

Data communications

Lecture 9

Channel utilization of data links, networks

Prof. Tuyatsetseg Badarch, PhD, MBA.

2022

Мэдээллийн сүлжээнүүдийн суваг ашиглалтын тооцоо хийх

Өгөгдлийн холбооны нэгдсэн сүлжээнд Интернет сүлжээг хамааруулна. Интернетийн сүлжээнд дэлхийн сая сая хэрэглэгчийн компьютер цаг хугацааны ямар ч агшинд холбогдон хүссэн мэдээллээ олж авах бүрэн боломжтой.

Мөн тодорхой газар нутгаар хязгаарлагдсан талбайд тодорхой байгууллагууд компьютерийн сүлжээгээр мэдээллээ өөр хоорондоо солилцох боломжтой. Компьютерийн сүлжээний өөр жишээнд нисэх хүчний чиглэлийн сүлжээг хамааруулж болно. Энд буух, нисэх, дамжин нисэж буй онгоцны хуваарийг буудлын зааланд байрлах аль ч дэлгэцнээс харж болно.

Мөн өөртөө үйлчилдэг дэлгүүрийн төлбөрийн касс дотоод сүлжээний тусламжтай аль бараа ямар үнэтэй, ямар шинж чанартай зэргийг харах боломжтой байдаг.

Энэ мэтчилэн дэлхий нийтийн хувьд компьютерийн сүлжээний хэрэглээ амьдралын бүхий л салбарт өдөр тутмын хэрэгцээнд ашиглагдах боллоо.

Ерөнхий тохиолдолд өгөгдлийн сүлжээг хамрах хүрээгээр нь орон нутгийн буюу тухайн байгууллагын локаль сүлжээ, нийтийн глобаль сүлжээ гэж ангилна.

Сүлжээг дамжууллын технологиор

- Өргөн нэвтрүүлгийн дамжуулалтай.
- Цэгээс цэгт дамжуулалтай.
- Цэгээс олон цэгийн дамжуулалтай сүлжээ гэж ангилна.

Өргөн нэвтрүүлгийн технологитой сүлжээний үүсгүүрийн өгөгдөл тухайн дамжуулах системд холбогдсон сүлжээний бүх хэрэглэгчдэд хугацааны нэг агшинд хүрнэ. Үүнд ихэвчлэн од, мод топологитой сүлжээнүүд хамаарагддаг.

Өргөн нэвтрүүлгийн технологи бүхий сүлжээний бүх хэрэглэгчид хамтран эзэмших холболтын нэг үндсэн төхөөрөмжтэй.

Хэрэглэгчид нь дамжуулах систем дэхь багцын хаягийн талбарыг өөрийн хаягтай харьцуулах замаар тухайн өгөгдлийн багцыг хүлээн авч болох эсэхээ шийддэг.

Цэгээс цэгт дамжууллын технологитой сүлжээний өгөгдлийн багцууд эх үүсгүүрээс хүлээн авуур хүртэл завсрын цэгүүдээр дамжихдаа завсрын төхөөрөмжийн замчлалын алгоритмаар багцын чиглэлийг тодорхойлно.

Ихэнх тохиолдолд тодорхой орон зайд зохион байгуулагдсан сүлжээнд өргөн нэвтрүүлгийн технологийг хэрэглэдэг. Томоохон хэмжээний сүлжээнүүдэд цэгээс цэгт дамжууллын технологийг ашиглана.

Токеноор дайгч сүлжээний онцлог нь үүсгүүрийн өгөгдөл дамжуулах системд хугацааны өөр агшинд өгөгдөнө. Токены дамжуулалтай сүлжээний жишээ бол цагираг сүлжээ юм.

Өгөгдлийн сүлжээг хамрах хүрээгээр нь

- Локаль сүлжээ буюу дотоод сүлжээ (LAN)
- Хотын сүлжээ буюу хотын доторхи, хот хоорондын сүлжээ (MAN)
- Глобаль сүлжээ буюу тив, улс хоорондын сүлжээ (WAN) гэж ангилахыг 1-р бүлэгт дурьдсан.

Мэдээллийн сүлжээнүүдийн өгөгдөл дамжууллын хугацааг Transmission time дараах зарчмаар тодорхойлно. Хагас дуплекс, цэгээс цэгт өгөгдлийн шугамын хамгийн их ашиглалтыг Link utilization тодорхойлж өгөх.

