

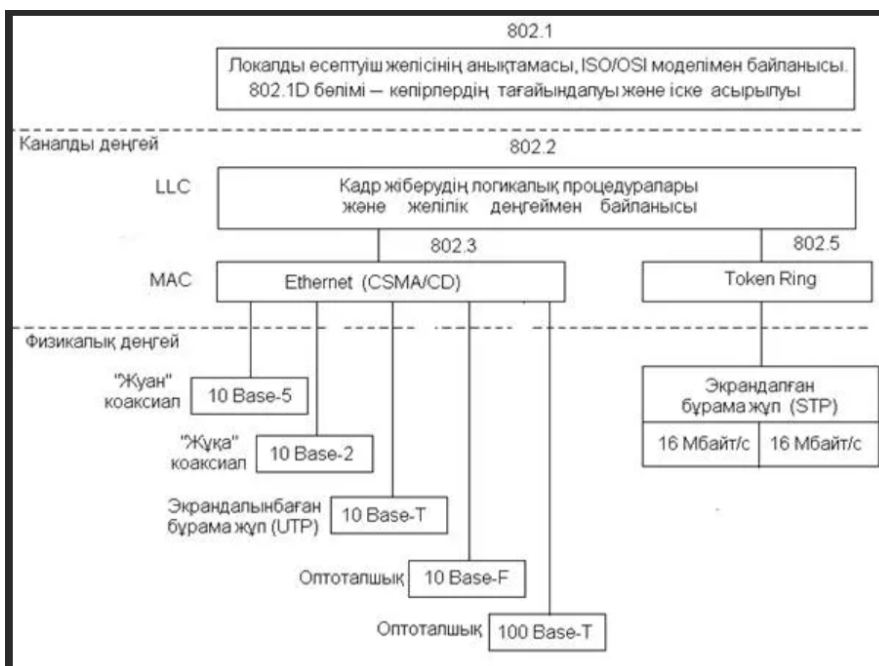
## Дәріс №9: 802.1 х стандартының талаптарын қанағаттандыратын желілік инфрақұрылымды құру кезеңдері

Жергілікті есептік желі деп барлық элементтері салыстырмалы түрде үлкен емес аумақта орналасқан желіні атаймыз. Әдетте бұндай желі бір кәсіпорын немесе ұйымның ақпаратын жинау, тарату және бөлінген өңдеу үшін арналған.

Локальды есептеуіш желісі (ЛЕЖ) құрылымы қызмет көрсетілетін ұйымның құрылысын белгілі шектелген шамада көрсетеді, сондықтан жиі иерархиялық құрылымда болады. ЛЕЖ-да цифрлық сигналдар тасушы жиіліктің (телефондық сымдар бойынша кең жолақты тарату үшін қолданылатын) модуляциясыз физикалық арнаға (қосушы кабель) түсетін дискретті ақпаратты тура тарату қолданылады.

ЛЕЖ архитектурасының негізіне OSI үлгісі қолданылады. ЛЕЖ жұмысы OSI үлгісінің алғашқы екі – физикалық және арналық деңгейінде суреттеледі. Топологияның негізгі үш түрі бар: "шиналық", "жұлдыз" және "сақина".

**Ethernet** - бүгінгі күні ең көп таралған стандарт. IEEE 802.1 стандарттарының 1 - суретте көрсетілген жеткілікті түрде айқын құрылымы бар.



1 сурет - IEEE 802.1 стандарты құрылымы

IEEE 802.X стандартының тобы жеті деңгейлік OSI үлгісінің тек екі төменгі деңгейін – физикалық және арналықты ғана алып жатыр.

**MAC деңгейі.** Сол немесе басқа байланыс стансаның басқаруындағы белгілі алгоритммен сәйкес жалпы ортаға тура үйлесімді қолдануды қамтамасыз етеді. Ортаға рұқсат алған соң, оны одан да жоғары деңгей қолдануы мүмкін - мәліметтерді, транспортты қызметтің әртүрлі деңгейі бар ақпарат кадрларының логикалық бірліктерін таратуды қамтамасыз ететін LLC деңгейі.

**LLC деңгейі** әртүрлі деңгейлі сенімділігі бар түйіндер арасында мәліметтер кадрын таратуға жауап береді, сондай-ақ интерфейс пен оған қосымша желілік деңгейдің функциясын іске асырады. LLC деңгей асты логикалық арнаны басқарудың екі типін қолдайды:

- біріншісі қосылуды орнатпау және жеткізуді растаусыз мәліметті таратуды қамтамасыз етеді;

- екіншісі қосылуды орнату кезінде мәліметті жеткізуді, олардың бүтіндігін және мәлімет ағынын басқаруды растаудан кейін мәліметті таратуды қамтамасыз етеді, яғни келесі кадрды тарату алдыңғы кадрды алғанды растаудан кейін ғана жүреді.

