Пакеттік коммутациялы сандық желілер

Дәріс 4: Ethernet технологиясы және жергілікті желілер

ДӘРІСКЕР: PhD, доцент м.а.
Сқабылов Әлішер Әлиұлы

Дәрістің мақсаты:

Жергілікті желілердің (LAN) құрылымын және Ethernet технологиясының жұмыс принциптерін түсіндіру.

IEEE 802.3 стандарттарын, кадр құрылымын, MAC-мекенжайлау мен CSMA/CD әдісін талдау, сондай-ақ Ethernet желісінің негізгі параметрлерін есептеу дағдыларын қалыптастыру.

Жергілікті желілер және Ethernet технологиясының дамуы

Жергілікті желі (LAN) — бір ғимарат немесе кампус шегінде компьютерлерді, принтерлерді, серверлерді және басқа құрылғыларды біріктіретін желі. LAN желілерінің **негізгі ерекшеліктері:**

- Жоғары деректерді беру жылдамдығы.
- Аз кідіріс.
- Шектеулі географиялық аумақ.
- Желіні иесінің өзі басқаруы.

Ethernet — жергілікті желілерде кадрлар арқылы деректер алмасуды қамтамасыз ететін негізгі технологиялардың бірі. Ethernet технологиясы 1973 жылы Xerox PARC зерттеу орталығында Роберт Меткалф бастаған топпен жасалды. 1983 жылы IEEE 802.3 стандарты ретінде бекітілді.

IEEE 802.3 стандарттары және физикалық орталар

IEEE 802 — жергілікті және қалалық желілерге арналған стандарттар жиынтығы.

Негізгі стандарттар:

- IEEE 802.3 — Ethernet технологиясы.
- IEEE 802.11 — Wi-Fi сымсыз желілері.
- IEEE 802.1 — желіні басқару, VLAN және STP.
- IEEE 802.2 — логикалық арнаны басқару (LLC).

Ethernet стандарттарының атауы **үш бөліктен** тұрады: жылдамдық, сигнал беру тәсілі және физикалық орта түрі.



Ethernet физикалық орталарының негізгі стандарттары

Стандарт	Жылдамдық	Физикалық орта	Ең көп ұзындық
10BASE-T	10 Мбит/с	Cat3 және жоғары	100 м
100BASE-TX	100 Мбит/с	Cat5	100 м
1000BASE-T	1 Гбит/с	Cat5e	100 м
1000BASE-SX	1 Гбит/с	Көпмодалы талшық	550 м
10GBASE-T	10 Гбит/с	Cat6a	100 м
10GBASE-SR	10 Гбит/с	Көпмодалы талшық OM3	300 м
10GBASE-LR	10 Гбит/с	Бірмодалы талшық	10 км

Мысалы, 1000BASE-T атауында 1000 — жылдамдықты (Мбит/с), BASE — базалық жиіліктегі сигнал беруді, T — бұралған жұп кабельді білдіреді.

