaki bağlantılı iletişim aşamalarından her biri için, “doğrulmalı”, “doğrulamasız”, “doğrulmalı ya da doğrulamasız” ya da “hiçbiri” şeklinde yanıt vererek, hangi hizmet türünü kullanabileceklerini belirtiniz.
 - a. Bağlantı kurma aşaması
 - b. Veri iletimi aşaması
 - c. Bağlantı çözme aşaması.
- 2.11.10) Alındılı *datagram* hizmetinin (*acknowledged datagram service*) sayısal ses ve sayısal görüntü iletiminde neden kullanılmadığını kısaca açıklayınız.
- 2.11.11) OSI ve TCP/IP modellerini yanyana çizin ve katman isimlerini yazınız.
- 2.11.12) OSI başvuru modelinde 2.katmanın adını ve görevlerinden 6’sını yazınız.
- 2.11.13) OSI başvuru modelinde 3. katmanın adını yazınız ve görevlerini kısaca tanımlayınız.

Bilgisayar Ağları

- 2.11.14) Ağ aygıtları, genel olarak, OSI'nin ilk üç katmanında tanımlı işlevlere sahiptir. Bunun nedenlerini açıklayınız.
- 2.11.15) Ağ protokollarının uluslararası standartlarda tanımlanmasının avantajlı yönlerinden üçünü ve dezavantaj olarak görülebilen iki yönünü yazınız.
- 2.11.16) ITU-T ile ilgili aşağıdaki soruları kısaca yanıtlayınız.
- ITU-T'nin açık adını ve ilgi alanını yazınız.
 - ITU-T'nin üyelik sınıflarını yazınız.
 - ITU-T önerilerine uyulması zorunludur. Bu önerilere uyulmaması ne gibi sonuçlar doğurabilir?

3.

Veri İletişimi Temelleri

Basics of Data Transmission

Bir iletişim sisteminin amacı bilgiyi “kaynak” adı verilen bir noktadan “varış” adı verilen başka bir noktaya iletmektir. Telefon, radyo, televizyon sistemleri ve bilgisayar ağları en yaygın kullanılan iletişim sistemleridir. Diğer örnekler ise telsiz, radar, teletre ve faksimile gibi uygulamalardır.

Bu bölümde veri iletişimine ilişkin temel kavramları, veri iletişiminin türlerini ve iletişim ortamından kaynaklanan kısıtlamaları inceleyeceğiz.

3.14. Özet

Bir iletişim sisteminin amacı bilgiyi kaynak adı verilen bir noktadan varış adı verilen diğer noktaya iletmektir. Bilgi analog ya da sayısal işarete dönüştürüldükten sonra analog ya da sayısal iletişim sistemleri üzerinden iletilir. Sayısal iletişimin çeşitli üstünlükleri vardır. Gönderilen işarete önemli bir bilgi kaybı olmaması için, analog iletişimde, işaretin bantgenişliği sistemin bantgenişliğinden fazla olmamalıdır, sayısal iletişimde işaretin iletim hızı sistemin kanal kapasitesini aşmamalıdır. Bir analog işareti sayısal işarete dönüştürmek için ilk adım analog işareten uygun aralıklarda örnekler almaktır. Buna örnekleme denir. Örnekleme sonucunda elde edilen işarete örneklenmiş işaret adı verilir. Alınan örnekler çeşitli modülasyon yöntemleri kullanarak gönderilebilir. Örnekler belirli gerilim seviyelerine oturtulduktan sonra (*quantization*) her seviye ikili sayı ile kodlanırsa PCM işareti elde edilir.

Bir iletim ortamının iletim kapasitesini birden fazla kullanıcı arasında paylaştırarak aynı iletim ortamından aynı anda birden fazla iletişim olanağı sağlanmasına çoğullama denir. Çoğullama yöntemleri arasında en yaygın kullanılanları zaman bölüşümlü çoğullama (TDM) ve frekans bölüşümlü çoğullama (FDM). Eşzamanlı olmayan TDM yöntemi aynı zamanda istatistiksel çoğullama olarak da bilinir.

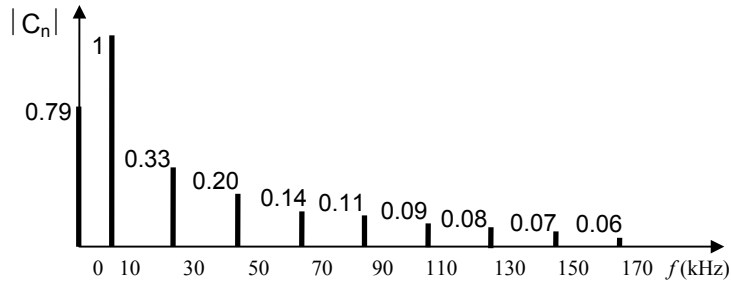
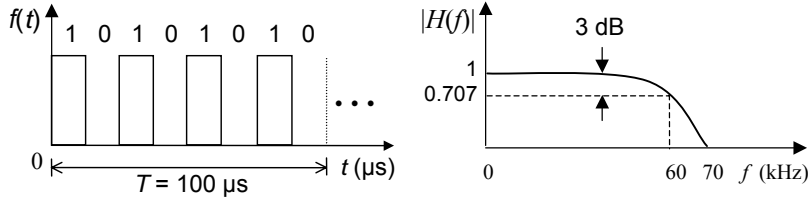
Kodlama, bilginin tanımlanmış semboller kümesi ile gösterilmesidir. Analog bilginin kodlanmasında kullanılan en yaygın yöntem ikili kodlamadır. Metin iletiminde genellikle ASCII kodu kullanılır.

Hat kodlaması, gönderilecek işaretin spektrumunu iletim ortamının özelliklerine uygun biçime getirerek iletişimin ortamındaki gürültü, zayıflama, bozulma ve girişim gibi bozucu etkenlerden daha az etkilenmesini sağlamak amacıyla uygulanır. Ayrıca, hat kodlaması gönderilen işarete zamanlama içeriği ve hata gözleme yeteneği kazandırır. Hat kodları, bit kodları, blok kodları ve ilişkili kodlama olmak üzere üç sınıfa ayrılır.

3.15. Sorular

3.15.1) Bir bilgisayar çıkışındaki işaret Şekil-3.40 (a)'da gösterilmiştir. Sekiz bitten oluşan bir karakter 100 μ s'de gönderiliyor. Gönderilen sayısal işaretin genlik spektrumu Şekil-3.40 (b)'de, işaretin gönderilmesinde kullanılan iletim ortamının frekans karakteristiği Şekil 3.40 (c)'de verilmiştir. Şekiller üzerindeki verilerden yararlanarak,

- Sayısal işaretin temel frekansı (1. harmonik frekansı) f_0 'ı bulunuz.
- Sayısal işaretin bantgenişliği (1. harmoniğin %10'undan büyük genlikli frekans bileşenleri için) B_g 'yi bulunuz.
- Sayısal işaretin iletim hızı R 'yi bulunuz.
- İletim ortamının 3 dB bantgenişliği B_{3dB} 'yi bulunuz.
- Sayısal işaret iletim ortamından geçtikten sonraki (alıcı girişindeki) işaretin bantgenişliği B_a 'yı bulunuz.
- Alıcıya ulaşan işaretin en yüksek frekans değerine sahip frekans bileşeni işaretin kaçınıcı harmoniğidir?



Şekil-3.40.

Yanıt: (a) 10 kHz; (b) 90 kHz; (c) 80 kbps; (d) 60 kHz; (e) 50 kHz; (f) 5. harmonik.

3.15.2) Bir sayısal iletişim 4 sembolü (4 düzeyli) bir işaret ile yapılıyor. Her sembol 10 μ s'lik bir sembol aralığında gönderiliyor. Sembollerin gönderilme olasılıkları $P_1=1/8$, $P_2=1/2$, $P_3=1/4$ ve $P_4=1/8$ olarak veriliyor.

- (a) İşaretin sembol hızını bulunuz.
- (b) İşaretin ortalama bilgi içeriğini bulunuz.
- (c) 4 düzeyli işareti göndermek için kullanılacak iletim ortamının bantgenişliğini ve minimum kanal kapasitesini bulunuz.
- (d) İşareti ikili sayı ile kodladıktan sonra gönderirsek, bu durumda kullanılacak iletim ortamının bantgenişliğini ve minimum kanal kapasitesini bulunuz.

Yanıt: (a) 100.000 sembol/s; (b) 1.75 bit / aralık; (c) 100 kHz, 175 kbps; (d) 200 kHz, 175 kbps.

3.15.3) Bir faks iletişiminde, bir sayfa resim iletmek için 420 000 resim elemanına (*pixel*) gereksinim duyuluyor. İyi bir görüntü için her resim elemanı için 16 parlaklık seviyesi tanımlanıyor. Faks aygıtının modemi 9600 bps hızında çalışıyor.

- (a) Bir sayfa faks mesajının maksimum bilgi içeriğini bulunuz.
- (b) Bir sayfa faks mesajını gönderilmesi ne kadar zaman alır? Hesaplayınız.

Yanıt: (a) 1,68 Mbit/sayfa; (b) 175 s.

3.15.4) 4 kHz ile bantsınırlı bir ses işareti Nyquist hızında örneklendikten sonra 256 düzeyli bir işaret haline getiriliyor (*quantization*).

- (a) Örnekleme hızı f_s 'yi ve örnekleme aralığı T_s 'yi bulunuz.
- (b) Düzeylerin eşit olasılıkla gönderildiğini varsayarak bir düzey aralığındaki bilgi içeriği H 'yi bulunuz.
- (c) 256 düzeyli işaret ikili kodlayıcıya uygulanarak kodlayıcı çıkışında PCM işareti elde ediliyor. PCM işaretinin bilgi hızını bulunuz.
- (d) Elde edilen PCM işaretini makul yanılğı sınırları içinde gönderebilmek için kullanılacak iletim ortamının kanal kapasitesi en az hangi değerde olmalıdır? Bulunuz.

Yanıt: (a) 8 kHz; (b) 8 bit/aralık; (c) 64 kbps; (d) 64 kbps.

3.15.5) Bir sayısal iletişim 32 sembolü bir işaret ile yapılıyor. Her sembol 5 μ s'lik bir sembol aralığında ve eşit olasılıkla gönderiliyor.

- (a) İşaretin sembol hızını bulunuz.
- (b) İşaretin bilgi içeriğini bulunuz.
- (c) İşareti göndermek için kullanılacak iletim ortamının Hz türünden bantgenişliğini ve kbps türünden minimum kanal kapasitesini bulunuz.
- (d) İşareti ikili sayı ile kodladıktan sonra gönderirsek, bu durum için (c) şıkkını tekrarlayınız.

Yanıt: (a) 200.000 sembol/s; (b) 5 bit/aralık; (c) 200 kHz, 1 Mbps; (d) 1 MHz, 1 Mbps.

Bilgisayar Ağları

- 3.15.6) Bir sayısal iletişim 64 sembolü bir işaret ile yapılıyor. Her sembol 50 μ s'lik bir zaman aralığı içinde eşit olasılıkla gönderiliyor.
- (a) İşaretin sembol hızını hesaplayınız.
 - (b) İşaretin bilgi içeriğini hesaplayınız.
 - (c) İşaretin makul yanılğı sınırları içinde gönderilebilmesi için,
 - (1) İletim ortamının bantgenişliğı en az hangi değerde olmalıdır?
 - (2) İletim ortamının kanal kapasitesi en az hangi değerde olmalıdır?

Yanıt: (a) 20.000 sembol/s; (b) 6 bit/aralık; (c1) 20 kHz; (c2) 120 kbps.

- 3.15.7) Seri ve paralel iletim yöntemlerini aşağıdaki yönlerden kıyaslayınız.

- (1) İletim hızı (hızlı/yavaş)
- (2) İletim hattı uzunluğu (uzun/kısa)
- (3) İletim hattı maliyeti (yüksek/düşük)
- (4) Donanım maliyeti (yüksek/düşük).

4.

Veri İletişim Hizmetleri

Data Communication Services

Veri iletişim hizmetleri Türk Telekom ve çeşitli GSM işletmeleri gibi telefon şirketleri tarafından halka açık olarak sunulmaktadır. İsteyen kurum ya da kişinin abone olabileceği bu hizmetleri veren halka açık ağlara “kamusal ağlar (*public networks*)” denir. Bu hizmetlerin verilmesinde kullanılan ağın (*subnet*) sahibi ağ işleticisidir (Türk Telekom gibi). Bu bölümde veri iletişimi için daha önce verilen DBDQ örneğine ek olarak SMDS, X.25, çerçeve iletimi (*frame relay*), ISDN (*Integrated Services Digital Network*), ATM ve B-ISDN (*genişbantlı ISDN*) iletişim hizmetleri ele alınmaktadır.

