Пакеттік коммутациялы сандық желілер

Дәріс 2: Сандық желілердің архитектурасы және модельдері

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

Дәрістің мақсаты:

Сандық желілердің құрылымдық ұйымдастырылуын, пакеттік коммутация принципін және желілік өзара әрекеттестіктің OSI мен TCP/IP модельдерін түсіндіру.

Деректерді инкапсуляциялау процесін талдап, желідегі кідіріс пен өткізу қабілетін бағалау дағдыларын қалыптастыру.

Сандық желілердің жалпы сипаттамасы

Сандық желі — ақпарат екілік (дискретті) сигналдар түрінде берілетін және өңделетін, өзара байланысқан түйіндер мен байланыс желілерінің жиынтығы.

Қазіргі заманғы сандық желілердің басым бөлігі пакеттік коммутация принципімен жұмыс істейді. Оларға Интернет, корпоративтік желілер және байланыс операторларының желілері жатады.



Сандық желілердің жалпы сипаттамасы

Кез келген сандық желі **төрт негізгі** құрамдас бөліктен тұрады:

- Соңғы құрылғылар (хосттар) — компьютерлер, серверлер, смартфондар және IoT-құрылғылар.
- Аралық құрылғылар — коммутаторлар, маршрутизаторлар және сымсыз қолжетімділік нүктелері.
- Тасымалдау орталары — мыс кабель, оптикалық талшық және радиоарна.
- Хаттамалар мен бағдарламалық қамтамасыз ету — құрылғылар арасындағы деректер алмасу ережелері.

Сандық желілердің жіктелуі

Желілерді қамту аумағына қарай бірнеше түрге бөлуге болады:

Желінің түрі	Сипаттамасы	Мысал
PAN	Жеке құрылғылар арасындағы шағын желі	Bluetooth
LAN	Бір ғимарат немесе кампус аумағындағы желі	Кеңсе желісі
MAN	Қала аумағын қамтитын желі	Қалалық желі
WAN	Үлкен географиялық аумақты қамтитын желі	Интернет

Қызметтік өзара әрекеттесу тәсілі бойынша:

- **Клиент–сервер** — ресурстар арнайы серверлерде шоғырланады, ал клиенттер сол ресурстарға сұраныс жібереді.
- **Теңқұқылы** (Peer-to-Peer) — желідегі барлық түйіндер бірдей құқықта әрекет етеді.

Коммутация тәсілдері

Коммутация — абоненттер арасында ақпарат беру үшін желінің аралық түйіндері арқылы байланыс жолын ұйымдастыру процесі. Желілерде екі негізгі коммутация тәсілі қолданылады:

Арналар коммутациясы

Байланыс сеансы басталғанда жіберуші мен қабылдаушы арасында жеке арна бөлінеді. Бұл арна сеанс аяқталғанға дейін тек осы байланысқа пайдаланылады.

Пакеттік коммутация

Хабарлама бірнеше шағын бөлікке — пакеттерге бөлінеді. Әр пакетте жіберуші мен қабылдаушы мекенжайлары және басқа қызметтік ақпарат болады.

Аралық құрылғылар пакеттерді қабылдап, кезекке қояды және келесі түйінге жібереді (Store-and-Forward).

Коммутация тәсілдерін салыстыру

Көрсеткіш	Арналар коммутациясы	Пакеттік коммутация
Арнаны бөлу	Сеанс бойы жеке	Ортақ пайдаланылады
Кідіріс	Тұрақты, аз	Айнымалы
Арна тиімділігі	Төмен	Жоғары
Қателерге төзімділік	Арна үзілсе, байланыс үзіледі	Пакеттер басқа жолмен жіберілуі мүмкін
Қолданылуы	Дәстүрлі телефония	Интернет, IP-желілер

Пакеттік коммутацияның екі нұсқасы бар:

- **Датаграммалық тәсіл** — әр пакет желі арқылы дербес бағытталады (IP).
- **Виртуалды арна** — деректерді жіберу алдында алдын ала жол орнатылады (MPLS).