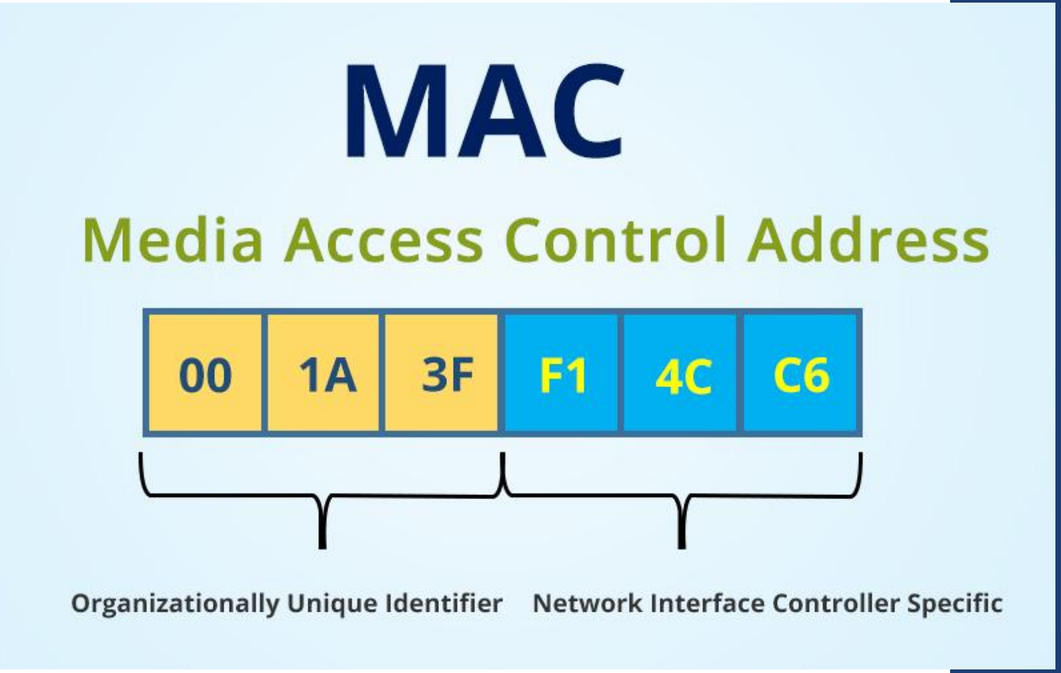
MAC-мекенжай және оның құрылымы

MAC-мекенжай (Media Access Control) — желілік адаптердің арналық деңгейде қолданылатын 48 биттік (6 байт) физикалық мекенжайы. MAC-мекенжайлар жергілікті желіде құрылғыларды анықтау және Ethernet кадрларын тиісті қабылдаушыға жеткізу үшін қолданылады. Ол он алтылық жүйеде жазылады.

Мысалы: 00:1A:2B:3C:4D:5E

MAC-мекенжай **екі негізгі бөліктен** тұрады:

- Алғашқы 3 байт (OUI) — IEEE ұйымы өндірушіге беретін идентификатор.
- Соңғы 3 байт — өндіруші тағайындайтын желілік адаптердің бірегей нөмірі.



Ethernet кадрының құрылымы

Ethernet кадры — арналық деңгейде тасымалданатын деректер блогы. Ол тақырыптан, жүктемеден және бақылау қосындысынан тұрады.

Өріс	Өлшемі	Қызметі
Преамбула	7 байт	Қабылдағышты синхрондау
SFD	1 байт	Кадрдың басталуын көрсету
Қабылдаушы MAC	6 байт	Қабылдаушыны анықтау
Жіберуші MAC	6 байт	Жіберушіні анықтау
EtherType	2 байт	Жоғарғы деңгей хаттамасын анықтау
Деректер	46–1500 байт	Пайдалы ақпарат
FCS	4 байт	Қателерді тексеру (CRC-32)

SMA/CD әдісі

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) — ортақ байланыс ортасына бірнеше құрылғының қолжетімділігін реттейтін әдіс. Бұл әдіс хаб немесе коаксиалды кабель сияқты ортақ ортада қолданылады.

Жұмыс алгоритмі:

1. Құрылғы желілік ортаны тыңдайды.
2. Егер арна бос болса, деректерді жіберуді бастайды.
3. Егер арна бос болмаса, күту режиміне өтеді.
4. Жіберу кезінде коллизия анықталса, JAM-сигналын жібереді.
5. Кездейсоқ уақыт аралығын күтіп, деректерді қайта жібереді.

Коллизия кезінде 32 биттік JAM-сигнал жіберіледі. Қайта жіберу үшін Binary Exponential Backoff алгоритмі қолданылады.
16 әрекеттен кейін жіберу тоқтатылып, қате туралы хабар беріледі.