4.6. Özet

Veri iletişim hizmetleri Türk Telekom, GSM işletmecileri gibi şirketler tarafından veri iletişimi için sunulan hizmetlerdir. Veri iletişim hizmetlerine örnek olarak SMDS, X.25, FR, ISDN, BISDN ve ATM hizmetlerini gösterebiliriz.

SMDS, LAN’lar arasında yüksek hızda veri iletişimi yapmak için telefon şirketleri tarafından sunulan bağlantısız bir paket anahtarlama hizmetidir.

X.25 ağı, sanal devreler üzerinden bağlantılı paket anahtarlama hizmeti sunar; 3 katmanlı bir mimari yapıya sahiptir. X.25 ağına örnek olarak Türkiye’deki TURPAK ağını gösterebiliriz. Çerçeve iletimi (FR), alınsız, bağlantılı ve hızlı bir paket anahtarlama hizmetidir. İki katmanlı bir mimari yapıya sahiptir. Sanal devreler üzerinden iletim yapar. Ağ içindeki veri iletişimde hata düzeltme işlemi yapmadığı için X.25’e göre daha hızlıdır. ISDN, kullanıcıların standart arayüzler üzerinden erişebileceği ve çeşitli iletişim hizmetlerini sunabilmek amacıyla uçtan uca sayısal bağlantı olanağı sağlayan bir ağıdır. Darbantlı ISDN ve genişbantlı ISDN (B-ISDN) olmak üzere iki nesil ISDN gerçekleştirilmiştir. ATM, sayısal verinin hücre adı verilen kısa ve sabit uzunluktaki veri paketlerine bölünerek iletilmesini sağlayan, bağlantılı hizmet veren ve asenkron TDM kullanan bir hızlı paket anahtarlama tekniğidir.

4.7. Sorular

4.7.1) SMDS (Switched Multimegabit Data Services) iletişim hizmeti aşağıdaki özelliklerden hangilerine sahiptir? Her şık için belirtiniz.

- 1) Bağlantılı/bağlantısız.
- 2) Devre anahtarlamalı/paket anahtarlamalı.
- 3) Patlamalı trafik için uygundur/uygun değildir.
- 4) Ortalama iletim hızı patlamalı iletim hızından yüksektir/düşüktür.
- 5) Kiralık hatlara göre ağ maliyeti yüksektir/düşüktür.
- 6) SMDS'ye MAN'lar üzerinden erişilebilir/erişilemez.
- 7) SMDS'ye kiralık hatlar üzerinden erişilebilir/erişilemez.
- 8) SMDS'de çoklu dağıtım (multicasting) yapılabilir/yapılamaz.
- 9) SMDS'de kalıcı sanal devre (permanent virtual circuit) kullanılır/kullanılmaz.
- 10) Bir SMDS abonesinin gönderdiği paketin uzunluğu 2000 byte ve sayacındaki kredi 1500 byte ise, yönlendirici paketin 1500 byte'lık kısmını varış adresine gönderir/yönlendirici paketi göndermez çöpe atar.

4.7.2) Kanal kapasitesi 45 Mbps olan bir SMDS (Switched Multimegabit Data Service) ağında, bir abonenin bağlı olduğu yönlendiricideki sayacı 10 μ s'de bir byte artırıyor.

- a) Abonenin sürekli veri iletmesi durumunda,
 - 1) Ortalama veri iletim hızını hesaplayınız.
 - 2) 5625 byte'lık bir paketi iletme için gerekli süreyi hesaplayınız.
- b) Abone bir süre veri göndermiyor ve bu sürenin sonunda abone sayacı 5625 byte'lık veriyi patlamalı biçimde göndermeye hazır duruma geliyor. Bu durumda iken abone, uzunluğu 5625 byte olan bir paket gönderiyor. Bu paketin patlamalı biçimde ne kadar süre içinde iletileceğini bulunuz ve sonucu (a2)'de bulduğunuz sonuçla karşılaştırınız; iletim hızının kaç kat arttığını yazınız.

Yanıt: a1) 800 kbps; a2) 56,25 ms; b) 1 ms, 56,25 kat artar.

4.7.3) Kanal kapasitesi 45 Mbps olan bir SMDS (Switched Multimegabit Data Service) ağında bir abonenin bağlı olduğu yönlendiricideki sayacı 50000 byte/s hızında artırıyor.

- a) Abonenin 5000 byte'lık bir veriyi patlamalı biçimde (burst mode) gönderebilmesi için ne kadar süre iletim yapmamış olması gerekir? Hesaplayınız. Abone bu sürenin bitiminden önce 5000 byte'lık bir veri gönderirse, bağlı olduğu yönlendirici bu veri paketleri üzerinde nasıl bir işlem yapar? Kısaca yazınız.
- b) Abone 45 ms içinde veri göndermezse, bu sürenin sonunda kaç byte uzunluğundaki veriyi patlamalı biçimde gönderebilir? Bu uzunluktaki verinin patlamalı biçimde iletimi ne kadar süre içinde gerçekleşir? Hesaplayınız.

Yanıt: a) 100 ms; b) 2250 byte; 400 μ s.

4.7.4) Dar bantlı ISDN ile geniş bantlı ISDN'yi

- 1) İletim kapasitesi (kbps ve Mbps türünden değer belirterek) ,
- 2) Anahtarlama türü (devre, paket) ve
- 3) İletim türü (senkron, asenkron) yönlerinden karşılaştırınız.

- 4.7.5) Temel erişimli ISDN’de,
- Haberleşme ve işaretleşme için kullanılan kanalların adlarını ve kapasitelerini yazınız. Bu kanalların işlevlerini (haberleşme, işaretleşme gibi) kısaca belirtiniz.
 - S arayüzüne (*S interface*) en çok kaç ISDN uçbirimi bağlanabilir? Aynı anda en çok kaç haberleşme yapabilir? Bunların hangi kanallar üzerinden ne tür haberleşmeler olabileceğini (telefon, faks, PC, mesaj gibi) belirtiniz.
- 4.7.6) ISDN’de, taşıyıcı hizmetleri (*bearer services*), telehizmetleri (*teleservices*) ve ek hizmetleri (*supplementary services*) kısaca tanımlayınız.
- 4.7.7) ISDN ile ilgili aşağıdaki soruları yanıtlayınız.
- Bir temel erişimli ISDN abonesinin ISDN türü uçbirimlerinin ve ISDN türü olmayan uçbirimlerinin ISDN santralına erişimini gösteren bir blok diyagram çizin. Blok diyagram üzerinde S/T ve U ara bağlarını gösteriniz. Bu arayüzlerdeki iletimin kaç telli iletim ortamı üzerinden yapıldığını belirtiniz.
 - Temel erişimli ISDN abonesi ISDN kartı olan bir PC ile İnternet’e en yüksek hangi iletim hızında erişebilir? Bu erişimi hangi kanallar üzerinden yapar?
 - ISDN iletişim hizmetinde ağ içinde OSI başvuru modelinin hangi katmanları bulunur? Adlarını yazınız.
- 4.7.8) Bir temel erişimli ISDN’nin 2. katmanında oluşturulan bir çerçevede, B1 kanalına ait 16 bit, B2 kanalına ait 16 bit, D kanalına ait 4 bit ile denetim ve çerçeveleme bitleri olarak 12 bit bulunur. Bir çerçevenin iletimi için gereken süre 250 µs’dir. Bu verilerden yararlanarak,
- B1, B2 ve D kanallarının kanal kapasitelerini kbps türünden hesaplayarak elde ediniz. Hesaplamayı gösteriniz; ezberden yazmayınız.
 - U arayüzündeki işaretin iletim hızını bulunuz.
 - İkili kod biçimindeki bu işaret 8’li kodlayıcıya uygulanıyor (yani, art arda gelen her 3 bit bir sembol ya da düzey olarak kodlanıyor). 8’li kodlayıcı çıkışındaki işaretin sembol hızını ve bantgenişliğini bulunuz.
- Yanıt:** a) 64 kbps, 64 kbps, 16 kbps; b) 192 kbps; c) 64 ksembol/s, 64 kHz.
- 4.7.9) Bir temel erişimli ISDN abonesinin 3 adet ISDN telefonu, 1 adet ISDN faks makinesi, 1 adet ISDN haberleşme kartı olan PC’si, 3 adet ISDN olmayan telefon makinesi, 3 adet uçbirim uyarlayıcısı (TA) ve 1 adet şebeke sonlandırma birimi (NT1) olsun. Bu abone elindeki uçbirimlerinin hepsini (toplam 8 adet) ve NT1’i kullanarak hattın diğer ucundaki ISDN santralına bağlamak istiyor. ISDN abonesinin ISDN hizmetlerine erişmesi için yukarıda adı geçen uçbirimleri, TA’ları ve NT1’i hangi düzende bağlaması gerektiğini blok gösterim çizerek gösteriniz. Blok gösterim üzerinde S (ya da T) arayüzünü, U arayüzünü, abone hattını ve santrali gösteriniz.
- 4.7.10) ISDN’de uyarılama (*adaptation*) ve ağlararası iletişim (*internetworking*) nedir? Kısaca tanımlayınız.
- 4.7.11) Çerçeve iletimi (*Frame Relay*) ile ilgili aşağıdaki soruları yanıtlayınız.
- Çerçeve iletimi tekniğini, verdiği hizmet türünü ve önemli bir özelliğini belirterek bir cümle ile tanımlayınız.

Bilgisayar Ağları

- b) Çerçeve iletimi ağı ile X.25 ağını hata sezme/düzeltilme ve başarımlar yönünden karşılaştırınız.
 - c) Bir PC'nin Çerçeve İletimi ağına erişimini blok diyagram çizerek gösteriniz.
- 4.7.12) Çerçeve iletimi (*Frame Relay*) hizmeti aşağıdaki özelliklerden hangilerine sahiptir? Her şık için belirtiniz.
- 1) Alındılı/alındısız.
 - 2) Bağlantılı/bağlantısız.
 - 3) Devre anahtarlama/paket anahtarlama.
 - 4) Hızlı/yavaş.
 - 5) Sanal devre kullanır/kullanmaz.
 - 6) OSI'nin 1. ve 2. katmanlarından oluşur/ OSI'nin 1., 2. ve 3. katmanlarından oluşur.
 - 7) 2. katmanda çerçeve yönlendirmesi yapar/3. katmanda paket yönlendirmesi yapar.
 - 8) Ağ içinde hata sezme yapar/yapmaz.
 - 9) Ağ içinde hata düzeltme yapar/yapmaz.
 - 10) Kiralık hatlara göre ucuzdur/pahalıdır.
- 4.7.13) ATM ile ilgili aşağıdaki soruları kısa ve öz olarak yanıtlayınız.
- a) ATM tekniğini, verdiği hizmet türünü (bağlantılı/bağlantısız), iletim türünü (senkron/asenkron), iletim hızını (hızlı/yavaş) ve anahtarlama türünü (devre/paket) belirterek bir cümle ile tanımlayınız.
 - b) Bir ATM hücresi çizin; başlık ve kullanıcı verisi alanlarını belirterek alan uzunluklarını byte türünden yazınız.
 - c) ATM'nin BISDN için uygun iletim tekniği seçilmesinin nedenlerini yazınız.

5.

Fiziksel Katman

Physical Layer

Fiziksel katmanın, bilginin iletim ortamı üzerinden bit dizisi halinde gönderilmesine ve alınmasına ilişkin mekanik, elektriksel, işlevsel ve yordamsal konuları kapsadığını Bölüm 2’de görmüştük. Fiziksel katman, veri bağı katmanından çerçeveler halinde aldığı veriyi iletişim için uygun bir işaret haline (elektriksel ya da optik) getirerek bit dizisi halinde iletim ortamı üzerinden iletmek ve almak için gerekli çoğullama, kodlama ve modülasyon gibi işlevleri de yerine getirir. Veri iletişimine ilişkin bu temel konuları Bölüm 3’de, yaygın olarak kullanılan bazı önemli veri iletişim hizmetlerini ise Bölüm 4’de incelemiştik. Bu bölümde, yaygın olarak kullanılan fiziksel katman standartlarını ve iletim ortamı çeşitlerini inceleyeceğiz [TANENBAUM-1996], [STALLINGS-2000].

5.3. Özet

Fiziksel katman, bilginin iletim ortamı üzerinden bit dizileri halinde gönderilmesine ve alınmasına ilişkin mekanik, elektriksel işlevsel ve yordamsal konuları kapsar. Çoğullama, kodlama ve modülasyon/demodülasyon gibi işlemler de fiziksel katmanda gerçekleştirilir. RS-232-C, RS-449, X.21, ISDN, V.35 arayüzlerini fiziksel katman standartlarına örnek verebiliriz.