Басқарудың бірінші типі мәліметті таратудың кең түрде хабарлауын қамтамасыз етеді және Ethernet типті, ал екіншісі Token Ring, FDDI типті желілерде қолданылады.

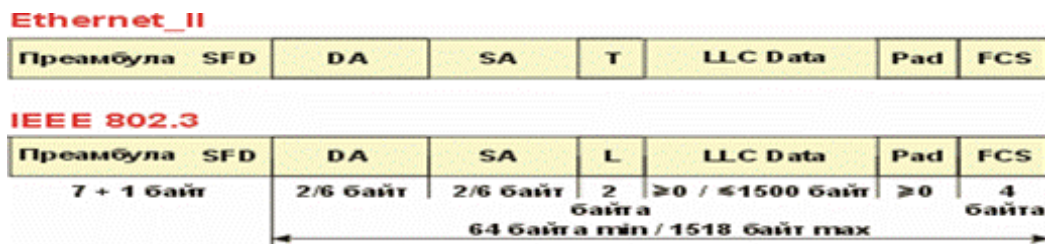
*Кадрлар форматтары.* Кадрлар форматтындағы айырмашылықтар кейде тек бір стандартқа ғана есептелген аппаратураның үйлесімсіздігіне әкелуі мүмкін, бірақ көптеген желілік адаптерлер, көпірлер және маршрутизаторлар Ethernet технологиясының практикада қолданылатын барлық кадрлар форматтарымен жұмыс жасай алады.

Төменде Ethernet кадр тақырыптарының барлық төрт модификациясы көрсетілген (соның ішінде кадр тақырыптарына арналық деңгейге жататын барлық өріс жиынтығы кіреді):

- 802.3/LLC кадр (немесе Novell 802.2 кадр);
- Raw 802.3 кадр (немесе Novell 802.3 кадр);
- Ethernet DIX кадр (немесе Ethernet II кадр);
- Ethernet SNAP.

802.3/LLC кадрдың тақырыбы 802.3 және 802.2 стандарттарында анықталған кадрлар тақырыптар өрістерінің бірігу нәтижесі болып табылады.

2 - суретте негізгі кадр форматтары көрсетілген.



2 сурет– Екі негізгі MAC кадр форматы

Өрістердің төмендегідей міндеттері бар:

- преамбула: 7 байт, оның әрқайсысы бір мен нөлдің алмасуын көрсетеді 10101010. Преамбула қабылдау жағында биттік синхрондауды орнатуға мүмкіндік береді;

- кадр бастамасын шектеуші (SFD, start frame delimiter): 1 байт, тізбектелу 10101011, ары қарай кадрдың ақпараттық өрісі жүретінін көрсетеді. Бұл байт преамбулаға жатуы мүмкін;

- қабылдаушы адресі (DA, destination address): 6 байт, стансалардың MAC-адресін көрсетеді (станцияның MAC-адресі), олар осы кадрлерге белгіленген. Бұл жеке физикалық адрес (unicast), топтық адрес (multicast) немесе кең түрде хабарлау адресі (broadcast);

- жіберуші адресі (SA, source address): 6 байт, кадр жіберетін стансаның MAC-адресін көрсетеді;

- түрі немесе кадр ұзындығы өрісі (T or L, type or length): 2 байт. Екі негізгі кадр форматы бар: Ethernet – Ethernet-II және IEEE 802.3, әртүрлілігі қарастырылып отырған өрісінде жатыр. Ethernet-II кадр үшін осы өрісте кадр түрі жайлы ақпарат бар;

- мәліметтер (LLC Data): LLC деңгей астымен өңделетін мәліметтер өрісі. Жалпы алғанда, IEEE 802.3 әлі аяқталған емес, осы өрістің алдыңғы бірнеше байтының мәніне байланысты осы IEEE 802.3 кадрдың үш соңғы форматы болуы мүмкін.

### *CSMA/CD тарату ортасына рұқсат әдісі*

Ethernet IEEE 802.3. стандарты CSMA/CD (carrier-sense multiple access/collision detection) тарату ортасына рұқсат әдісін – тасушыны табуы бар көптік рұқсатын қолданады. Мәліметті тарату алдында Ethernet желілік адаптері тарату ортасын «тыңдайды». Егер орта тарату кезінде біреумен қолданылса, адаптер таратуды кідіртеді, егер жоқ болса, таратуды бастайды. Егер екі адаптер желілік трафикті алдын-ала тындап, «тыныштықты» байқап, таратуды бір уақытта бастаса, кадрлардың соқтығысуы (коллизия) болады. Адаптер коллизияны байқаған соң екі тарату да үзіледі де, адаптер арнаны тыңдаған соң таратуды кездейсоқ уақыттан соң қайталайды. Тарататын станса үшін CSMA/CD алгоритмінің негізгі ережелерін келтірейік. *Кадр тарату:*

1) Таратуды ұйғарған станса ортаны тыңдайды. Егер орта бос болса, таратады. Қарсы болған жағдайда (яғни орта бос емес) 2 қадамға көшеді. Бірнеше кадрды бір уақытта таратқанда, кадрларды жіберулер арасында белгілі бір паузаны ұстанады – әр паузадан кейін келесі кадрды тарату алдында ортаны тыңдау жүретін кадраралық интервал (1 қадамының басына оралады).