Slot Time және оның есептелуі

Slot Time — CSMA/CD алгоритмінде коллизияны анықтауға арналған уақыт аралығы. Оның ұзақтығы 512 бит уақытына тең.

$$t = \frac{512}{R}$$

Мұндағы:

- t — уақыт слоты;
- 512 — бит саны;
- R — желінің жылдамдығы (бит/с).

Жылдамдық артқан сайын Slot Time азаяды. Сондықтан жоғары жылдамдықтағы Ethernet желілерінде ортақ ортаны пайдалану қиындайды.
Қазіргі коммутацияланатын Ethernet желілерінде CSMA/CD іс жүзінде қолданылмайды.

Дуплекс режимі

Ethernet желілерінде деректерді беру **екі режимде** ұйымдастырылады.

Half-Duplex:

- Деректер бір уақытта тек бір бағытта беріледі.
- Құрылғы бір мезгілде жібере немесе қабылдай алады.
- Коллизия болуы мүмкін.
- CSMA/CD әдісі қолданылады.

Full-Duplex:

- Деректер екі бағытта бір мезгілде беріледі.
- Жіберу мен қабылдау арналары бөлек болады.
- Коллизия болмайды.
- CSMA/CD қолданылмайды.

Коммутацияланатын Ethernet

Хабты коммутатормен ауыстыру Ethernet технологиясының маңызды өзгерісі болды.

Коммутатор:

- Әр порт үшін жеке коллизиялық домен құрады.
- Кадрларды қабылдаушы орналасқан портқа бағыттайды.
- Порттардың жылдамдығы мен дуплекс режимін Auto-negotiation арқылы келіседі.

Full-Duplex режимі екі бағыттағы деректерді бір мезгілде тасымалдауға мүмкіндік береді.



Сымсыз жергілікті желілер (Wi-Fi)

Wi-Fi — IEEE 802.11 стандарттарымен сипатталатын сымсыз жергілікті желі технологиясы. Алғашқы стандарты 1997 жылы қабылданды.

Wi-Fi желісінің **негізгі элементтері:**

- **Access Point** — бірнеше клиент құрылғысының желіге қосылуын қамтамасыз етеді.
- **SSID** — сымсыз желінің атауы.
- **CSMA/CA** — сымсыз ортада коллизияның алдын алуға арналған қолжетімділік әдісі.
- **WPA2/WPA3** — деректерді қорғау және шифрлау протоколдары.

Білімді бекітуге арналған сұрақтар:

1. Жергілікті желі (LAN) дегеніміз не және оның негізгі ерекшеліктері қандай?
2. Ethernet технологиясы қай жылы және қандай стандарт ретінде бекітілді?
3. 1000BASE-T атауындағы әрбір бөлік нені білдіреді?
4. MAC-мекенжайдың құрылымы қандай және Broadcast мекенжайы қалай жазылады?
5. Ethernet кадрының негізгі өрістерін және олардың қызметін атаңыз.
6. Неліктен Ethernet кадрының ең аз өлшемі 64 байт?
7. CSMA/CD алгоритмінің жұмыс принципін түсіндіріңіз.
8. Half-Duplex пен Full-Duplex режимдерінің айырмашылығы неде?
9. Коммутаторды хабпен салыстырғанда коллизиялық домен қалай өзгереді?
10. CSMA/CA әдісі Wi-Fi желілерінде қандай мақсатта қолданылады?

Әдебиеттер тізімі:

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. — СПб.: Питер, 2020.
2. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2012.
3. Kurose J.F., Ross K.W. Computer Networking: A Top-Down Approach. 8th ed. — Pearson, 2021.
4. Stallings W. Data and Computer Communications. 10th ed. — Pearson, 2014.
5. Forouzan B.A. Data Communications and Networking. 5th ed. — McGraw-Hill, 2013.
6. IEEE Std 802.3-2022. IEEE Standard for Ethernet. — IEEE, 2022.
7. IEEE Std 802.11-2020. Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. — IEEE, 2021.
8. Spurgeon C.E., Zimmerman J. Ethernet: The Definitive Guide. 2nd ed. — O'Reilly Media, 2014.