RS-232-C arayüzü, bilgisayar ya da terminal (DTE) ile modem (DCE) arasında tam çift yönlü seri bağlantı olanağı sağlar. Bu arayüzde 9 ya da 25 uçlu konnektörler kullanılabilir; en çok 15 m’lik kablo üzerinden 20 kbps hızında iletişim yapılabilir. RS-449 arayüzü, RS-232-C’ye göre daha hızlı iletişim olanağı sağlar; dengeli iletim yapan RS-422-A standardı ile kullanıldığında 12 m’lik kablo üzerinden 10 Mbps hızında, dengesiz iletim yapan RS-423-A standardı ile kullanıldığında 10 m’lik kablo üzerinden 300 kbps hızında iletişim yapılabilir. X.21 arayüzü, tam çift yönlü senkron veri iletişimi yapan devre anahtarlama veri ağlarının ilk üç katman standartlarını tanımlar. X.21’in 1. katman protokolu X.25 ağlarının fiziksel katmanında kullanılmıştır. Temel erişimli ISDN’de ağ-kullanıcı arayüzü S ya da T başvuru noktası olarak da bilinmektedir ve ITU-T’nin I.430 önerilerinde tanımlanmıştır. ISDN arayüzünde gönderme ve alma için birer çift tel kullanıldığından tam çift yönlü dengeli iletim yapılıır. V.35 standardı, senk-

ron iletişim yapan ve 48-168 kbps hızlarında çalışan analog modemlerle DTE'ler arasındaki arayüzü tanımlar.

Fiziksel katmanda, iletim ortamı olarak bükümlü çift kablo, koaksiyal kablo, fiber optik kablo kullanıldığı gibi radyo dalgaları ve kızılötesi ışın kullanan telsiz iletişim tekniklerinden de yararlanılmaktadır.

5.4. Sorular

5.4.1) RS-232-C arayüzü ile ilgili aşağıdaki soruları kısa ve öz biçimde yanıtlayınız.

- İki bilgisayarın telefon ağı üzerinden haberleşmesi durumunda, RS-232-C arayüzünün yerini gösteren bir blok gösterim çiziniz. Çizim üzerinde DTE ve DCE birimlerini belirterek bu birimleri kısaca tanımlayınız.
- 25 uçlu bir RS-232-C arayüzünde, aşağıda verilen uçların hangi durumlarda ve hangi birim (DTE veya DCE) tarafından etkin duruma getirildiğini belirtiniz:

| Uç No. | Uç Adı | Kısaltma |
|--------|--|----------|
| 20 | <i>Data Terminal Ready</i> (DTE hazır) | DTR |
| 6 | <i>Data Set Ready</i> (DCE hazır) | DSR |
| 4 | <i>Request to Send</i> (gönderme isteği) | RTS |
| 5 | <i>Clear to Send</i> (gönderme izni) | CTS |
| 22 | <i>Ring Indicator</i> (zil belirteci) | RI |

- RS-449 arayüzünde kullanılan dengeli (*balanced*) ve dengesiz (*unbalanced*) iletim yöntemlerinin kullanılan işaret toprağı (*signal ground*) yönünden farkını belirtiniz; bu iki tür arayüzü performans yönünden kıyaslayınız.

5.4.2) Boş modem (*null modem*) nedir? Kısaca açıklayınız. Hangi uçbirimleri arasında, hangi tür iletim (seri/paralel) için kullanılır; uçlarında hangi tür konnektör bulunur.

6.

Veri Bağı Katmanı

Data Link Layer

Veri bağı katmanının görevi, karşılıklı haberleşen ağ katmanları arasında, fiziksel ortamındaki bozucu etkenlere rağmen, güvenilir bir iletişim olanağı sağlamaktır.

6.7. Özet

OSI başvuru modelinin 2. katmanı olan veri bağı katmanının temel görevi, karşılıklı haberleşen ağ katmanları arasında, fiziksel ortamdaki bozucu etkenlere rağmen, güvenilir bir iletişim olanağı sağlamaktır. Bunu gerçekleştirmek için veri bağı katmanı çerçeveleme, eşzamanlama, akış denetimi, adresleme, sıralama, hata denetimi ve bağlantı yönetimi gibi işlevleri yürütür. Çeşitli çerçeveleme, akış denetimi ve hata denetimi yöntemleri vardır. Çerçeveleme yöntemleri arasından, karakter sayma, karakter yapılı çerçeveleme ve karakter doldurma, bit yapılı çerçeveleme ve bit doldurma ile kod aykırılığı yöntemlerini sayabiliriz. Akış denetim yöntemlerinin en basiti ve bağlantı kullanım oranı (ya da bağlantı verimliliği) en düşük olanı “dur ve bekle” protokoludur. Diğer akış denetim yöntemi yaygın olarak kullanılan “kayan pencere” protokoludur. Kayan pencere protokolunda, vericideki kayan pencere içinde bulunan çerçeveler alındı beklemeyen gönderilebilecek çerçevelerdir, alıcıdaki kayan pencere içinde bulunan çerçeveler ise alındı göndermeden gelmesi beklenen çerçevelerdir. İletim ortamını daha verimli kullandığı için bu protokolun hat kullanım oranı daha yüksektir.

Hata denetim yöntemleri, iletilen çerçevelerdeki hataların sezilmesi ve düzeltilmesiyle ilgili yöntemleri içerir. Hata sezmede yaygın olarak kullanılan üç yöntem vardır: Eşlik denetimi, boyuna fazlalık sınaması (LRC) ve çevrimli fazlalık sınaması (CRC). Hata düzeltme yöntemleri ise, geriye doğru hata düzeltme yöntemleri (otomatik tekraralama isteği yöntemi-ARQ) ve ileriye doğru hata düzeltme yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılır. ARQ yönteminde alıcı, hatasız olarak aldığı çerçeveler için vericiye alındı (ACK) gönderir, kendisine ulaşmayan ya da hatalı olarak ulaşan çerçeveleri sıra numarasını belirterek vericiden tekrar ister. Üç tür ARQ yöntemi vardır: “dur ve bekle”, “geri-git-N” ve “seçmeli *red*” ya da “seçmeli tekrar”. İleriye doğru hata düzeltme yöntemlerine örnek olarak Hamming kodlamasını verebiliriz. Bu yöntemde, iletim hattında bozulabilecek bit sayısının üst sınırının bilindiği varsayılır. Vericinin gönderdiği belirli sayıda bilgi

bitine ek olarak gönderilen belirli sayıdaki denetim biti alıcıda belirli sayıdaki bit hatasını düzeltmek için kullanılır.

İki kod kelimesinin farklı olduğu bit konumları sayısı “Hamming uzaklığı (d)” olarak tanımlanır. Hamming uzaklığı d olan kod kelimeleri ile $(d-1)$ sayıda bit hatası sezilebilir ve $(d-1)/2$ sayıda bit hatası düzeltilebilir.

Bir iletişim kanalının başarımı, kod verimliliği, bit hata hızı (BER) ve bilgi iletim hızı (TRIB) kriterleri ile tanımlanır. Kod verimliliği, koddaki bilgi içermeyen bitlerin ölçüsüdür; bilgi bitleri sayısının toplam bit sayısına oranıdır. Bit hata hızı (ya da bit hata oranı-BER), alıcı tarafından hatalı olarak alınan bit sayısının alınan toplam bit sayısına oranıdır. Bilgi biti aktarım hızı (TRIB) ise, veri iletişimi sırasında doğru olarak alınan bilgi bitlerin toplam iletim süresine oranıdır.

6.8. Sorular

6.8.1) Veri bağı katmanında çerçeveleme için “Karakter Yapılı Çerçeveleme ve Karakter Doldurma” yöntemi kullanılıyor. Bu yöntemde, çerçevenin başına DLE STX, sonuna da DLE ETX karakterleri konulmaktadır.

a) Bir göndericide, ağ katmanının veri bağı katmanına teslim ettiği karakter dizisi

A B DLE DLE C DLE D E F DLE G

şeklinde ise, veri bağı katmanının veri alanındaki karakter dizisini yazınız.

b) Bir alıcının veri bağı katmanının veri alanındaki karakter dizisi

DLE DLE A DLE DLE B C DLE DLE DLE DLE

şeklinde ise, veri bağı katmanının ağ katmanına teslim edeceği karakter dizisini yazınız (Not: a ve b şıkları birbirlerinden bağımsızdır).

6.8.2) Bir bilgisayar ağının 2. katmanında çerçeveleme için kullanılan bayrak 01110 olsun. Çerçovelenecek veri dizisinde artarda gelen üç 1’in bayrak ile karışmasını engellemek için, veri dizisine bit doldurma (*bit stuffing*) işlemi uygulanır.

a) Aşağıdaki veri dizisi üzerinde bit doldurma işlemi uygulayarak veri olarak gönderilecek veri dizisini yazınız ve eklenen 0 bitlerin altını çizerek belirtiniz.

1 0 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1

b) 1. katmandan 2. katmanına gelen bit dizisi aşağıda verilmiştir. Buna göre, bit doldurma işleminden önceki orijinal bit dizisini elde ediniz.

0 1 1 1 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0

6.8.3) Veri bağı katmanında çerçeveleme için “Bit Yapılı Çerçeveleme ve Bit Doldurma” yöntemi kullanılıyor. Bu yöntemde, çerçevenin başlangıcına ve bitişine 01111110 bit dizisinden oluşan bir bayrak konuluyor.

a) Bir göndericide, ağ katmanının veri bağı katmanına teslim ettiği 20 bitlik veri

0 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1

şeklinde ise, veri bağı katmanının veri alanındaki bit dizisini yazınız.

b) Bir alıcının veri bağı katmanının veri alanındaki bit dizisi

1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1 1 1 0

şeklinde ise, veri bağı katmanının ağ katmanına teslim edeceği bit dizisini yazınız (**Not:** a ve b şıkları birbirlerinden bağımsızdır).

6.8.4) "Dur ve bekle (*stop and wait*)" protokolu için "Bağlantı Kullanım Oranını (*link utilization ratio*)" tanımlayan formülü T_i ve T_y türünden yazınız ve T_i ile T_y parametrelerini kısaca tanımlayınız.

6.8.5) N çerçeve içeren bir kayan pencere protokolu için "Bağlantı Kullanım Oranını (*Link Utilization Ratio*)" tanımlayan formülü T_i ve T_y türünden yazınız ve T_i ile T_y parametrelerini kısaca tanımlayınız.

6.8.6) İki bilgisayar 60000 km'lik bir uydu bağlantısı üzerinden, 4000 bit uzunluğunda çerçeveler kullanarak 100 kbps iletim hızında haberleşiyor. Ortamdaki yayılma hızını 2×10^8 m/s olarak ve iletişimin hatasız olduğunu varsayarak,

a) Bir çerçevenin iletim ortamına aktarılması için gerekli süreyi bulunuz.

b) *Stop-and-wait* protokolu için bağlantı kullanım oranını hesaplayınız.

c) Kayan pencere protokolu kullanılması durumunda, bağlantı kullanım oranının %100 olması için pencere genişliğinin kaç çerçeve olması gerektiğini hesaplayınız.

Yanıt: a) 40 ms; b) % 6,25; c) 16 çerçeve.

6.8.7) İki bilgisayar 10 km'lik bir fiber optik hat üzerinden, 500 bit uzunluğundaki çerçeveler ile 100 Mbps iletim hızında haberleşiyor. Ortamdaki yayılma hızını 2×10^8 m/s olarak ve iletişimin hatasız olduğunu varsayarak,

a) Bir çerçevenin iletim ortamına aktarılması için gerekli süreyi bulunuz.

b) *Stop-and-wait* protokolu için bağlantı kullanım oranını hesaplayınız.

c) Pencere genişliği 7 çerçeve olan kayan pencere protokolu için bağlantı kullanım oranını hesaplayınız.

Yanıt: a) 5 μ s; b) % 4,76; c) % 33.3.

6.8.8) İki bilgisayar 3000 km'lik bir fiber optik hat üzerinden, 1500 bit uzunluğunda çerçeveler kullanarak 1 Mbps iletim hızında haberleşiyor. Ortamdaki yayılma hızını 2×10^8 m/s olarak ve iletişimin hatasız olduğunu varsayarak,

a) Bir çerçevenin iletim ortamına aktarılması için gerekli süreyi bulunuz.

b) *Stop-and-wait* protokolu için bağlantı kullanım oranını hesaplayınız.

c) Kayan pencere protokolu kullanılması durumunda, bağlantı kullanım oranının %100 olması için pencere genişliğinin kaç çerçeve olması gerektiğini hesaplayınız.