2) Егер орта бос болмаса, станса орта бос болғанға дейін ортаны тыңдауды жалғастыра береді, содан соң бірден таратуды бастайды.

3) Таратуды жүргізіп жатқан әрбір станса ортаны тыңдайды, коллизия байқаған жағдайда таратуды бірден тоқтатпайды, ал бірінші коллизияның қысқа арнайы сигналын - жам-сигналын жібереді, сөйтіп басқа стансаларға коллизия жайлы хабарлап, таратуды тоқтатады.

4) Станса жам-сигналды жіберген соң тынып қалады және бинарлы экспоненциалды кідіріс ережесіне сәйкес бірнеше уақыт күтіп, 1 қадамға қайта оралады.

Кадраралық интервал IFG (interframe gap) 9,6 мкм-ді құрайды (12 байт). Бір жағынан ол қабылдайтын станса кадрды қабылдауды дұрыс аяқтау үшін қажет.

Жам-сигнал (jamming – сөзбе-сөз аударғанда сөндіру). Жам-сигналды тарату бірде-бір кадр жоғалмайтынына кепілдік береді, себебі коллизия пайда болғанға дейін кадр таратқан барлық түйіндер жам-сигналды қабылдап, өздерінің таратуларын тоқтатып, кадрларды қайта тарату алдында тынады.

*Кадр қабылдау.* Қабылдайтын станса немесе басқа желілік құрылғы, мысалы, концентратор немесе коммутатор, ең алдымен, преамбула бойынша синхрондалады да, манчестер кодын бинарлық формаға түрлендіреді (физикалық деңгейде). Ары қарай бинарлы ағын өңделеді.

MAC деңгейінде преамбуланың қалған биттері түсіріліп тасталынады, ал станса белгілеу адресін оқиды және өзінікімен салыстырады. Егер адрестер сәйкес келсе, преамбула, SDF және FCS кадр өрістерінен басқасы буферге салынады және FCS кадрының бақылау тізбектелу өрісімен салыстырылатын бақылау қосындысы есептелінеді (CRC-32 циклдік қосу әдісі қолданылады). Егер олар тең болса, буфер ішіндегісі жоғарырақ деңгейдің хаттамасына таратылады. Қарсы болған жағдайда кадр түсіріліп тасталынады.

*Ethernet технологиясының физикалық спецификациялары* бүгінгі күні өз құрамына мәліметті таратудың келесі орталарын қосады:

10Base-5 – «жуан» коаксиал деп аталатын 0.5 дюйм диаметрлі коаксиалды кабель. Толқындық кедергісі - 50 Ом. Сегменттің максималды ұзындығы - 500 метр (қайталағышсыз).

10Base-2 - «жіңішке» коаксиал деп аталатын 0.25 дюйм диаметрлі коаксиалды кабель. Толқындық кедергісі - 50 Ом. Сегменттің максималды ұзындығы -185 метр (қайталағышсыз).

10Base-T – экрандалмаған айналу жұп негізіндегі кабель (Unshielded Twisted Pair, UTP). Концентратормен жұлдыз тәріздес топология құрады. Концентратор мен соңғы түйін аралығы - 100 м-ден көп емес.

10Base-F – оптоволоконный кабель. Топологиясы айналу жұбы стандартына ұқсайды. Бұл өзгешіліктің бірнеше нұсқасы бар – FOIRL, 10Base-FL, 10Base-FB.

10 санымен осы стандарттардың мәлімет тарату биттік жылдамдығын - 10 Мбит/с, ал Base сөзі – бір негізгі жиілікте 10 МГц тарату әдісін білдіреді (бірнеше тасушы жиілікті қолданатын, broadband – кең жолақты деп аталатын стандарттардан басқалау).

***Fast Ethernet технологиясы*** Ethernet классикалық технологиясының эволюциялық дамуы болып табылады. Fast Ethernet технологиясының кадрлар форматы 10-Мегабитті Ethernet технологиясының кадрлар форматынан ерекшеленбейді. Fast Ethernet кадрлар таратуының барлық уақыттары сәйкес келетін 10-Мегабитті Ethernet технологиясынан 10 есе аз: кадраралық интервал 100 нс-тың орнына 10 нс, ал кадраралық интервал – 9.6 мкс-тың орнына 0.96 мкс.

*Fast Ethernet-тің физикалық деңгейінің спецификациялары.* Әртүрлі типті кабельдер үшін стандарт үш кабель түрі көрсетіледі: айналу жұбындағы жұмыс үшін 100BaseTX және 100BaseT4, ал оптикалық кабель үшін 100BaseFX.