N фреймээс тогтох урт хэмжээний мэдээлэл $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ фреймүүдийн дарааллаар дараах хэлбэрт илгээгдэж байна гэж тооцно. Протоколын зарчим дараах дарааллаар тодорхойлогдоно.

1. Үүсгүүр $S_1 : f_1$ фреймийн дамжуулахад
2. Хүлээн авуур $S_2 : S_1$ -ын дараагийн дамжууллыг илэрхийлэх бататгал АСК багцыг буцааж илгээнэ.
3. Үүсгүүр $S_1 : f_2$ фреймийг дамжуулахад
4. Хүлээн авуур $S_2 : f_2$ фрейм зөв дамжигдсаны баталгаа АСК багцыг илгээх гэх мэтчилэн n дүгээр шатанд
5. n . Үүсгүүр $S_1 : f_n$ -ыг илгээхэд хүлээн авуур $S_2 : f_n$ -ны АСК багцыг илгээнэ

Өгөгдөл дамжуулах нийт хугацааг T гэж тэмдэглээд (3.1) томъёогоор тодорхойлно. Фрейм дамжуулах нийт хугацааг фреймийн тоог n -г нэг фрейм дамжуулах хугацаа T_f ба АСК багцыг хүлээн авах хугацаагаар үржүүлсэн үржвэрээр (3.1) тодорхойлно.

$$T = n \times T_f \quad (3.1)$$

T_f - (3.2) томъёогоор тодорхойлогдоно.

$$T_f = t_{prop} + t_{frame} + t_{proc} + t_{prop} + t_{ack} + t_{proc} \quad (3.2)$$

t_{prop} – S_1 -ээс S_2 -руу чиглэсэн фрейм тархалтын хугацаа

t_{frame} – Үүсгүүр фреймийн бүх битүүдийг дамжуулахад шаардагдах хугацаа

t_{proc} – Сүлжээний төхөөрөмжүүдээр нийт фреймийн боловсруулалтад шаардагдах хугацаа

t_{ack} – АСК багцыг дамжуулах хугацаа

Сүлжээний төхөөрөмжүүдээр нийт фреймийн боловсруулалтад шаардагдах хугацаа t_{proc} – г багцын фреймийн дамжууллын хугацаа t_{frame} –тай харьцуулахад маш бага хэмжээтэй учир t_{frame} – ыг үл тооцно.

АСК багцын фреймийн битүүдийн хэмжээ нь өгөгдлийн фреймийн битүүдийн хэмжээтэй харьцуулахад маш бага хэмжээтэй учир t_{ack} –ыг үл тооцоод өгөгдөл дамжуулах нийт хугацаа T -г (3.3) томъёогоор олно.

$$T = n(2t_{prop} + t_{frame}) \quad (3.3)$$

Багцын фреймийн нэмэлт битүүдийн хэмжээ нь өгөгдлийн битүүдтэй харьцуулахад маш бага хэмжээтэй учир нэмэлт удирдлага, алдаа, хаяглалын битүүдийг үл тооцон зөвхөн мэдээллийн битүүдийг дамжуулах нийт хугацаа $n \times t_{frame}$ утгаас хамааруулан тухайн багц холболттой мэдээллийн сүлжээний шугам ашиглалт U –г (3.4) томъёогоор тодорхойлно.

$$U = \frac{n \times t_{frame}}{n(2t_{prop} + t_{frame})} = \frac{t_{frame}}{2t_{prop} + t_{frame}} \quad (3.4)$$

Энд a параметрийг тооцоолох шаардлагатай.