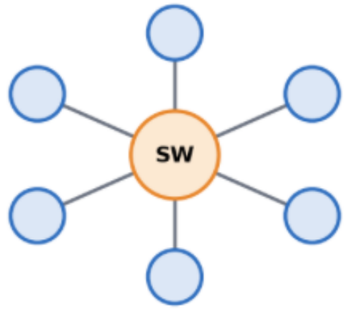
Пакеттік коммутацияның **негізгі артықшылығы** — бір байланыс арнасын бірнеше абоненттің ортақ пайдалану мүмкіндігі. **Кемшілігі** — кезекке байланысты кідірістің өзгеруі және асқын жүктеме кезінде пакеттердің жоғалуы.

Желілік топологиялар

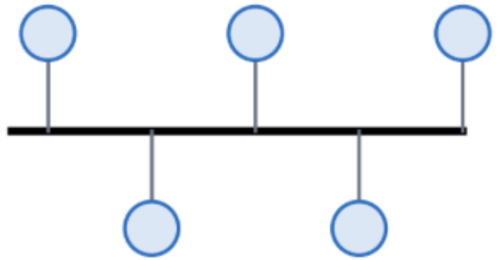
Топология — желі түйіндерінің физикалық немесе логикалық орналасу сұлбасы.

Негізгі топология түрлері:
1. **Жұлдыз** (Star)
Барлық құрылғылар орталық коммутаторға қосылады. Басқару жеңіл, бірақ орталық түйін істен шықса, желінің жұмысы бұзылады.
2. **Шина** (Bus)
Барлық құрылғылар ортақ кабельге жалғанады. Құрылымы қарапайым және арзан, бірақ кабель үзілсе, бүкіл желі істен шығады.

а) Жұлдыз



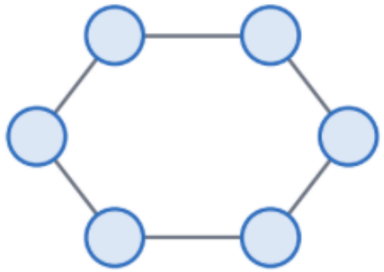
ә) Шина



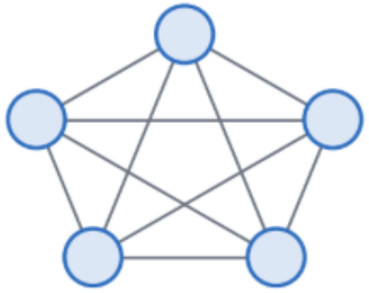
Желілік топологиялар

3. **Сақина** (Ring)
Әр түйін екі көрші құрылғымен байланысады. Сақинаның үзілуі байланысқа әсер етуі мүмкін, сондықтан қосарлы сақина қолданылады.
4. **Толық торлы** (Mesh)
Түйіндер арасында көптеген тікелей байланыстар болады. Сенімділігі жоғары, бірақ құны мен құрылымдық күрделілігі де жоғары.

б) Сақина



в) Толық торлы (mesh)



OSI эталондық моделі

OSI (Open Systems Interconnection) — желілік өзара әрекеттестікті жеті деңгейге бөлетін эталондық модель. Модель 1984 жылы ISO ұйымымен қабылданған. Әр деңгей белгілі бір міндетті орындайды және көрші деңгейлермен интерфейс арқылы әрекеттеседі.

OSI моделінің **негізгі мақсаты** — желілік процестерді деңгейлерге бөліп, олардың міндеттерін жүйелеу.
Бұл модель желілік құрылғылар арасындағы өзара әрекеттестікті түсінуге, стандарттарды қалыптастыруға және ақауларды деңгей бойынша анықтауға мүмкіндік береді.