100BaseTX - екі жұпты қолдануды талап етеді: экрандалмаған - UTP (unshielded twisted pair) немесе экрандалған - STP (shielded twisted pair) – біреуі тарату, ал екіншісі қабылдау үшін. Бұл талаптарға кабель бойынша екі негізгі стандарт жауап береді: EIA/TIA-568 UTP, категория 5 және IBM компаниясының STP-1 типті. 100BaseTX-те желілік серверлермен жұмыс кезінде дуплексті режим қамтамасыз етілуі мүмкін (бұл мүмкіндікті іске асыру үшін дуплексті коммутаторлар болу керек), сондай-ақ сегізталшықты кабельдің төрт жұбының екеуін ғана қоланады – қалған екеуі бос қалады және желінің мүмкіндіктерін кеңейту мақсатында қолданылуы мүмкін.

100BaseT4 - 3-ші категорияның экрандалмаған айналу жұбы қолданады. Қосу үшін төрт жұптың, олардың үшеуі мәліметтерді тарату үшін және біреуі келіспеушілікті анықтау үшін қолданылады. 8В6Т кодалау схемасы және бір жұпта 25 МГц биттік жылдамдық, сонда нәтижесінде мәліметті тарату үшін 100 МГц биттік жылдамдық қолданылады.

100BaseFX - 62,5-мкм өзекше және 125-мкм қабықшамен қапталған көпмодалы оптоволоконмен жұмысты қарастырады. 4В5В кодалау сұлбасы және мәліметті тарату 125 МГц биттік жылдамдық (аналогты түрде FDDI), нәтижесінде мәліметті тарату үшін 100 МГц жылдамдық қолданылады. 100BaseFX стандарты бір үй көлемінде Fast Ethernet қайталағыштарын магистральды қосылуда қолдану негізделген.

Gigabit Ethernet хаттамасы. Fast Ethernet және 100VG-AnyLAN сияқты жаңа жоғары жылдамдықты технологияларға көшу жақында ғана басталса да, Gigabit Ethernet Alliance және IEEE 802.12 комитеті ұсынған сәйкесінше Gigabit Ethernet және Gigabit VG жаңа технологиялары өңделуде.

*1000 BaseX (Gigabit Ethernet).* Гигабитті жылдамдықты жұмысында Ethernet желісінің мүмкіндіктерін кеңейту мақсатында IEEE 802.3z комитетінде Gigabit Task Force жұмыс тобы құрылды. Бұл оптикалық кабельде 1000 Мбит/с жылдамдықты қолдану жайлы бірқатар техникалық құжаттарды және UTP экрандалмаған айналу жұбында гигабитті жылдамдықта сигналды тарату жайлы бір құжатты өңдеді.

Fibre Channel стандартында Gigabit Ethernet-ті қолдану үшін белгілі өзгертулер енгізуге тура келді. *Біріншіден, Gigabit Ethernet-тің* 1000 Мбит/с тең өткізу қабілеті (Ethernet және Fast Ethernet-тің сәйкесінше жылдамдықтары 10 және 100 Мбит/с сияқты) болуы керек, бірақ кабельдің өткізу қабілеті 850 Мбит/с-ты құрайды. *Екіншіден, Gigabit Ethernet* пайдаланушы бөлмесінде жалпыға бірдей кабельді жүйелерде ISO 11801 халықаралық стандартқа сәйкес болуы тиіс. Көптеген желілерде оптикалық кабельде 62,5 мкм диаметрлі көпмодалық талшық қолданылады, сондықтан қысқа толқынды лазерде (ең үнемді жол) трансиверлерді қолдануда 300 м-де мәлімет тарату үшін Gigabit Ethernet-ті пайдалануды қамтамасыз етеді. Бұл ISO-



11801 стандартында берілген ғимараттардағы магистральдардың өту ұзындығынан әлдеқайда аз (550 м). Үлкен арақашықта мәліметті тарату үшін әдетте бірмодалы оптикалық модульдер мен ұзынтолқынды лазердегі трансиверлер қолданылады.

Зерттеу нәтижесінде ұзынтолқынды лазердегі трансиверлер диаметрі 62,5 мкм болатын көпмодалы оптикалық кабель қолданғанда 550 м қашықтыққа 1000 Мбит/с жылдамдықпен тарата алады. Осының негізінде 1000BaseLX деп аталатын және көпмодалы кабельде 500 м мен бірмодалы кабельде 3000 м-де мәлімет таратуды қамтамасыз ететін жаңа технология туындады. Осындай үлкен арақашықты қажет етпейтін пайдаланушылар үшін қысқа толқынды лазерде трансиверді қолдану көмегімен көпмодалы оптикалық кабельде мәлімет таратуды қамтамасыз ететін арзанырақ технология 1000BaseSX ұсынылды. Бұнда 62,5 мкм диаметрлі көпмодалы талшықта байланыс қашықтығы 300 м құрайды. Сонымен қатар, 50 мкм-лі көпмодалы талшықты қолданғанда бірқатар елдерде кең таралған 1000BaseSX технологиясы 550 м қашықтықта мәлімет таратуды қамтамасыз етеді.