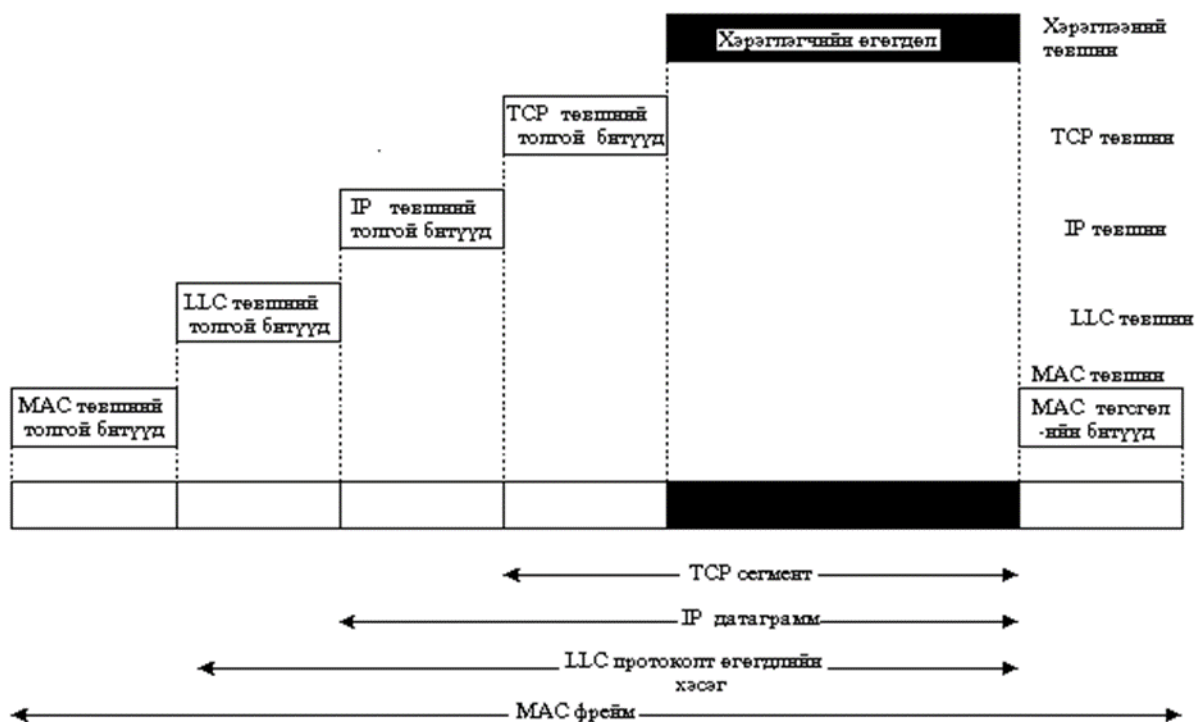
a - хугацааны параметр , U – шугам ашиглалт гэж үзнэ.

$$a = \frac{t_{prop}}{t_{frame}} \quad (3.5)$$

эндээс шугам ашиглалтыг дараах томъёогоор олж болно.

$$U = \frac{1}{1 + 2a} \quad (3.6)$$

гэж орлуулсан. (3.4), (3.6) томъёогоор өгөгдөл дамжууллын шугамын ашиглалтыг тооцоолно. Яагаад гэвэл фрейм нь өгөгдлийн битүүдээс гадна удирдлагын битүүдээс тогтдог учир шугамын ашиглалт багасах талтай. Тогтмол урттай фреймүүд нь өгөгдлийн фреймийн төгсгөлд үргэлж дамжигддаг.



Зураг Удирдлагын битүүд

t_{frame} , t_{prop} тогтмол үед a параметр тогтмол болно. Цэгээс цэгт өгөгдлийн шугамын тархалтын саад тогтмол хэмжээтэй байна. Жишээлбэл Интернет сүлжээний модемын холболтын диал горимын дамжууллын үед тархалтын саадыг тогтмол байна. (3.6)-аас a -ын утгыг өөр аргаар тодорхойлъё. Параметр a -г (3.5) томъёогоор тодорхойлохыг үзсэн.

тархалтын хугацааг дамжууллын хугацаанд харьцуулсан харьцаагаар $a =$ тодорхойлогдохыг (3.5)-д томъёолсон.

Фреймийн тархалтын хугацаа нь шугамын урт d -г тархалтын хурд V – д харьцуулсан харьцаатай эквивалент хамааралтай. Шугамын урт d -г тархалтын хурд V – д харьцуулсан харьцаа ихсэх тусам фреймийн тархалтын хугацаа ихэснэ. Өөрөөр хэлбэл сүлжээний төхөөрөмж хоорондын зай ихсэхэд фреймийн тархалтын хугацаа ихэснэ.

Чиглүүлэлгүй орон зайн (агаар) дамжуулах хэрэгслийн хувьд тархалтын хурдыг (V) гэрлийн хурдтай тэнцүүгээр тооцдог.