Yanıt: a) 1,5 ms; b) % 4,76; c) 21 çerçeve.

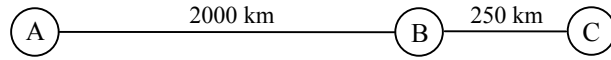
6.8.9) İki bilgisayar 39000 km'lik bir uydu bağlantısı üzerinden, 1920 bit uzunluğunda çerçeveler kullanarak 64 kbps iletim hızında haberleşiyor. Ortamdaki yayılma hızını 2×10^8 m/s olarak ve iletişimin hatasız olduğunu varsayarak,

Bilgisayar Ağları

- Bir çerçevenin iletim ortamına aktarılması için gerekli süreyi bulunuz.
- Stop-and-wait* protokolu için bağlantı kullanım oranını hesaplayınız.
- Kayan pencere protokolu kullanılması durumunda, bağlantı kullanım oranının %100 olması için pencere genişliğinin kaç çerçeve olması gerektiğini hesaplayınız.

Yanıt: a) 30 ms; b) % 7,1; c) 14 çerçeve.

- 6.8.10) Aşağıdaki şekilde, A düğümü (yönlendirici) tarafından üretilen çerçeveler B düğümü üzerinden C düğümüne gönderiliyor. Aşağıdaki varsayımları göz önüne alarak, B düğümünün tampon belleğinin taşmaması için B ve C düğümleri arasındaki minimum iletim hızı (bit/saniye türünden) ne olmalıdır? Hesaplayınız.



Varsayımlar:

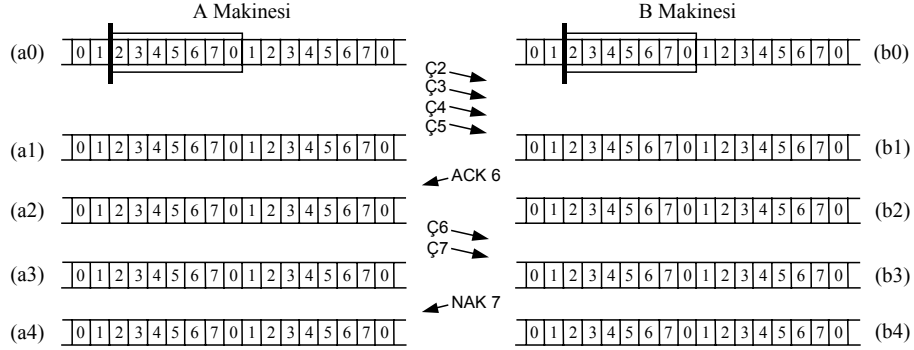
- A ve B arasındaki iletim hızı 100 kbps'dir.
- Her iki hat için yayılma gecikmesi $10\mu\text{s}/\text{km}$ 'dir.
- Düğümler arasında "*full duplex*" iletişim yapılıyor.
- Tüm veri çerçeveleri 1000 bit uzunluğundadır. ACK çerçeveleri, uzunlukları ihmal edilebilen ayrı çerçeveler olarak gönderiliyor ("*piggybacking*" yapılmıyor).
- A ve B arasında pencere genişliği 5 olan "kayan pencere (*sliding window*)" protokolu kullanılıyor.
- B ve C arasında "dur ve bekle (*stop-and-wait*)" protokolu kullanılıyor.
- İletişim hatası olmuyor.

İpucu: B'nin tampon belleğinin taşmaması için B'ye gelen ve B'den çıkan çerçeve sayılarının ortalaması belirli bir süre içinde aynı olmalıdır.

Yanıt: 200 kbps.

- 6.8.11) A ve B makineleri arasındaki iletişimin veri bağı katmanında, pencere genişliği 7 çerçeve olan "*Go-back-N*" protokolu kullanılıyor. A ve B makinelerinin pencerelerinin Çerçeve 2'yi göndermeden önceki durumları (a_0 ve b_0) ile gönderilen çerçeveler ve alınan alındılar aşağıdaki şekilde gösteriliyor.
- $a_1, b_1, a_2, b_2, a_3, b_3, a_4, b_4$ 'deki pencerelerin hangi çerçeveleri içermesi gerektiğini çizerek gösteriniz.

Papatya Yayıncılık Eğitim



b) Pencere genişliği (N) ile çerçeve sıra numarasının bit türünden alan uzunluğu (k) arasındaki ilişkiyi yazınız.

Yanıt: a) Aşağıdaki çizelge içeriği çizim olarak gösterilmelidir; b) $N=2^k-1$.

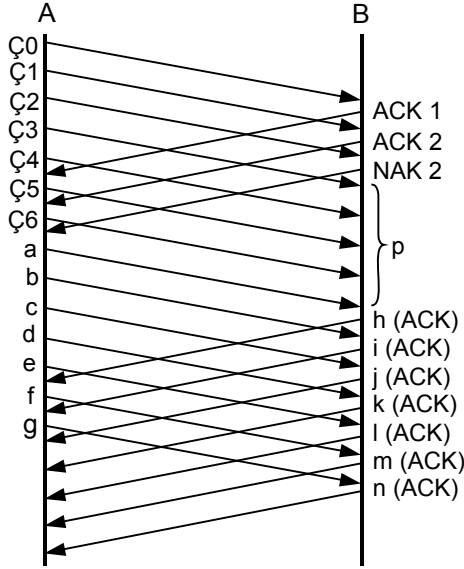
| A Makinesi | | | B Makinesi | | |
|------------|------------------------------|-----------------------------------|------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Durum | Tampon Bellek Çizgisi Konumu | Kayan Pencere İçindeki Çerçeveler | Durum | Tampon Bellek Çizgisi Konumu | Kayan Pencere İçindeki Çerçeveler |
| a1 | 1-2 arasında | 6, 7, 0 | b1 | 1-2 arasında | 6, 7, 0 |
| a2 | 5-6 arasında | 6, 7, 0, 1, 2, 3, 4 | b2 | 5-6 arasında | 6, 7, 0, 1, 2, 3, 4 |
| a3 | 5-6 arasında | 0, 1, 2, 3, 4 | b3 | 5-6 arasında | 0, 1, 2, 3, 4 |
| a4 | 6-7 arasında | 7, 0, 1, 2, 3, 4, 5 | b4 | 6-7 arasında | 7, 0, 1, 2, 3, 4, 5 |

6.8.12) A ve B makineleri arasındaki iletişimin veri bağı katmanında, A makinesi B makinesine pencere genişliği 7 çerçeve olan kayan pencere protokolu ile veri çerçeveleri gönderiyor. B makinesinin aldığı her doğru çerçeve için ACK, aldığı her hatalı çerçeve için NAK gönderdiğini, çerçevelerin ve alıncıların iletim ortamında kaybolmadıklarını varsayarak, yandaki şekilde gösterilen senaryoda, **a, b, c, d, e, f, g** ile gösterilen veri çerçevelerinin; **h, i, j, k, l, m, n** ile gösterilen olumlu alındı (ACK) çerçevelerinin numaralarını ve **p** ile gösterilen veri çerçeveleri üzerinde alıcı veri bağı katmanının nasıl bir işlem yaptığını,

a) “Go-back-N (geri-git-N)” hata düzeltme protokolu için yazınız.

b) “Selective reject (seçmeli red)” hata düzeltme protokolu için yazınız.

Bilgisayar Ağları



Yanıt:

- a) a: Ç2 h: ACK 3 b) a: Ç2 h: ACK 7 p: Tampon bellekte saklanır ve sıraya koyulur.
b: Ç3 i: ACK 4 b: Ç7 i: ACK 0 ACK 2, 3, 4, 5, 6
c: Ç4 j: ACK 5 c: Ç0 j: ACK 1 gönderilmeyebilir.
d: Ç5 k: ACK 6 d: Ç1 k: ACK 2
e: Ç6 l: ACK 7 e: Ç2 l: ACK 3
f: Ç7 m: ACK 0 f: Ç3 m: ACK 4
g: Ç0 n: ACK 1 g: Ç4 n: ACK 5
p: çöpe atılır

- 6.8.13) 2. katman protokolunda kullanılan "Sırtta Taşıma (*piggybacking*)" yöntemini kısaca tanımlayınız ve avantajını belirtiniz.
- 6.8.14) "Boru Hattı (*pipeline*)" yöntemini kısaca tanımlayınız ve avantajını belirtiniz.
- 6.8.15) HDLC protokolunda kullanılan dengeli düzenleşimde (*balanced configuration*),
- Karşılıklı haberleşen istasyonlara ne ad verilir?
 - Aynı anda karşılıklı haberleşen kaç istasyon bulunur?
 - Tek yönlü (*simplex*), yarı çift yönlü (*half-duplex*) ve tam çift yönlü (*full-duplex*) iletim türlerinden hangisi ya da hangileri kullanılır?
 - Noktadan-noktaya (*point-to-point*) ve noktadan-çok noktaya (*point-to-multipoint*) bağlantı türlerinden hangisi ya da hangileri kullanılır?
- 6.8.16) CRC (*Cyclic Redundancy Check*) hata sezme yöntemi kullanılan bir iletişimde, gönderilecek sekiz bitlik veri dizisi

1 1 0 1 0 0 1 0

olarak veriliyor. Üreteç polinom $G(x) = x^3 + x + 1$ ise, veri ile gönderilecek CRC denetim bitlerini hesaplayınız ve gönderilecek bit dizisini $T(x)$ polinomu olarak ve bit dizisi olarak yazınız; bit dizisi üzerinde veri bitlerini ve CRC denetim bitlerini gösteriniz.

Yanıt: $\underbrace{1\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0\ 1\ 0}_{\text{Veri bitleri}}\ \underbrace{0\ 0\ 0}_{\text{CRC kodu}}$

- 6.8.17) CRC (*Cyclic Redundancy Check*) hata sezme yöntemi kullanılan bir iletişimde, gönderilecek on bitlik veri dizisi

1 0 0 1 0 1 1 0 1 1

olarak veriliyor. Üreteç polinom $G(x) = x^4 + x^2 + x + 1$ ise, veri ile gönderilecek CRC denetim bitlerini hesaplayınız ve gönderilecek bit dizisini $T(x)$ polinomu olarak ve bit dizisi olarak yazınız; bit dizisi üzerinde veri bitlerini ve CRC denetim bitlerini gösteriniz.

Yanıt: $\underbrace{1\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\ 1}_{\text{Veri bitleri}}\ \underbrace{1\ 0\ 0\ 1}_{\text{CRC kodu}}$

- 6.8.18) CRC (*Cyclic Redundancy Check*) hata sezme yöntemi kullanılan bir iletişimde, alıcıya gelen 10 bit'lik veri dizisi ile 4 bit'lik CRC kodu

Veri bitleri CRC kodu
1 1 0 1 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1

olarak veriliyor. Kodlamada kullanılan üreteç polinom $G(x) = x^4 + x^2 + x + 1$ ise,

- Alıcının veri bağı katmanında yapılan hata sezme işlemini yaparak, alıcıya gelen bu bit dizisinin hatalı olup olmadığını bulunuz.
- Kodlama verimliliğini hesaplayınız.
- Verilen $G(x)$ üreteç işlevi ile en çok kaç bit uzunluğundaki patlama hatası (*burst error*) sezilebilir?

Yanıt: a) Kalan: $R(x) = x^3 + 1 \neq 0$. Hata var; b) % 71.4; c) $N_e \leq 4$.

- 6.8.19) Göndericinin gönderdiği ve alıcıya ulaşan bit dizileri aşağıda verilmiştir. İletim ortamında sadece bir bilgi bitinin bozulduğunu varsayınız. Hamming kodlaması uygulayarak I_4 bitinin bozulduğunu açıklayarak gösteriniz.

| | I_1 | I_2 | I_3 | I_4 | C_1 | C_2 | C_3 |
|-------------------------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|
| Gönderilen bit dizisi : | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Alınan bit dizisi : | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | | ↑ | | | |
| | | | | Hatalı alınan bit | | | |

- 6.8.20) Bir bilgisayar ağında, hata düzeltme yöntemi olarak Hamming kodlaması kullanılıyor.

- Dört denetim biti (C_1 , C_2 , C_3 ve C_4) kullanarak en çok kaç bilgi biti içeren bir blokta bir bit hatası düzeltilir? Hesaplayınız.