### ***Token Ring стандартының негізгі сипаттамалары***

Token Ring стандартының желілері Ethernet желілері секілді желінің барлық стансаларын сақинаға жинақтайтын кабель қималарынан тұратын мәлімет таратудың бөлінген ортасын қолданады. Сақина жалпы бөлінген ресурс ретінде қарастырылады және оған рұқсат үшін Ethernet желісіндегідей кездейсоқ алгоритмде емес, стансаларда тарату сақинаны белгіленген тәртіпте қолдану негізінде құрылған алгоритм қолданылады. Сақинаны қолдану мүмкіндігі маркер немесе токен деп аталатын арнайы форматты кадр көмегімен таратылады.

Token Ring 1985 жылы 802.5 стандартына сәйкес қабылданды. Осы уақытта IBM компаниясы Token Ring стандартын өзінің негізгі желілік технологиясы ретінде қабылдады. Қазіргі уақытта дәл осы IBM компаниясы желілік адаптерлерінің 60 % жуығын өндіре отырып, Token Ring стандартын заң шығарушысы болып табылады.

Token Ring желілері екі биттік жылдамдықта - 4 Мбит/с және 16 Мбит/с жұмыс жасайды. Бірінші жылдамдық 802.5 стандартында, ал екіншісі Token Ring технологиясын жетілдіру нәтижесінде анықталған. Әртүрлі жылдамдықта жұмыс жасайтын стансалардың араласуына жол берілмейді.

16 Мбит/с жылдамдықпен жұмыс жасайтын Token Ring желілері 4Мбит/с стандартын жетілдіру нәтижесінде кейбір артықшылықтарды береді.

***Fiber Distributed Data Interface (FDDI)*** технологиясы - ең алғаш рет мәлімет тарату ортасы ретінде оптоалшықты кабельді қолданған жергілікті желі.

Ақпаратты тасушы орта ретінде жарықты қолдану әрекеттері 1880 жылдары іске асырылған, Александр Белл модульденген шағылысқан жарық пен дыбыс толқындарымен синхронды түрде дірілдеген айна көмегімен 200 метр қашықтықта сөз тарататын құрылғыны патенттеді. Ақпаратты тарату үшін жарықты қолдану жұмыстары өте жоғары жиілікте жарық модуляциясын қамтамасыз ететін лазер ойлап табылуымен 1960 жылдары жүргізілді, яғни жоғары жылдамдықпен ақпараттың үлкен көлемін тарататын кеңжолақты арна ойлап табу мақсат етілді. Шамамен сол уақытта кабельді жүйелерде жарық тарата алатын оптикалық талшықтар дүниеге келді, олар дәстүрлі кабельдерде электр сигналдарын тарататын мыс сымдарға ұқсас болды. Алайда оларды мыс желілер альтернативасы ретінде қолдану кезінде жарық жоғалтулар өте жоғары болды. Жарық сигналының қуатының аз жоғалтуларын және кең өткізу жолағын (бірнеше ГГц-ке дейін) қамтамасыз ететін қымбат емес оптикалық талшықтар 1970-жылдары ғана пайда болды. Оптоалшықты байланыс арналарын аймақтық телекоммуникациялық жүйелерде орнату және қолдану 1980-жылдардың басында басталды.

1980-жылдары стандартты технологияларды жасау мен оптоалшықты арналарды жергілікті желілерде қолдану құрылғыларының жұмыстары басталды. Тәжірибені жалпылау

және локалды желілер үшін бірінші оптоалшықты стандартты өндіру жұмыстары X3T9.5 комитетіндегі Стандарттау бойынша Американдық Ұлттық Институтында – *ANSI* жүргізілді. *FDDI* стандартының әртүрлі құрама бөліктерінің бастапқы нұсқалары X3T9.5 комитетімен 1986-1988 жылдары өңделген және сол уақытта осы стандартпен үйлесетін алғашқы құрылғылар – желілік адаптерлер, концентраторлар, көпірлер және маршрутизаторлар пайда болды. Қазіргі уақытта көптеген желілік технологиялар физикалық деңгейдің бір нұсқасы ретінде оптоалшықты кабельдерді қолдайды, бірақ *FDDI* стандарты әртүрлі өндірушілердің құрылғылары үйлесімділіктің жақсы дәрежесін көрсететін, уақытпен тексерілген стандарт болып табылады. 1 кестеде *FDDI* технологиясының Ethernet және Token Ring технологияларымен салыстыру нәтижелері келтірілген.