OSI моделінің деңгейлері және PDU

№	Деңгей	PDU	Хаттамалар мен мысалдар
7	Қолданбалы	Деректер	HTTP, DNS, SMTP
6	Ұсыну	Деректер	TLS, JPEG, ASCII
5	Сеанстық	Деректер	RPC, NetBIOS
4	Транспорттық	Сегмент	TCP, UDP
3	Желілік	Пакет	IP, ICMP
2	Арналық	Кадр	Ethernet, PPP
1	Физикалық	Бит	UTP, оптика, радио

TCP/IP моделі

TCP/IP — Интернеттің жұмыс істеуіне негіз болатын төрт деңгейлі хаттамалар стегі. Ол ARPANET желісінің тәжірибесінен қалыптасты. 1983 жылғы 1 қаңтарда ARPANET толық TCP/IP хаттамаларына көшті. TCP/IP моделінің деңгейлері:

- **Қолданбалы деңгей** — HTTP/HTTPS, DNS, SMTP/IMAP, SSH сияқты хаттамалар арқылы қолданбалардың желімен әрекеттесуін қамтамасыз етеді.
- **Транспорттық деңгей** — TCP және UDP хаттамалары арқылы деректерді процестер арасында жеткізеді.
- **Интернет деңгейі** — IP пакеттерді мекенжай бойынша бағыттайды, ал ICMP қызметтік хабарларды жібереді.
- **Желіге қолжетімділік деңгейі** — Ethernet және Wi-Fi арқылы деректерді физикалық ортада тасымалдайды.

Желідегі кідіріс және өткізу қабілеті

Пакеттің бір желілік түйіннен өту кезіндегі толық кідірісі төрт негізгі құрамдас бөліктен тұрады:

$$d_{\text{жалпы}} = d_{\text{өңд}} + d_{\text{кезек}} + d_{\text{тарату}} + d_{\text{таралу}}$$

Кідірістің құрамдас бөліктері:

- $d_{\text{өңд}}$ — тақырыпты өңдеу және маршрутты анықтау уақыты.
- $d_{\text{кезек}}$ — шығыс буферінде кезекте күту уақыты.
- $d_{\text{тарату}}$ — пакетті арнаға жіберу уақыты.
- $d_{\text{таралу}}$ — сигналдың байланыс ортасында таралу уақыты.

Кідірісті есептеу формулалары

Тарату кідірісі:

$$d_{\text{тарату}} = \frac{L}{R}$$

Таралу кідірісі:

$$d_{\text{таралу}} = \frac{l}{v}$$

Мұндағы:

- L — пакет өлшемі (бит);
- R — арнаның жылдамдығы (бит/с);
- l — байланыс ұзындығы (м);
- v — сигналдың таралу жылдамдығы (м/с).

Білімді бекітуге арналған сұрақтар:

1. Сандық желі дегеніміз не және ол қандай құрамдас бөліктерден тұрады?
2. PAN, LAN, MAN және WAN желілерінің айырмашылығы неде?
3. Арналар коммутациясы мен пакеттік коммутацияны салыстырыңыз.
4. Жұлдыз және шина топологияларының артықшылықтары мен кемшіліктерін атаңыз.
5. OSI моделінің жеті деңгейін және әр деңгейдің PDU-ін атаңыз.
6. TCP/IP моделінің деңгейлері OSI деңгейлерімен қалай сәйкес келеді?
7. TCP және UDP хаттамаларының негізгі айырмашылығы қандай?
8. Инкапсуляция дегеніміз не?
9. Желідегі кідірістің төрт құраушысын атаңыз.
10. 3000 байт пакет 1 Гбит/с арнамен жіберілсе, тарату кідірісі қандай болады?

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. ISO/IEC 7498-1:1994. Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model.
7. RFC 791 – Internet Protocol; RFC 9293 – Transmission Control Protocol (TCP). – www.rfc-editor.org
8. Cisco Networking Academy: www.netacad.com