Bilgisayar Ağları

- b) C_1, C_2, C_3 ve C_4 denetim bitlerinin bilgi bitleri (I 'lar) türünden nasıl hesaplandığını gösteren matematiksel ifadeleri yazınız.
- c) A bilgisayarının B bilgisayarına gönderdiği 6 bilgi biti içeren veri blokları B bilgisayarına, iletim ortamındaki gürültü nedeniyle, zaman zaman hatalı olarak ulaşıyor. B bilgisayarına ulaşan bilgi ve denetim bitleri aşağıda veriliyor.

| I_1 | I_2 | I_3 | I_4 | I_5 | I_6 | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |

Burada, denetim bitlerinin aşağıdaki ifadelerden hesaplandığını

$$C_1=I_1 \oplus I_2 \oplus I_3; C_2=I_1 \oplus I_4 \oplus I_5; C_3=I_2 \oplus I_4 \oplus I_6; C_4=I_3 \oplus I_5 \oplus I_6$$

ve hatanın denetim bitlerinde olmadığını, bilgi bitlerinden sadece birinin hatalı olduğunu varsayarak, hangi bilgi bitinin B bilgisayarına hatalı olarak ulaştığını bulunuz. Alıcı hatalı biti belirledikten sonra nasıl bir işlem yapar?

Yanıt: I_5 biti hatalı alınmıştır; Alıcı hatalı alınan biti düzeltilir.

6.8.21) Hamming kodlaması ile ilgili aşağıdaki soruları yanıtlayınız.

- a) Hamming kodlaması ile 5 denetim biti (C_1, C_2, C_3, C_4, C_5) kullanarak en çok kaç bilgi biti içeren blokta 1 bit hatası düzeltilebilir? Hesaplayınız.
- b) Yanda verilen 8 kod kelimesinden oluşan kodun,
- (1) Hamming uzaklığını bulunuz. Nasıl bulduğunuzu açıklayınız.
 - (2) Bu kod kaç bitlik hatayı sezebilir? Hesaplayınız.
 - (3) Bu kod kaç bitlik hatayı düzeltebilir? Hesaplayınız.

| Verilen Kod |
|-------------|
| 000000000 |
| 000000111 |
| 000111000 |
| 000111111 |
| 111000000 |
| 111000111 |
| 111111000 |
| 111111111 |

Yanıt: (a) 26 bilgi biti; (b1) $d=3$; (b2) 2 bit; (b3) 1 bit.

7.

Ortama Erişim Kontrol Altkatmanı

Medium Access Control Sublayer

Bilgisayar ağlarının iletim türüne göre **noktadan-noktaya ağlar** (*point-to-point networks*) ve **yayın ağları** (*broadcast networks*) olarak sınıflandırıldığını paragraf 1.2.1’de görmüştük. Ortama erişim denetim altkatmanı (**MAC: Medium Access Control Sublayer**), veri bağı katmanının yayın ağları ile ilgili altkatmanıdır ve ortama erişimi düzenleyen protokolları kapsar. MAC altkatmanı, LAN’larda, MAN’larda ve uydu ağlarında kullanılır. Yayın ağlarında kullanılan veri bağı katmanı Şekil-7.1’de görüldüğü gibi iki altkatmandan oluşur [TANENBAUM-2003]:

7.3. Özet

Yayın ağlarında veri bağı katmanı, LLC ve MAC olmak üzere iki altkatmandan oluşur. Kullanıcıların yayın ağlarındaki tek iletim ortamına erişimlerini MAC altkatmanı sağlar. Bir yayın ağına erişmek, iletim ortamını ele geçirip bir çerçeveyi çarpışmasız olarak göndermek demektir. Yayın ağlarında kullanılan iletişim kanalları çoklu erişim kanalları ya da rasgele erişim kanalları olarak da bilinir. Yayın ağlarında statik ve dinamik olmak üzere iki tür kanal atama yöntemi kullanılır. Statik kanal atama yöntemlerine örnek olarak FDM ve TDM’yi gösterebiliriz. Statik kanal atama yöntemleri patlamalı trafik için uygun değildir. Bu nedenle patlamalı trafik içeren uygulamalarda dinamik kanal atama yöntemleri kullanılır. Yayın ağlarında kullanılan çoklu erişim protokollarına örnek olarak, ALOHA, dilimli ALOHA, taşıyıcı sezmesi çoklu erişim protokolu (CSMA), çarpışma sezmesi CSMA (CSMA/CD) protokolu, çarpışmasız protokollar ve sınırlı çekişmeli protokollar ile WDMA ve CDMA gibi protokolları gösterebiliriz.

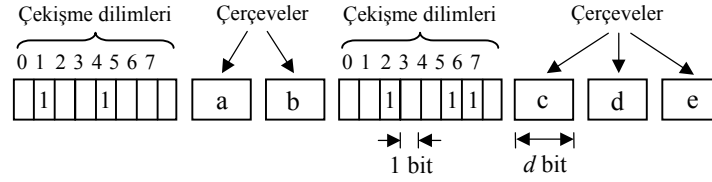
7.4. Sorular

- 7.4.1) Düşük ve yüksek trafik yükleri için yalnız ALOHA ve dilimli ALOHA kanallarını paket gecikmesi yönünden kıyaslayınız. Hangi trafik yükü için hangi yöntem daha az gecikme yaratır? Açıklayınız.
- 7.4.2) N istasyon 56 kbps hızında çalışan bir dilimli ALOHA kanalını paylaşıyor. Ortalama olarak her 100 saniyede bir her istasyon 1000 bitlik bir çerçeve gönderiyor. Dilimli

ALOHA kanalının maksimum verimliliğinin % 36.8 olduğunu göz önüne alarak, sisteme bağlanabilecek istasyon sayısı N 'nin maksimum değerini bulunuz.

Yanıt: 2060

- 7.4.3) 1 km uzunluğunda bir ağ kablosu üzerinde 10 Mbps hızında CSMA/CD protokolu ile çalışan bir LAN'da, elektriksel işaretin yayılma hızının 200 m/ μ s olduğunu ve paketlerin 26 byte'lık başlık ve son ek dahil toplam 66 byte uzunluğunda olduğunu varsayalım. Başarılı bir çerçeve gönderme işleminden sonraki ilk bit aralığı alıcının ağı ele geçirip 32 bit'lik bir alındı (ACK) çerçevesi göndermek için ayrılmıştır. Çarpışma olmadığını varsayarak, etkin veri iletişim hızını (TRIB) hesaplayınız (İpucu: Kanalı ele geçirmek için gereken süreyi 2τ alınız. 2τ elektrik işaretinin gidiş dönüş süresidir-round trip propagation time). Yanıt: 3.72 Mbps
- 7.4.4) "Temel bit haritası protokolu (basic bit-map protocol)" ile çalışan ve numaraları 0 ile 7 arasında olan 8 istasyonun birer bitlik çekişme dilimlerinde yayınladıkları bitler Şekil-7.9'da gösterilmiştir. Şekilde a, b, c, d ve e ile gösterilen çerçevelerin hangi numaralı çerçeveler olması gerektiğini yazınız.



Şekil-7.9

- 7.4.5) İkili geri sayma protokolu (binary countdown protocol) ile çalışan istasyonlardan adresleri 0110, 1011, 1010 ve 0010 olan istasyonlar bir çoklu erişim kanalını kullanmak için aynı anda adreslerini göndermeye başlıyorlar. Algoritmanın nasıl çalıştığını, her bit aralığında hangi istasyonların çekileceğini, hangi istasyonların devam edeceğini belirterek açıklayınız ve sonunda hangi istasyonun gönderme yapacağını belirtiniz.
- 7.4.6) Sanal istasyon numaraları kullanan ikili geri sayma protokolu (binary countdown protocol using virtual station numbers) ile çalışılan A, B, C, D, E, F, G, H, J ve K istasyonlarının belirli bir andaki sanal sıra numaraları 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 ve 0 olarak veriliyor. E, C ve A'nın bu sırada gönderme yapmalarından sonra istasyonların yeni sanal numaraları hangi değerleri alır? Belirtiniz. Yanıt: 0, 9, 1, 8, 2, 7, 6, 5, 4, 3.
- 7.4.7) Numaraları 0 ile 15 arasındaki 16 istasyon bir çoklu erişim kanalını ele geçirmek için "uyarlamalı dallanma protokolu (adaptive tree walk protocol)" kullanıyorlar. Çekişme dilimi 0'da 2, 3, 5, 7, 11 ve 13 numaralı istasyonlar aynı anda veri göndermeye hazır duruma geliyorlar ve aynı anda kanalı ele geçirmek için çekişmeye giriyorlar (contending). Bu durum için,
- Dallanmayı tanımlayan ikili ağacı çiziniz.
 - Dilim 0'dan başlayarak, art arda gelen birer bitlik çekişme dilimlerinde, veri göndermeye hazır 6 istasyon da gönderme yapmaya kadar her çekişme dilimi için hangi düğümün altındaki hangi numaralı istasyonların çekişmeye gireceğini ya da gönderme yapacağını belirtiniz.
 - Çekişmeyi çözmek için (to resolve the contention) her biri bir bitlik kaç çekişme dilimine ihtiyaç vardır? Yanıt: (c) 11 çekişme dilimi.

8.

Ağ Aygıtları

Network Devices

Ağ aygıtları bilgisayar ağını oluşturmak için kullanılan donanımsal ve yazılımsal sistemlerdir. Bu bölümde bilgisayar ağı kurulmasında kullanılan temel ağ aygıtları ele alınmaktadır.

8.9. Özet

Bilgisayar ağlarında kullanılan temel ağ aygıtları, ağ kartları, tekrarlayıcılar, bağlantı kutuları, modemler, köprüler, LAN anahtarları, yönlendiriciler, birleşik köprü ve yönlendiriciler, 3. katman anahtarları ve geçityolları olarak sıralanabilir. Ağ kartları, bilgisayar gibi sistemlerin ağa bağlanabilmeleri için uç sistemlere takılan Ethernet kartı, *Token Ring* kartı, FDDI kartı ve ATM kartı gibi kartlardır. Tekrarlayıcılar, OSI başvuru modelinin 1. katmanında çalışırlar; bir uçlarından gelen zayıflamış elektriksel işaretleri diğer uçlarından yenilenmiş ve güçlendirilmiş olarak gönderirler. Bağlantı kutuları, fiziksel olarak yıldız bağlantılı ağlarda, kutu içine monte edilmiş bir ağ kablosuna bilgisayarların bağlanmasını sağlayan kablo bağlantı merkezleridir; güç beslemeleri yoktur.

Köprüler, LAN'ların birbirlerine bağlanmaları için kullanılan ve OSI başvuru modelinin 2. katmanında çalışan aygıtlardır. Şeffaf köprüler ve kaynaktan yönlendirmeli köprüler aynı standartlarda çalışan LAN'ların bağlanmasında, çevirici köprüler farklı standartta çalışan LAN'ların bağlanmasında, uzak bağlantı köprüleri ise uzak LAN'ların bağlanmasında kullanılır. Şeffaf köprüler ağda döngü oluşmasını önlemek için kapsayan ağaç algoritmasını kullanırlar. Köprülerin başarımları, süzme hızları ve gönderme hızları ile ölçülür. LAN anahtarları, OSI başvuru modelinin 2. katmanında çalışan ve MAC adreslerine göre çerçeveleri çıkış uçlarına gönderen anahtarlama aygıtlarıdır. Bir LAN anahtarına bağlı tüm bilgisayarlar aynı anda ve anahtarın çalışma hızında iletişim yapabilirler. Yönlendiriciler, ağlar arasında bağlantı kurmak amacıyla kullanılan ve OSI başvuru modelinin 3. katmanında çalışan ağ aygıtlarıdır; bağlantılı ve bağlantısız yönlendirme yapan türleri vardır. Yönlendiriciler, çalıştırdıkları statik ya da dinamik yönlendirme algoritmaları ile ağdaki diğer yönlendiricilere en iyi hangi yoldan erişebileceklerini belirler ve yönlendirme tablolarına kaydederler. Yönlendirme tabloları belirli aralıklarla güncellenir. Bağlantılı yönlendirme yapan yönlendiriciler, en iyi yoldan kuracakları sanal devre üzerinden paketlere sanal devre numarası vererek veri gönderirler. Bağlantısız

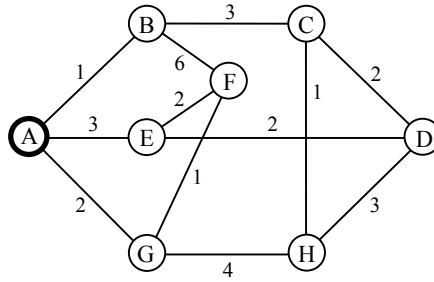
yönlendirme yapan yönlendiriciler ise, gelen her paketi önce tampon belleklerine alırlar, sonra ağ katmanındaki paket başlığı içindeki ağ adreslerine bakarak paketi yönlendirme tablolarında belirtilen en iyi yoldan gönderirler. Bu çalışma şekline “sakla ve gönder (*store-and-forward*)” yöntemi denir. İki LAN’ın WAN üzerinden bağlanmasına “tünel açma” denir. Bu uygulamada WAN’ın tamamı seri bir hat gibi davranır.