1 кесте - *FDDI* технологиясының Ethernet және Token Ring технологияларымен салыстыру нәтижелері

| Сипаттама  | <i>FDDI</i>  | Ethernet  | Token Ring  |
|--|--|---|---|
| Биттік жылдамдық                                     | 100 Мбит/с   | 10 Мбит/с   | 16 Мбит/с   |
| Топология  | Ағаштардың екілік сақинасы   | Шина/жұлдыз   | Жұлдыз/сақина   |
| Рұқсат әдісі   | Токенді айналу уақытының үлесі   | CSMA/CD   | Резервтеудің басымдылық жүйесі                                      |
| Мәлімет тарату ортасы                                | Көпмодалы оптоалшық, экрандалмаған айналу жұбы                                   | Жуан коаксиал, жіңішке коаксиал, айналу жұбы, оптоалшық | Экрандалған және экрандалмаған айналу жұбы, оптоалшық               |
| Желінің максималды ұзындығы                          | 200 км (сақинаға 100 км)   | 2500 м  | 1000 м  |
| Түйіндер арасындағы максималды арақашықтық           | 2 км (-11 dB түйін арасындағы жоғалу)  | 2500 м  | 100 м   |
| Түйіндердің максималды саны                          | 500 (1000 қосылулар)   | 1024  | Экрандалған айналу жұбы үшін 260, экрандалмаған айналу жұбы үшін 72 |
| Қабыл алмаудан кейінгі тактілеу және қалпына келтіру | Қабыл алмаудан кейінгі тактілеу және қалпына келтірудің таралған түрде іске асуы | Анықталмаған  | Белсенді монитор  |

**802.1q комитетінің жұмысы** – бұл коммутация технологиясындағы үлкен жетістік деп айтуға болады, дамыған желелік құрылыммен берілген компаниялар саны бұл нұсқаны VLAN қолданады. Бұл технология көп желіге базалақ және сыншыл болып келеді, ол кадрларды таңбалауға негізделген – коммутация туралы шешім қабылдау үшін қызметтік ақпаратта кадрларды толықтыру. Технологияны ары қарай талқылау үшін бірнеше жаңа ұғымдарды енгізу керек:

- tagging – «таңбаланған» - 802.1q стандартымен VLAN-ның қатыстылығы туралы ақпаратты фреймге енгізу процедурасы;

- untagging – «таңбаланбаған» - 802.1q стандартымен VLAN-ның қатыстылығы туралы ақпаратты кадрдан жою процедурасы;

- ingress port – кадрлар келетін және соңында таңбасы бар болуы мен VLAN-ға қатыстылығына және де таңбалығына туралы тексеру жүргізетін кіріс;

- egress port – таңбаланған немесе таңбаланбаған туралы шешім қабылдағаннан кейінгі таңбалар бар болуына тексеруден өткен кадрлар шығатын шығыс порты.

Компьютер желісінің тұрақтық келіспеуінің жоғарлығына қолданылатын екінші әдіс, бұл - **Spanning Tree Protocol (STA)**. 1983 ж. бұрынырақ шығарылған болса да әлі де өзекті. Ethernet желісінде коммутаторлар тек бұрынғы байланысты қолдайды, олардың ілгіштері жоқ. Бұл дегеніміз, альтернативті арналар ұйымы үшін Ethernet қатысты базалықтың шегінен шығатын ерекше хаттамалар мен технологиялар қажет.

STA алгоритмі порттардың өзара ерікті қосылуы кезінде коммутаторларға желіде ежелгі байланыс конфигурациясын автоматты анықтауға мүмкіндік береді.

STP хаттамасы бар коммутаторлар компьютерлік желіде ілгішсіз ежелгі байланыс конфигурациясын автоматты түрде жасайды. Осындай конфигурация жабылғыш ағаш – Spanning Tree деп аталады. Тіректі ағаш конфигурациясы коммутаторлармен автоматты түрде жұмыс дестесі айырбасының қолдануымен құрылады.

STP хаттамасының жұмысын толық қарастырайық. STA алгоритмі әр көпірге идентификатор қосылуын қажет етеді.

*Көпір идентификаторы* – 8 байттық өріс. Ол екі бөліктен тұрады: 2-байттық администратормен берілген басымдылықтан және оның басқару блогы 6-байттық MAC-адрестен. Әр көпірге, көпір шамасындағы бірегей идентификатор беріледі, әдеттегідей бұл MAC-адрес. Әр көпір портына жергілікті желімен берілген порт арқылы кадр таралуы сапарының құны беріледі.

Байланыстыратын ағашты есептеу процесі ағаш құрылатын *түптік көпірдің (root switch)* таңдауынан басталады. Түптік көпір түрінде идентификатор мәні төмен коммутатор алынады. Кейде бұндай шешім рационалды болмауы мүмкін. Түптік көпір ретінде белгілі бір құрылғы таңдалуы үшін (желі құрылымынан шыға отырып) администратор сай келетін коммутаторға аз идентификаторды қолмен иелендіре отырып таңдау процесіне әсер бере алады.

STP жұмысының *екінші кезеңі* – желінің қалған әр коммутаторы үшін *түптік порт (root port)* таңдауы.

Коммутатордың түптік порты – желімен түптік коммутаторға дейін ең аз ара қашықтығы бар порт.