Цахилгаан соронзон долгионы тархалтын хурд нь дамжууллын хэрэгсэл ба дохионы давтамжаас хамаардаг. Жишээлбэл, вакуум орчинд гэрэл 3×10^8 м/с хурдтай тархдаг бол коаксиаль кабелиар МГц-ээс ГГц давтамжийн зурваст 2×10^8 м/с хурдтай дамжигдана. Харин чиглүүлэгч системийн дамжууллын хэрэгсэл оптик мямдсын тархалтын хурд V гэрлийн хурдтай дараах хамааралтай.

Өргөн зурвасын локаль сүлжээ, нарийн зурвасын локаль сүлжээний гол ялгааг хүснэгт 6.1 -д үзүүлээ.

Өргөн ба нарийн зурвасын локаль сүлжээний харьцуулалт	Хүснэгт	
Параметрууд	Нарийн зурвасын локаль сүлжээ	Өргөн зурвасын локаль сүлжээ
Холболтын хэрэгсэл	Коаксиаль, хамгалалттай ба хамгаалалтгүй мушгиа хос, шилэн кабель	Коаксиаль кабель
Дамжигдах дохио	Нэг төрлийн дохио	Олон төрлийн дохио
Сигналын төрөл	Тоон сигнал	Аналог сигнал
Хурд	1-16 Мбит/с	1 - 5 Мбит/с
Зай	600 м	2500 м
Сүлжээ суурилуулалт	Хялбар	Төвөгтэй
Өгөгдлийн төрөл	Зөвхөн өгөгдөл	Дуу, дүрс, өгөгдөл
Хамрах газар нутаг	Ойр зай	Бүс нутаг

Өргөн зурвасын локаль сүлжээ давтамжийн нягтруулга бүхий коаксиаль кабелийн сувагтай. Суваг бүр нь хамгийн багадаа нарийн зурвасын локаль сүлжээний багтаамжтай адилхан багтаамжай.

Өргөн зурвасын локаль сүлжээний гол дутагдал нь модем болон нягтруулгын төхөөрөмж үнэ ихтэй.

Сайн тал нь өгөгдөл, дуу, дүрсийн дохиог нэг сувгаар хамт дамжуулдаг. Энэ сүлжээнд ашиглагдаж буй кабель нь CATV(Cable television)-д хэрэглэж буй кабельтай адилхан бүтэцтэй.

Сүлжээний ажлын зурвас нь 300Мгц байх ба нэг сувгаар нэг секундэд 5 Мбит гаруй мэдээлэл дамжуулах чадвартай.

Өгөгдөл дуу дүрсийн дамжууллыг зохицуулахын тулд кабелийн дамжууллын зурвасыг давтамжийн зурвасуудад хуваадаг.

Шилэн кабелиар $V = \frac{C}{n}$ томъёогоор тархалтын хурдыг олно. /C-гэрлийн хурд, n – шилэн кабелийн зурхэвчийн хугарлын илтгэгч/.

Цөмийн хугарлын илтгэгчийн хэмжээ нь шилэн кабелийн хийцийн технологиос хамаарна. Цэвэр шилний хугарлын илтгэгч 1.5 байна. Шилэн кабелийн голчийг цэвэр кварц шил ба химийн элементүүдийн хольцоор хийдэг. Нэг модын шилэн кабелийн цөмийн хугарлын илтгэгч 1.46-1.48 , олон модын шилэн кабелийн цөмийн хугарлын илтгэгч 1.63-1.64 -ын хооронд байна.

Хос мушгиа кабелиар гэрлийн хурдны 0.67 хувиар тархалтын хурдыг /V / тооцож үздэг. Тархалтын хугацаа дамжууллын хэрэгсэлээр сүлжээний нэг цэгээс нөгөө цэгт нэг бит дамжуулахад шаардагдах хугацаагаар тодорхойлогддог.

Тархалтын хугацааг олохдоо зайг тархалтын хурдад харьцуулж олно./томъёо 3.9/ Нэг километр дохио тархахад шаардагдах хугацааг тодорхойлно.

Фрейм дамжууллын хугацаа t_{frame} нь фреймийн битүүдийн нийт тоог өгөгдлийн хурд R -д харьцуулсан харьцаатай эквивалент тэнцүү хамааралтай /томъёо 3.8/.