Birleşik köprü ve yönlendiriciler, bir protokol için köprü olarak 2. katmanda, diğer protokol için yönlendirici olarak 3. katmanda çalışabilen ağ aygıtlarıdır. 3. katman anahtarları, yönlendiricilere benzer; fakat, yönlendiricilere kıyasla donanımları anahtarlama dayalı olduğundan ve yönlendirme bilgilerine göre donanımlarını dinamik olarak programlayabildikleri için yönlendiricilere göre daha hızlıdır. Geçityolları (ya da ağ geçitleri), mimarileri, protokolleri ve veri biçimleri farklı olan ağların bağlanması için kullanılan protokol dönüştürücü ağ aygıtlarıdır; OSI başvuru modelinin genellikle 1, 2, ve 3. katmanlarında ve gerektiğinde üst katmanlarda (4-7) çalışabilirler.

8.10. Sorular

- 8.10.1) Şeffaf köprülerin çalışma ilkesini kısaca anlatınız.
- 8.10.2) Paralel bağlı şeffaf köprülerde (*transparent bridges*) su baskını (*flooding*) aşamasında nasıl bir sorun ortaya çıkabileceğini ve bu sorunun nasıl giderilebileceğini açıklayınız.
- 8.10.3) “Kapsayan ağaç (*spanning tree*)” algoritması,
 - (1) Hangi tür köprülerde kullanılır?
 - (2) Hangi durumda ortaya çıkan hangi sorunu gidermek için kullanılır?
 - (3) Soruna nasıl bir çözüm getirir? Kısaca açıklayınız.
- 8.10.4) Kaynaktan yönlendirmeli köprülerin (*source routing bridges*) çalışma ilkesini kısaca açıklayınız. Bu tür köprülerde ortaya çıkabilecek "çerçeve patlaması (*frame explosion*)" olayı nedir? Kısaca açıklayınız.
- 8.10.5) Bir Ethernet (CSMA/CD: 802.3) LAN ile bir “*Token Bus*” (802.4) LAN arasında kullanılan bir çevirici köprünün (*translating bridge*) çalışma ilkesini şekil çizerek açıklayınız. Çizeceğiniz şekilde, Ethernet LAN’a bağlı A bilgisayarının ağ katmanının gönderdiği bir paketin köprüden geçerek *Token Bus* LAN’a bağlı B bilgisayarının ağ katmanına ulaşırken hangi katman ve altkatmanlardan geçtiğini ve buralarda eklenen başlık ve son ekleri gösteriniz; katman ve altkatmanların adlarını yazınız.
- 8.10.6) Köprülerin başarımları kriterleri olarak bilinen "süzme hızı (*filtering rate*)" ve "gönderme hızı (*forwarding rate*)" nedir? Kısaca tanımlayınız.
- 8.10.7) Bağlantılı hizmet veren bir yönlendirici ile bir şeffaf köprü arasındaki aşağıdaki yönlerden farklılıkları yazınız.
 - (1) Çalıştıkları katmanlar;
 - (2) Tablolarında tuttukları adresler;
 - (3) Hangi paketleri inceledikleri;
 - (4) Paketleri göndermede uyguladıkları işlemler.

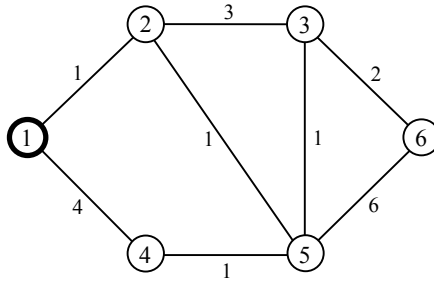
- 8.10.8) “Tünel açma (*tunneling*)” nedir? Şekil çizerek kısaca tanımlayınız. LAN’lardaki çerçevelerin ve WAN’daki paketlerin varış adresi alanlarına MAC adresi ya da ağ adresi olarak hangi birimlerin adreslerinin yazılacağını kısaca belirtiniz.
- 8.10.9) Şekil-8.26’da gösterilen ağda, A’yı başlangıç kabul ederek en kısa yol algoritması (Dijkstra algoritması) yardımıyla, A’dan diğer düğümlere giden en kısa yolların birim değerlerini ve üzerinden geçilen en son düğümü içeren etiket değerlerini her düğüm için bulunuz. Yöntemi nasıl uyguladığınızı bir tablo ile gösteriniz. Düğümlerin son etiket değerlerini tablo ve ağ üzerinde belirtiniz.



Şekil-8.26.

Yanıt: Son etiket değerleri: B(1, A); C(4, B); D(5, E); E(3, A); F(3, G); G(2, A); H(5, C).

- 8.10.10) Şekil-8.27’de gösterilen ağda, 1 no.lu yönlendirici için "en kısa yol algoritması (Dijkstra algoritması)"nı uygulayınız. Bu algoritmanın uygulanmasını bir tablo yardımıyla açıklayınız. Bu tabloda, her tekrar (*iteration*) için 1 no.lu yönlendiriciden diğer yönlendiricilere giden en kısa yolların birim değerlerini ve üzerinden geçilen yolun tanımını içeren etiket değerlerini gösteriniz. 1 no.lu yönlendiricilerin yönlendirme tablosuna kaydedilecek etiket değerlerini bu tablo üzerinde belirtiniz.



Şekil-8.27.

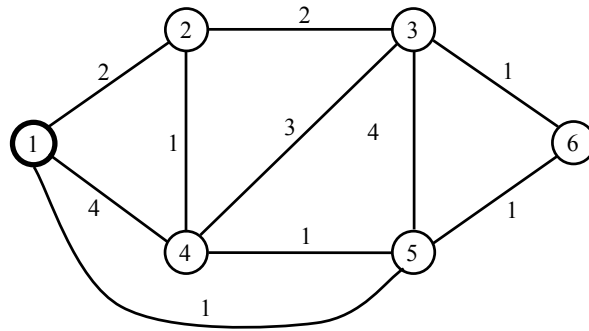
Yanıt:

Yönlendirme tablosuna kaydedilecek son etiket değerleri:

“Düğüm (Uzaklık, yol tanımı)” biçiminde, $D_2(1, 1-2)$; $D_3(3, 1-2-5-3)$; $D_4(3, 1-2-5-4)$; $D_5(2, 1-2-5)$; $D_6(5, 1-2-5-3-6)$.

8.10.11) Şekil-8.28'de gösterilen ağda, yönlendiriciler arasındaki gecikmeler milisaniye türünden gösterilmiştir.

- (a) 1 no.lu yönlendirici için "Bellman-Ford" algoritmasını uygulayınız. Algoritmayı uygularken oluşturacağınız tabloda, sekme sayısını sıfırdan başlatarak artırınız ($h=0, 1, 2, 3, \dots$) ve sekme sayısının her değeri için 1 no.lu yönlendiriciden diğer yönlendiricilere en az kaç sekme ile hangi yönlendiriciler üzerinden erişileceğini belirten etiket değerlerini bulunuz.
- (b) Algoritmanın hangi tekrarda ve neden sona erdiğini açıklayınız.
- (c) 1 no.lu yönlendiricinin yönlendirme tablosuna kaydedeceği etiket değerlerini belirtiniz.



Şekil-8.28.

Yanıt: (a) Yönlendirme tablosuna kaydedilecek son etiket değerleri (5. tekrar: sekme sayısı $h=4$ için): "Düğüm (Uzaklık, yol tanımı)" biçiminde, $D_2(2, 1-2)$; $D_3(3, 1-5-6-3)$; $D_4(2, 1-5-4)$; $D_5(1, 1-5)$; $D_6(2, 1-5-6)$; (b) Algoritma, 5. tekrardan ($h=4$ 'den) sonra etiket değerlerinde değişme olmadığı için sona erer; (c) Algoritmanın son tekrarında elde edilen etiket değerleri 1 no.lu yönlendiricinin yönlendirme tablosuna kaydedilir.

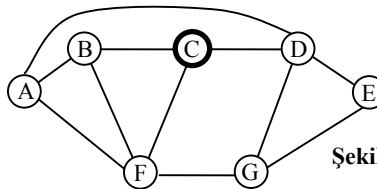
8.10.12) Şekil-8.29'da gösterilen ağda "distance vector routing" yöntemi uygulanmaktadır. C yönlendiricisine gelen gecikme vektörleri ve C'nin komşu yönlendiriciler ile arasındaki ölçülmüş gecikme değerleri aşağıda verilmiştir.

C'ye gelen gecikme vektörleri:

| Hedef | B | D | F |
|-------|----|----|----|
| A | 1 | 11 | 2 |
| B | 0 | 12 | 3 |
| C | 4 | 10 | 5 |
| D | 12 | 0 | 13 |
| E | 17 | 9 | 14 |
| F | 3 | 13 | 0 |
| G | 9 | 7 | 6 |

C'nin ölçtüğü gecikme değerleri:

| CB | CD | CF |
|----|----|----|
| 3 | 7 | 8 |



Şekil-8.29.

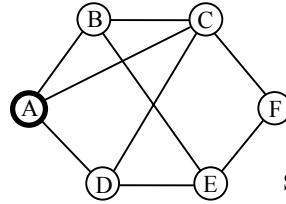
C’de oluşan yeni yönlendirme tablosunu bulunuz. Bulacağınız bu tablo, C’den diğer tüm düğümlere hangi yönlendiriciler üzerinden ve hangi minimum gecikmelerle gidilebileceğini göstermelidir.

Yanıt: C’nin yönlendirme tablosu:

| Hedef | C’den Gecikme | Yol |
|-------|---------------|---------------|
| A | 4 | B üzerinden |
| B | 3 | B’ye doğrudan |
| C | 0 | - |
| D | 7 | D’ye doğrudan |
| E | 16 | D üzerinden |
| F | 6 | B üzerinden |
| G | 12 | B üzerinden |

8.10.13) Şekil-8.30’da gösterilen ağda, “uzaklık vektörü yönlendirme algoritması (*distance vector routing algorithm*)” yöntemi uygulanmaktadır. A yönlendiricisine yeni gelen uzaklık vektörleri

A, B, C, D, E, F
 B’den (6, 0, 5, 10, 6, 3)
 C’den (12, 7, 0, 3, 8, 11)
 D’den (4, 3, 6, 0, 5, 7)



Şekil 8.30

olarak veriliyor. A’dan B’ye, C’ye ve D’ye olan ölçülmüş gecikmeler ise sırasıyla 13, 9 ve 7 ms’dir. A’da oluşan yeni yönlendirme tablosunu elde ediniz; gecikmeleri ve yolları belirtiniz.

Yanıt:

| Hedef | C’den Gecikme | Yol |
|-------|---------------|-------------|
| A | 0 | - |
| B | 10 | D üzerinden |
| C | 9 | C üzerinden |
| D | 7 | D üzerinden |
| E | 12 | D üzerinden |
| F | 14 | D üzerinden |

Kaynaklar

- ÇÖLKESEN, Rifat ve ÖRENCİK, Bülent, “*Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri*”, Papatya Yayıncılık Eğitim, 2002.
- GINSBURG, David, “*ATM: Solutions for Enterprise Internetworking*”, Addison Wesley Longman Ltd., Harlow, England, 1998.
- GOLDMAN, James E., “*Applied Data Communications*”, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1995.
- HALSALL, Fred, “*Data Communications, Computer Networks and Open Systems*”, 4th ed, Addison Wesley Pub. Co., Harlow, England, 1995.
- HAYKIN, Simon, “*Digital Communications*”, John Wiley and Sons, Inc., Canada, 1988.
- HAYKIN, Simon, “*Communication Systems*”, 3rd ed, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1994.
- ITU-T Recommendations, “*I.310: ISDN Network Functional Principles*”.
- ITU-T Recommendations, “*I.411: ISDN User-Network Interfaces References Configurations*”.
- ITU-T Recommendations, “*I.430: ISDN Basic User- Network Interface - Layer 1 Specifications*”.
- ITU-T Recommendations, “*I.441: ISDN Basic User- Network Interface – Data Link Layer Specifications*”.
- ITU-T Recommendations, “*I.451: ISDN Basic User- Network Interface - Layer 3 Specifications*”.
- JAIN, Raj, “*Congestion Control and Traffic Management in ATM Networks: Recent Advances and a Survey*”, Computer Networks and ISDN Systems, Vol 28, pp. 1723-1738, 1996.
- JONES, Edwin, “*Digital Transmission*”, McGraw-Hill Book Co., New York, 1993.
- MARKLEY, Richard W., “*Data Communications and Interoperability*”, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1990.
- MICROSOFT PRESS, “*Networking Essentials*”, Raymond, Washington, 1996.
- SCHWARTZ, Mischa, “*Information Transmission Modulation, and Noise*”, 4th ed, McGraw-Hill Inc., New York, 1990.
- STALLHAGEN, Lars, “*A Comparison between the OSI Reference Model and the BISDN Protocol Reference Model*”, IEEE Network Magazine, January/February, 1996.
- STALLINGS, William, “*Data and Computer Communications*”, 5th ed, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1997.