STP жұмысының *үшінші қадамы* – тағайындалған порттардың анықтамасы.

Коммутацияланатын желіде әр сегментінің бір *тағайындалған порты (designated port)* болады. Бұл порт көпірдің жалғыз порты ретінде жұмыс жасайды, яғни сегменттен дестелерді қабылдайды және оларды берілген коммутатордың түптік порты арқылы түптік көпірдің бағытына таратады. Берілген сегментке тағайындалған порты бар коммутатор осы сегменттің *тағайындалған көпір (designated bridge)* деп аталады. Тағайындалған сегмент порты берілген сегментке қосылған барлық порт ішіндегі тіптік көпірге дейін ең аз арақашықтықты алады. Тағайындалған порт сегментте жалғыз болуы мүмкін. Түптік көпірде барлық порт тағайындалған болып саналады, ал олардың түптеріне дейінгі арақашықтығы нөлге тең болады. Түптік көпірде түптік порт болмайды.

Тіректі ағаштың құрылымы кезінде аза маңызды ұғым болып арақашықтық саналады. Сондықтан талап ретінде әр коммутаторды түптік коммутатормен жалғастыратын және желінің әр сегментін түптік коммутатормен жалғастыратын жалғыз порт алынады. Қалған

барлық порттар резервтік жағдайға аударылады, яғни бұл жағдайда олар қарапайым берілген кадрларды тасымалдамайды. Желіде осындай белсенді порттарды таңдалуында ілгіштер шығарылады және қалған байланысты тіректі ағаш жасайды.

STA-дағы ара қашықтық ретінде *жол бағасы (Path Cost)* қолданылады – ол берілген коммутаторды портынан түптік коммутатор портына мәліметтер тасымалына қосынды шартты уақыт ретінде анықталады. *Сегменттің шартты уақыты* ақпараттың бір битін тасымалдау уақыты ретінде есептелінеді және 10-наносекундтық бірлікпен өлшенеді. Ethernet-тің сегменті 10 Мбит/с үшін шартты уақыты 10 шартты бірлікке тең.

Байланыстыратын ағаштың есептелуі коммутаторды қосқанда және топология өзгерген кезде өтеді. Бұл есептеулер байланыстыратын ағаштың коммутаторлары арасында ақпаратты периодикалық айырбасын қажет етеді, олар берілген көпір хаттамаларының блогы - **BPDU (Bridge Protocol Data Unit)** деп аталатын арнайы дестелер арқылы жетеді.

BPDU дестелерінде ілгішсіз желі топологиясын құруға арналған негізгі ақпарат бар:

- түптік коммутатор таңдалатын коммутатор идентификаторы;
- шығыс коммутатордан түптік коммутаторға дейінгі ара қашықтық (түптік маршрут бағасы);
- порт идентификаторы.

BPDU дестелері арна деңгейіндегі берілген кадрлардың өрісіне орналасады, мысалы, Ethernet кадр. Коммутаторлар BPDU-мен уақыттың тең интервалы арқылы алмасады (әдетте 1-4с). Көпірдің қабыл алмауы кезінде (ол топология өзгерісіне алып келеді) көрші коммутаторлар BPDU алмай жатып байланыстырушы ағашты қайта есептей бастайды.

BPDU дестелерінде келесі өрістер бар:

- STA - 2 байт хаттама түрлі идентификатор. Коммутаторлар STA хаттамасының бір түрін ұстап тұру керек, әйтпесе ілгіштермен белсенді конфигурация орналуы мүмкін;
- BPDU - 1 байт түрі. BPDU-ның екі түрі бар – конфигурациялық BPDU, яғни негізінде белсенді конфигурацияның анықтамасы жатқан түптік коммутатор болуға мүмкіндік беретін тапсырыс және реконфигурация туралы BPDU екертуі, ол оқиғаны тапқан, қайта құруды өткізгенді талап ететін - байланыс желісінің қабыл алмауы, порт қабыл алмауы, коммутатор не порттың басымдылығының өзгерісі - коммутатормен жіберіледі;
- 1 байт - флаг. Бір битта конфигурация өзгерісінің жалауы бар, екінші битта конфигурация өзгерісінің растау жалауы бар;
- түптік коммутатор идентификаторы - 8 байт;
- түпке дейінгі арақашықтық - 2 байт;
- коммутатор идентификаторы - 8 байт;
- порт идентификаторы - 2 байт;
- хабардың желіде болу уақыты - 2 байт. Бірлікте 0.5 с-пен өзгереді, ескірген хабарды шығаруға қызмет етеді. BPDU дестесі коммутатормен өткен кезде ол дестенің желіде болу уақытына берілген коммутатормен кеткен уақытын қосады;
- хабардың желіде болуының максималды уақыты - 2 байт. Егер BPDU дестесінің желіде болу уақыты максималды уақыттан асатын болса, онда оны коммутатор елемейді;
- BPDU дестелері жіберілетін hello (қарсы алу уақыты) интервалы;
- жағдай ауыстыруының бөгеті - 2 байт. Белсенді кездегі коммутаторлар порттары өтуінің минималды уақыты. Бұндай бөгет қайта құру уақытындағы порт жағдайының бірқалыпсыз ауысуы кезінде альтернативті маршруттардың уақытша пайда болуын жоюға керек.