Эндээс a параметрийг (3.7) томъёогоор тодорхойлно.

$$a = \frac{d/V}{L/R} = \frac{Rd}{VL} \quad (3.7)$$

Эндээс фреймийн урт тогтмол, сүлжээний төхөөрөмжүүдийн хоорондох зай тогтмол үед a -ын хэмжээ нь дамжуулах шугамын урт d –г өгөгдлийн хурд R -ээр үржүүлсэн үржвэртэй харьцаатай пропорциональ хамааралтай.(3.7)

(3.5), (3.7) томъёоноос фрейм дамжуулах хугацааг (3.8) томъёогоор

$$t_{frame} = \frac{L}{R} \quad (3.8)$$

Фрейм тархалтын хугацааг (3.9) томъёогоор

$$t_{prop} = \frac{d}{V} \quad (3.9)$$

гэж тодорхойлно.

Зураг 3.10-аас тархалтын хугацааг 1-тэй тэнцүү гэвэл (3.5) томъёоны a параметр фрейм тархалтын хугацаагаар тодорхойлогдоно.

$a < 1$ үед фреймийн битийн тоо тухайн фреймийн битийн уртаас бага болно. Сүлжээний төхөөрөмж T t_0 хугацаанд фреймээ дамжуулж эхэлнэ. $t_0 + a$ хугацаанд фреймийн эхлэлийн бит R төхөөрөмжийн оролтод хүрнэ. Энэ үед T фреймээ дамжуулсаар байна. $t_0 + 1$ хугацаанд T фреймээ дамжуулж дуусна. $t_0 + a + 1$ хугацаанд R фреймийн бүх битүүдийг хүлээж авч дуусаад хариу АСК багцын маш хурдан буцааж дамжуулна. АСК багц $t + 1 + 2a$ хугацаанд T төхөөрөмжид хүрнэ. Нийт хугацаа $1 + 2a$, нийт дамжууллын хугацаа 1-тэй тэнцүү. Эндээс шугамын ашиглалт (3.6) томъёогоор тодорхойлогдох нь батлагдлаа.

Зураг 3.10а-д $a > 1$ нөхцөлийг мөн үзүүлсэн.

Дээрх протоколын зарчмаар багцын фреймээ дамжуулдаг хэд хэдэн сүлжээний шугамын ашиглалтыг тооцоолж үзье.

Дасгал 1.

АТМ сүлжээгээр холбогдсон өгөгдлийн глобаль (WAN) сүлжээний хоёр төхөөрөмж 1000 км зайтай. АТМ-ын фреймийн стандарт урт тогтмол 424 бит хэмжээтэй байдаг. АТМ-ын сувгийн хурдыг 155.52 Мбит/с гэж үзье.

Фрейм дамжуулах хугацааг (3.8) томъёогоор

$$t_{frame} = \frac{424}{155.52 \times 10^6} = 2.7 \times 10^{-6} \text{ секунд гэж тодорхойллоо.}$$

Хэрэв бид нэг модын шилэн кабелийг сүлжээний магистраль шугамаар ашигласан бол фрейм тархалтын хугацаа

$$t_{frame} = \frac{10^6 m}{2.1 \times 10^8 m/s} = 0.47 \times 10^{-2} \text{ секунд хэмжээтэй.}$$

Эндээс а параметрын хэмжээг (3.7) томъёогоор тодорхойлбол

$$a = \frac{0.47 \times 10^{-2}}{2.7 \times 10^{-6}} = 1740$$

Шугам ашиглалтыг (3.6) томъёогоор тооцвол:

$$U = \frac{1}{3481} = 0.00028 \text{ гарлаа.}$$

U маш бага хэмжээтэй гэдгээс дүгнэлт гаргахад дээрх төрлийн өгөгдлийн WAN сүлжээ маш их багтаамжтай.

Дасгал 1-ын тооцооны адил өндөр хурдтай, шилэн ба коаксиаль кабелийн магистраль сувагтай бүх л мэдээллийн сүлжээнүүдийн дамжуулах шугамын ашиглалтын тооцоог гүйцэтгэнэ.

Дасгал 2.

Сүлжээний төхөөрөмж хоорондох зай 0.1 км-ээс 10 км-т орших локаль сүлжээний өгөгдлийн хурд 10-100 мегабит/с гэж тооцогддог. Хурд ихсэх тусам терминалын хоорондох зай багасна. Тархалтын хурд $V=2 \cdot 10^8$ м/с, фреймийн хэмжээ 1000бит.