- STALLINGS, William, “*Data and Computer Communications*”, 6th ed, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 2000.
- STALLINGS, William, “*ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM*”, 4th ed, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1999.
- TANENBAUM, Andrew S., “*Computer Networks*”, 4th ed, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 2003.
- TANENBAUM, Andrew S., “*Computer Networks*”, 3rd ed, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1996.
- TAUB, Herbert, and SCHILLING, Donald, “*Principles of Communication Systems*”, 2nd ed, McGraw-Hill Inc., New York, 1986.

Dizin

| | |
|-----------|-----|
| 2B1Q kodu | 105 |
| 4B3T kodu | 103 |
| 7B8B kodu | 103 |

A

| | |
|---|------------------|
| açık sistemler arabağlantısı | 44 |
| <i>adaptive tree walk protocol</i> (bkz. uyarlamalı dallanma protokolu) | |
| adres alanı | 227 |
| adresleme | 47,183 |
| ağ aygıtları | 255 |
| ağ kablosu | 18 |
| ağ katmanı | 47 |
| ağ katmanına verilen hizmetler | 184 |
| ağ mimarsı | 31, 33 |
| ağ örnekleri | 55 |
| ağ standartlaştırması | 62 |
| ağa erişim katmanı | 52 |
| ağlararası iletişim | 16, 17 |
| akış denetimi | 47, 183 |
| akış denetimi yöntemleri | 190 |
| alan isimlendirme sistemi | 49 |
| alındısız-bağlantısız hizmet | 184 |
| alındılı/alındısız bağlantılı hizmet | 185 |
| ALOHA | 244 |
| altağ | 26, 275 |
| anahtarlamalı LAN | 19, 21 |
| anahtarlamalı sanal devre | 39, 128,131, 155 |
| analog işaret/iletişim sistemleri | 70 |
| analog mesaj | 69 |
| arayüz | 32, 35, 36, 54 |
| ARPANET | 57, 287 |
| ARQ yöntemi | 207 |
| ASCII kodu | 92, 188, 201 |
| asenkron iletim | 116 |
| aşağı doğru çoğullama | 48 |
| atış gürültüsü | 119 |
| ATM | 149 |
| AAL katmanı | 157,159 |
| ABR hizmeti | 161 |
| CBR hizmeti | 160 |
| CS altkatmanı | 157 |
| fiziksel katman | 153 |
| hizmet kalitesi parametreleri | 164 |
| hizmet kalitesi | 162 |
| hizmet sınıfları | 159,164 |
| hücre aktarım gecikmesi | 162 |
| hücre gecikme değişmesi toleransı | 163 |
| hücre gecikme değişmesi | 163 |

| | |
|----------------------------|-----|
| hücre kayıp oranı | 162 |
| hücre yapısı | 149 |
| hücresi başlığı | 156 |
| LAN emülasyonu | 164 |
| maksimum patlama genişliği | 163 |
| minimum hücre hızı | 163 |
| nrt-VBR hizmeti | 160 |
| ortalama hücre hızı | 162 |
| PMD altkatmanı | 153 |
| rt-VBR hizmeti | 160 |
| SAR altkatmanı | 157 |
| TC altkatmanı | 154 |
| tepe hücre hızı | 162 |
| trafik özellikleri | 162 |
| UBR hizmeti | 161 |

B

| | |
|---|------------------------|
| B8ZS kodu | 101 |
| <i>backbone</i> (bkz.omurga) | |
| bağlantı durumu algoritması | 276, 291, 292 |
| bağlantı kullanım oranı | 192,194,210,11,215-217 |
| bağlantı kutuları | 19, 255, 257 |
| bağlantı yönetimi | 47, 184 |
| bağlantılı ağlar | 28 |
| bağlantılı hizmetler | 36,37, 41 |
| bağlantılı yönlendirme | 273 |
| bağlantısız hizmetler | 36, 37, 41, 52 |
| bağlantısız yönlendirme | 273 |
| bant geçiren süzgeç | 84 |
| bantgenişliği | 71, 73 |
| <i>basic bit-map protocol</i> (bkz. temel bit haritası prot.) | |
| başarım karşılaştırması (geri-git-N ve seçmeli red) | 217, 218 |
| bayrak | 118, 189 |
| bellenim | 34 |
| Bellman-Ford algoritması | 281-284 |
| BER (bkz. bit hata hızı) | |
| BISDN ATM başvuru modeli | 152 |
| BISDN hizmetleri | 150, 151 |
| BISDN standartları | 152 |
| BISDN | 145, 147, 149, 150 |
| bilgi biti aktarım hızı | 223 |
| bilgi çerçevesi | 229 |
| bilgi hızı | 81 |
| bilgi içeriği | 79 |
| bilgi iletim hızı | 222 |

Bilgisayar Ağları

- bilgisayar ağlarının tanımı 13
bilgisayar ağlarının sınıflandırılması 16, 17
binary countdown protocol
(bkz. ikili geri sayma protokolu)
binary tree (bkz. ikili ağaç)
bindirmeli bağlantı 261
birincil istasyon 225
birleşik köprü ve yönlendiriciler 255,
293
bit doldurma 187
bit hata hızı 222, 224
bit kodları 96
 B8ZS kodu 101
 CMI kodu 100
 farksal *Manchester* kodu 101
 HDB3 kodu 99
 iki kutuplu NRZ kodu 96
 iki kutuplu RZ kodu 98
 kutupsal NRZ kodu 96
 kutupsal RZ kodu 98
 Manchester kodu 100
 sözde üçlü kod 98
 tek kutuplu NRZ kodu 96
 tek kutuplu RZ kodu 96
bit yapılı çerçeve 118
bit yapılı çerçeveleme 187
bit yapılı iletim 117
blok kodları 102
 2B1Q kodu 105
 4B3T kodu 103
 7B8B kodu 103
 mB1C kodu 102
boru hattı 209, 213
boş modem 172
boyuna fazlalık sınaması 201
bozulma 121
bridges (bkz. köprüler)
burst error (bkz. patlama hatası)
burst noise (bkz. patlama gürültüsü)
bursty traffic (bkz. patlamalı trafik)
bus topoloji (bkz. ortak yol bağlantısı)
bükümlü çift kablo 176
- C-Ç**
CDMA 252
CDPD 252
checksum (bkz. hata denetimi)
CMI kodu 100
contention slots (bkz. çekişme dilimleri)
contention systems (bkz. çekişmeli sistemler)
CRC (bkz. çevrimli fazlalık sınaması)
CRC yönteminin özellikleri 204
CSMA/CD (bkz. çarpışma sezme CSMA)
- cut-through switching* 272
çarpışma sezme CSMA 23, 246, 247
çarpışma 23, 24
çarpışmasız protokollar 247
çekişme dilimleri 247, 251
çekişmeli sistemler 244
çerçeve 16, 32, 33
çerçeve başlama ve bitiş sınırlayıcı 267
çerçeve iletimi 130
çerçeve modu taşıyıcı hizmet 131
çerçeve patlaması 263, 264
çerçeve tipleri 227
çerçeve uzunluğu 269
çerçeveleme 46, 183
çerçeveleme yöntemleri 187
çevirici köprüler 259, 264
çevrimli fazlalık sınaması 202
çoğullama 34, 83
çoklu çerçeve 87
çoklu dağıtım 17
çoklu erişim kanalı 22
çoklu erişim protokolları 22, 241, 243
çoklu gönderme 267
- D**
darbe kod modülasyonu 78
datagram 274
datagram ağları 273
datagram hizmeti 38
DCE 170
de facto standartlar 63
de juri standartlar 63
denetim çerçevesi 229
dengeli düzenleme 226
dengeli iletim 172
dengesiz düzenleme 225
dengesiz iletim 174
devre 37
devre anahtarlama 37
devre anahtarlama ağ 37, 39
Dijkstra algoritması 277-280, 283, 284, 291
dilimli ALOHA 245
dinamik kanal atama 23, 243
dinamik yönlendirme algoritmaları 276,
287
distance vector algorithm
(bkz. uzaklık vektörü algoritması)
DLCI 183
DNS (bkz. alan isimlendirme sistemi)
dolgu 268
dosya aktarımı 60
DQDB 26

Papatya Yayıncılık Eğitim

DTE 169
duobinary kodlama 106
dur ve bekle ARQ yöntemi 208
dur ve bekle protokolu 191-194

E-F

elektronik posta 15, 50, 60,161
elektronik ticaret 15
en iyi yol 274, 275
en kısa yol algoritması 277
entropy (bkz. ortalama bilgi içeriği)
erişim denetim alanı 267
eşdüzey öge 31
eşdüzey protokol 31, 32, 54
eşlik biti 201
eşlik denetimi 200
eşzamanlama 46 183
eşzamanlı olmayan dengeli mod 226
eşzamanlı olmayan TDM 89,150
eşzamanlı olmayan TDM'de başarımları 90
eşzamanlı olmayan yanıt modu 226
eşzamanlı TDM 87, 150
Ethernet 18, 23, 262
Ethernet LAN çerçeve yapısı 267, 292, 293
Etkileşimli eğlence 15
farksal *Manchester* kodu 101, 117, 190
FDDI halkası 269, 270
FDM (bkz. frekans bölüşümlü çoğullama)
FDM alıcısı 85
FDM sıradüzeni 85, 86
FDM vericisi 85
fiber optik kablo 178-180
fiber optik monomode kablo 180, 270
fiber optik multimode kablo 180, 270
fiziksel katman standartları 169
fiziksel katman 46, 52, 169
flooding algorithm (bkz. su baskını algoritması)
FRAD 132
frame relay (bkz. çerçeve iletimi)
frekans bölüşümlü çoğullama 22, 83, 242

G

gateways (bkz. geçityolları)
geçityolları 129, 255, 294, 295
geniş alan ağları 16, 17, 26, 292
genişbantlı ağlar 178
genlik spektrumu 76
geri-git-N ARQ yöntemi 209
geriye doğru hata düzeltme (bkz. ARQ)
geriye doğru öğrenme 260
girişim 121, 180

gönderme hızı 269
GSM 252
gürültü kaynakları 119
gürültü 119
güvenilir hizmet 40
güvenilir olmayan hizmet 40
güvenilirlik 14

H

haber grupları 15, 60
halka arayüzü 18
halka bağlantısı 18
Hamming kodlaması 218-222
Hamming uzaklığı 221
hat kodlaması 94
hat kodlarının sınıflandırılması 95
hat kodu seçim kriterleri 112
hata denetim yöntemleri 199
hata denetimi 34, 46, 183, 268
hata düzeltme yöntemleri 207
hata sezme yöntemleri 200
hata türleri 208
HDB3 kodu 99
HDLC bağlantısının kurma ve çözme 230, 231
HDLC çerçevesi 130, 226
HDLC protokolu 118, 129, 225
hizmet erişim noktası 35
hizmet ilkelleri 40, 42
hizmet kalitesi 40, 160, 162
hizmet kullanıcı 35
hizmet sınıfları 35
hizmet sunucu 35
hizmet türleri 41
hizmet veri birimi 35
hizmetler 35, 43, 54
hubs (bkz. bağlantı kutuları)

I-İ

IAB 65
IDN 133
IEEE 802.3 (bkz. *Ethernet*)
IEEE 802.4 (bkz. *Token Bus*)
IEEE 802.4 (bkz. *Token Ring*)
IEEE, IETF 65
Internetworks (bkz. bağlantılı ağlar)
IRTF 65
ISDN 133
ağlararası iletişim 148
arayüzü 140, 141, 174,175
B kanalları 144
başvuru noktaları 140