BPDU дестесінде реконфигурация туралы ескертунде екі алғашқысынан басқа барлық өріс болмайды.

Порт жұмысының жағдайы. STP коммутатор порттарының бес түрлі жұмыс режимін қарастырады:



- *Blocking* – Коммутаторды белгілеген кезде барлық порттар (өшірілгендерінен басқа) автоматты түрде “Блокталған” режиміне ауысады. Бұл кезде порт тек BPDU дестелерін негіздейді, қабылдайды, қорытады, қайта трансляциялайды. Қалған дестелер таратылмайды.

- *Listening* – STA алгоритмі жұмыстың бастапқы уақытында коммутатор порттары “Тыңдау” жағдайына өтеді. Бұл кезде BPDU дестелері басқа коммутаторлардан алынбаған және коммутатор өзін түптік деп есептейді, ал өзінің барлық порттарын – тағайындалған. Ол режимде порт жағдай ауысу таймерінің (Forwarding Timer) аяқталуына дейін болуы мүмкін. Таймер көмегі арқылы өтетін интервал 4 тен 30 с-ға дейін өзгере алады және ол желідегі бүкіл коммутатордан BPDU алу үшін қажет. Бұл режимде порт BPDU дестелерін негіздеу, қабылдау, қорыту, қайта трансляциялауды жалғастыра береді. Егер осы уақыт арасында порт BPDU-ны өзінікінен (ара қашықтық, коммутатор не порт идентификаторы) жақсы параметрлерімен алса, онда ол “Блокталған” режиміне ауысады. Кері жағдайда порт “Оқу” режиміне ауысады.

- *Learning* – Оқу – порт дестелерді қабылдай бастайды және шығыс адресінің негізінде коммутация кестесін құрайды. Порт бұл жағдайда әлі де дестелерді жылжытпайды. Порт STA алгоритм жұмысына қатысуда жалғастырады және BPDU жақсы параметрлерімен келген кезде Blocking “Блокталған” жағдайға ауысады.

- *Forwarding* – Жылжу – тек таймермен екіреттік ұстамнан кейін порт Жылжу жағдайына ауысады және құрастырылған кестемен жағдайда берілгендер дестесін өңдейді.

- *Disable* – Өшірілген – бұл жағдайға портты администратор ауыстырады. Өшірілген порт STP протокол жұмысында да, берілгендер дестесінің жылжуында да қатыспайды. Портты сол сияқты қолмен қосуға да болады және ол алдымен Blocking жағдайына ауысады.

**IEEE 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)** хаттамасы 802.1d STP стандартының дамуы болып саналады. Ол STP коммутаторлардың кейбір жаңа функцияларын қосқанға кедергі болған бөлек шектеулерін билеу үшін арналған, мысалы, мысалы, 3-деңгейлі функция Ethernet коммутаторларында барған сайын көбірек қолданылады.

STP 802.1d және RSTP 802.1w хаттамасының маңызды айырмашылығы болып порттардың жылжу жағдайына өту амалы және сол ауысу топологияда порт роліне әсері табылады. RSTP Disabled, Blocking және Listening, STP-да қолданылатын жағдайларын біріктіреді және порт белсенді емес кезіндегі жалғыз жағдайды *Discarding* (Отбрасывание) жасайды.

**MSTP (Multiple Spanning Tree)** хаттамасы 802.1D STP және 802.1w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) хаттамаларымен қайта қосыла алады және әртүрлі VLAN-да STP бірнеше тәуелсіз “ағаштар” күйіне келтіре алады – администратор топтай алады және VLAN-ды бөлек “жалғастырушы ағашқа” (spanning tree) тағайындай алады. Әрбір осындай “ағаштың” басқа “ағаштардан” тәуелсіз өзінің топологиясы бола алады. MSTP арқасында әкімшілік тапсырмасы мен үлкен желілірді басқару жеңілдейді: мәлімет тарататын резервті маршрутизаторлады бірнеше VLAN-ды және алынған желі сегментінде тәуелсіз “ағаштарды” жөндеу арқылы қолдануға болады:

- IEEE 802.1s стандарты;
- MSTP 802.1q VLAN желісінде бірден көп STP көшірмесін қолдануға мүмкіндік береді. Ол бір VLAN-ды бір STP көшірмесімен байланысыра алады, ал басқасын коммутаторлар арасында бірнеше байланыс бере отырып басқасымен;
- сол сияқты MSTP жүктемені таратуға мүмкіндік береді;
- MSTP әр көшірмесі (жабатын ағаш) сол сияқты желіде одан да тез қолайлық үшін RSTP хаттамасын қолданады.