Bilgisayar Ağları

| | | |
|---|-------------------|--|
| birincil erişim | 142 | |
| çağrı kurma ve çözme | 145 | |
| D kanalları | 144 | |
| ek hizmetler | 138 | |
| evrimi | 136 | |
| H kanalları | 144 | |
| hizmet kavramı | 136 | |
| hizmetlerine erişim | 138 | |
| işlevsel gruplar | 138 | |
| kanal yapıları | 142 | |
| kullanılan kanallar | 141 | |
| NT1 | 139 | |
| NT12 | 140 | |
| NT2 | 139 | |
| önemli özellikleri | 148 | |
| protokol mimarisi | 144 | |
| S/T arayüzü (bkz.ISDN arayüzü) | | |
| standartları | 134 | |
| tanımı | 134 | |
| taşıyıcı hizmetler | 136 | |
| TE1 | 140 | |
| TE2 | 140 | |
| telehizmetler | 137 | |
| temel erişim | 142 | |
| terminal uyarlayıcı | 140 | |
| uyarlama | 148 | |
| uygulama örnekleri | 147 | |
| ısı gürültü | 119 | |
| ISO | 64 | |
| ısrarcı CSMA protokolü | 245 | |
| ısrarcı olmayan CSMA protokolü | 245 | |
| ITU | 63 | |
| ITU-T üyelik sınıfları | 63 | |
| ITU-T'nin görevleri | 64 | |
| iki kutuplu NRZ kodu | 96 | |
| iki kutuplu RZ kodu | 98 | |
| ikili ağaç | 250 | |
| ikili geri sayma protokolü | 248 | |
| ikincil istasyon | 225 | |
| ileriye doğru hata düzeltme | 207, 217 | |
| iletim hızı | 81 | |
| iletim ortamı türleri | 176 | |
| iletişim hizmetlerinin karşılaştırılması | 165 | |
| iletişim kanalı | 37 | |
| iletişim kanalının başarımı | 225 | |
| ilişkili kodlama | 105 | |
| ilişkili kodlamayı genel biçimi | 111 | |
| İnternet bağlantısının kurulması | 232, | |
| | 233 | |
| İnternet katmanı | 52 | |
| İnternet mimarisi kurulu | 65 | |
| İnternet topluluğu | 65 | |
| İnternet | 28, 59 | |
| istatistiksel çoğullama | | |
| (bkz. eşzamanlı olmayan TDM) | | |
| iş çıkarma yeteneği | 90, 244 | |
| işaret bantgenişliği | 71 | |
| işaret gürültü oranı | 70, 120 | |
| işaret | 69 | |
| J-K | | |
| jeton geçirme | 21, 25 | |
| jetonlu halka | 18, 21, 262, 269 | |
| jetonlu yol | 18, 25, 269 | |
| kablosuz ağlar | 28 | |
| kablosuz LAN'lar | 181, 252 | |
| kalıcı sanal devre | 39, 128, 131, 155 | |
| kanal atama | 16, 22 | |
| kanal bantgenişliği | 74 | |
| kanal kapasitesi | 82, 287 | |
| kanal verimliliği | 244, 246 | |
| kapsayan ağaç algoritması | 261, 262 | |
| karakter doldurma | 187 | |
| karakter sayma yöntemi | 187 | |
| karakter yapılı çerçeve | 118 | |
| karakter yapılı çerçeveleme | 187 | |
| karakter yapılı iletim | 117 | |
| katman | 31 | |
| katmanlı ağ yapısı | 31 | |
| kayan pencere protokolü | 195-199 | |
| kaynak adresi | 16, 267 | |
| kaynak paylaşımı | 14 | |
| kaynaktan yönlendirmeli köprüler | 259, 262 | |
| kentsel alan ağları | 16, 17, 26 | |
| keşif çerçeveleri | 262 | |
| kısır döngü | 261 | |
| kızılötesi ışın | 179 | |
| kiralık hat | 125, 132 | |
| koaksiyal kablo | 176-178 | |
| kod aykırılığı yöntemi | 190 | |
| kodlama verimliliği | 222 | |
| kodlama | 92 | |
| koruma bandı | 84 | |
| köprü kurmada karşılaşılan uyum sorunları | 266 | |
| köprü türleri | 259 | |
| köprüler | 255 | |
| köprülerin başarımları | 269 | |
| köprülerin kullanım yerleri | 258 | |
| köprülerinin kıyaslanması (TB ile SRB) | 263 | |
| kullanıcı/sunucu modeli | 14 | |
| kutupsal NRZ kodu | 96 | |
| kutupsal RZ kodu | 98 | |
| küresel adres | 267 | |

L

LAN (bkz. yerel alan ağları)
 LAN anahtarları 255, 271
 LAN bağlantı türleri 19
 LAN *switches* (bkz. LAN anahtarları)
 LAN'larda farklı çerçeve yapıları 267
 LAP-B protokolu 129, 225
 LAPD protokolu çerçeve yapısı 144
 LAP-F protokolu 130
Layer-3 switches (bkz. 3. katman anahtarları)
limited contention protocols
 (bkz. sınırlı çekişmeli protokollar)
link state algorithm
 (bkz. bağlantı durumu algoritması)
 LLC altkatmanı 164
logical link control sublayer (LLC altkatmanı)
 LRC (bkz. boyuna fazlalık sınaması)

M-N

MAC *sublayer* (bkz. MAC altkatmanı) 22, 241
 MACA 252
 MACAW252
 maksimum kanal kapasitesi 82
 MAN (bkz. kentsel alan ağları)
Manchester kodu 100, 117, 190
 mantıksal bağlantı denetim altkatmanı
 (bkz. LLC altkatmanı)
 mantıksal kanal 34
mB1C kodu
 merkezi denetimli kanal atama 23
 mesaj 32, 33, 69
 M-li işaret 70
 modemler 76
modified duobinary kodlama 109
 modülo 2 toplaması 200
multicasting (bkz. çoklu gönderme)
multiplexing (bkz. çoğullama)
 noktadan-noktaya ağlar 17, 18, 27, 28
 normal yanıt modu 226
Nowell Netware 55, 287
 NRZ kodları (bkz. bit kodları)
 NSFNET 59
 numarasız çerçeve 229, 230
Nyquist örnekleme aralığı 77
Nyquist örnekleme hızı 77

O-Ö

omurga 257, 259, 269, 270, 272
 ortak yol bağlantı türleri 20
 ortak yol bağlantısı 18
 ortak yol hakem birimi

ortalama bilgi içeriği 80
 ortalama paket gecikmesi 287
 ortalama paket hızı 287
 ortalama paket uzunluğu 287
 ortama erişim denetim altkatmanı
 (bkz. MAC altkatmanı)
 ortama erişim 16
 OSI (bkz. açık sistemler arabağlantısı)
 OSI başvuru modeli 45, 51, 52, 55
 oturma katmanı 49
 ölçeklenebilirlik 14
 örnekleme teoremi 77

P-R

PAD 129
 paket anahtarlama 38
 paket anahtarlama ağ 27, 39, 273
 paket 32, 33, 274
 paralel iletim 114
 patlamalı trafik 127
passive hubs (bkz. bağlantı kutuları)
 patlama gürtüsü 23
 patlama hataları 206
payload (bkz. yararlı yük)
 PCM (bkz. darbe kod modülasyonu)
 p-ısrarcı CSMA protokolu 245
piggybacking (bkz. sırtta taşıma)
pipelining (bkz. boru hattı)
 PPP 231, 232
 protokol 31, 43
 protokol veri birimi 32
pseudoternary kod (bkz. sözde üçlü kod)
 PSPDN 128
 rasgele yönlendirme 285
remote bridges (bkz. uzak bağlantı köprüleri)
repeaters (bkz. tekrarlayıcılar)
reservation protocols (bkz. yer ayırma prot.)
 RFC 65
ring topoloji (bkz. halka bağlantısı)
routers (bkz. yönlendiriciler)
 RS-232-C arayüzü 169-173
 RS-422-A standardı 172
 RS-423-A standardı 174
 RS-449 arayüzü 172
 RZ kodları (bkz. bit kodları)

S-Ş

sanal devre/kanal 38, 273
 sanal yol 155
 sanal yol/kanal kimliği 149
 SAP (bkz. hizmet erişim noktası)
 SAPI 183, 227

Bilgisayar Ağları

| | |
|--|------------------------|
| sayısal iletişim sistemleri | 70 |
| sayısal işaret | 70 |
| sayısal mesaj | 69 |
| SDU (bkz. hizmet veri birimi) | |
| seçmeli red yöntemi | 215 |
| <i>segment</i> | 32, 33 |
| sekme sayacı | 284, 286 |
| sembol hızı | 81 |
| senkron iletim | 117 |
| seri iletim | 115 |
| sınırlı çekişmeli protokollar | 249 |
| sıralama denetimi | 46,183 |
| sırtta taşıma | 199 |
| <i>sink tree</i> (bkz. yutak ağacı) | |
| sistem bantgeniği | 74, 75 |
| SLIP | 231, 232 |
| SMDS hizmeti | 125 |
| SNR (bkz. işaret gürlüğü oranı) | |
| sonlandırma direnci | 18 |
| sosyal sorunlar | 15 |
| <i>source routing bridges</i> (bkz. kaynaktan yönlendirmeli köprüler) | |
| sözde üçlü kod | 98 |
| <i>spanning tree algorithm</i> (bkz. kapsayan ağaç algoritması) | |
| spektrum | 71 |
| standart | 61 |
| standart sınıfları | 63 |
| standartlaştırma | 60 |
| <i>star topology</i> (bkz. yıldız bağlantısı) | |
| statik kanal atama | 22, 242 |
| statik yönlendirme algoritmaları | 276, 277 |
| su baskını algoritması | 260, 261, 263, 284-286 |
| sunuş katmanı | 49 |
| süzme hızı | 269 |
| şeffaf köprüler | 259 |
| şeffaf köprülerde kısır döngü sorunu | 261 |
| şeffaf köprülerin çalışma ilkeleri | 259 |

T

| | |
|--|------------------|
| tampon bellek | 195, 197, 198 |
| taşıyıcı sezmesi çoklu erişim protokolları | 245 |
| TCP | 53 |
| TCP/IP modeli | 50, 52, 55 |
| TDM (bkz. zaman bölüşümlü çoğullama) | |
| TDM standartları | 89 |
| TEI | 183, 227 |
| tek kutuplu NRZ/RZ kodu | 96 |
| tekrarlayıcılar | 20, 120, 255-257 |
| telsiz iletim | 181 |
| <i>throughput</i> (bkz. iş çıkarma yeteneği) | |

| | |
|---|-----|
| Token Bus (bkz. jetonlu yol) | |
| <i>Token Bus</i> LAN çerçeve yapısı | 267 |
| Token Ring (bkz. jetonlu halka) | |
| Token Ring LAN çerçeve yapısı | 267 |
| trafik akışına dayalı yönlendirme alg. | 287 |
| <i>translating bridges</i> (bkz. çevirici köprüler) | |
| <i>transparent bridges</i> (bkz. şeffaf köprüler) | |
| TRIB (bkz. bilgi biti aktarım hızı) | |
| tümleşik hizmetler sayısal ağı (bkz. ISDN) | |
| tünel açma | 292 |

U-Ü

| | |
|-------------------------------|---------------|
| UDP | 53 |
| ulaşım katmanı | 47, 53 |
| uyarlamalı dallanma protokolu | 250 |
| uydu ağlar | 16 |
| uygulama katmanı | 49,53 |
| uzak bağlantı köprüleri | 259, 265, 266 |
| uzaklık vektörü algoritması | 276, 287-290 |
| üçüncü katman anahtarları | 255, 293 |
| üreteç polinom | 202 |

V-W

| | |
|------------------------------|-------------------|
| V.35 arayüzü | 176 |
| veri akış hızı denetimi | 34 |
| veri alanı uzunluğu | 268, 269 |
| veri bağı katmanı | 46, 183, 186, 225 |
| veri iletim türleri | 114 |
| veriyolu | 18 |
| WAN (bkz. geniş alan ağları) | |
| WDMA | 252 |
| WWW | 60 |
| X.21 standardı | 174 |
| X.25 ağı | 128 |
| X.75 protokolu | 129 |

Y-Z

| | |
|---|----------|
| yalın ALOHA | 244 |
| yankı paketi | 288, 291 |
| yararlı yük | 32, 265 |
| yayın ağları | 16 |
| yayın ağlarında kanal atama yöntemleri | 22, 242 |
| yayın kanalı | 22, 242 |
| yer ayırtma protokolları | 248 |
| yerel adres | 267 |
| yerel alan ağları | 17 |
| yerel alan ağlarının bağlantı türleri | 18 |
| yıldız bağlantısı | 18, 21 |
| yönlendirici ile köprü arasındaki farklar | 274 |

| | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| yönlendiriciler | 27, 255, 272 |
| yönlendirme algoritmaları | 17, 274, 275 |
| yönlendirme algoritmalarının türleri | 276 |
| yönlendirme tablosu | 278, 280, 281, 282, 292 |
| yönlendirme türleri | 273 |
| yukarı doğru çoğullama | 48 |
| yutak ağacı | 275 |
| zaman bölüşümlü çoğullama | 22, 86, 242 |
| zayıflama | 120, 179 |