Дасгал 1-ын тооцооны адилаар дээр сүлжээний параметруудийг тооцоолбол

Өгөгдлийн хурд 10 мегабит/с, а-ын хэмжээ 0.005-0.5, шугам ашиглалтын хэмжээ $U=0.5-0.99$ гэж тодорхойлогдлоо. Хэрэв локаль сүлжээний өгөгдөл дамжуулах хурд 100 мегабит/с бол зай нь багасч шугам ашиглалт сайжирна.

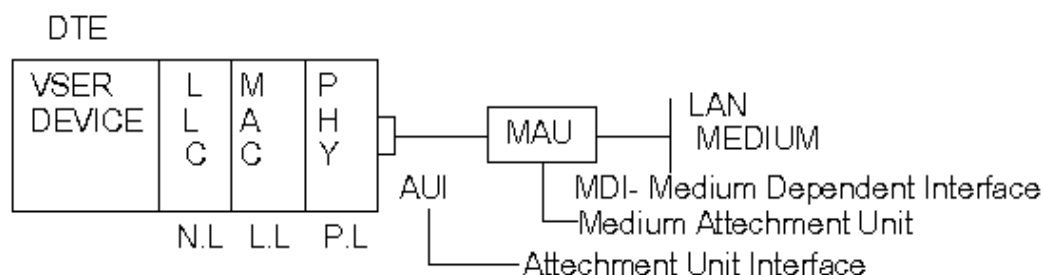
Этернет сүлжээний технологийн өгөгдөл хэлбэржүүлэх онцлог нь OSI болон TCP/IP загварын нам түвшин болох өгөгдлийн сувгийн түвшинг MAC, LLC хоёр дэд түвшинд хувааж өгсөн. Өмнө үзсэн HDLC фреймийн формат нь дараах хоёр түвшний өгөгдлийн хэлбэржилтээр тодорхойлогдоно.

Дамжуулах шугамд хандах хяналтын MAC протоколоор дамжуулах шугамд хандах үеийн багцын фреймийн битийн алдааг илрүүлэх үүднээс хяналт тогтоох үүрэгтэй дэд түвшинг үүсгэх замаар өгөгдөл хэлбэржилтийг нарийвчилж өгсөн.

Логик сувгийн хяналт LLC протоколоор логик сувгийн түвшний бит алдааны хяналтыг хийнэ.

Сувгийн түвшинд MAC -ын дэд түвшингээс LLC дэд түвшин рүү фреймийн дамжууллыг хувиргах шаардлагатай байдаг.

Зурагт 6.6-д LAN сүлжээний төгсгөлийн төхөөрөмжөөс сүлжээний дамжуулах шугамд хандах холболтоор өгөгдөл ямар интерфэйсүүдээр дамжиж холбогдохыг



үзүүлсэн.

Зураг 6.6 Төгсгөлийн терминалын холболтын бүтэц

Lan medium- UTP,STP хос мушгиа кабель, коаксиаль кабель гэх мэт LAN сүлжээний дамжуулах шугам хамаарагдана.

MDI- локаль сүлжээний хэрэглэгчийн терминалыг дамжууллын хэрэгсэлд холбож өгөх интерфэйсийн кабель хамаарагдана. Энд DB-15, RS-232, гэх мэт цуваа интерфэйсийн холболтын кабель хамаарагдана.

MAU- Сүлжээний терминалд холбогдох интерфэйсийн оролтын үзүүр буюу DB-15, RS 232 интерфэйсийн нэмэх контакт гэж үзнэ.

AUI- Терминалын холболтын интерфэйст холбогдох гаралтын үзүүр DB-15, RS 232-ын хасах контактууд гэж үзнэ. Интерфэйсийн MAU, AUI контактууд шууд холбогдоно.

PHY (P.L)- Физик түвшин битийн цувааг цахилгаан дохионы хэлбэрт дамжуулах орчин болно.

МАС- Хэрэглээний түвшингээс дамжигдаж ирэх фреймүүдийг физик хэлхээ рүү дамжуулах, физик хэлхээнээс битийн цувааг хүлээн авах дэд түвшин хамаарагдана.

LLC(L.L)-Сүлжээгээр дамжигдаж ирсэн фреймийг дээд түвшингүүдэд хувиргаж дамжуулна. Мөн дээд түвшний өгөгдлийн багцыг фреймд хувиргах, фреймийн алдаа хяналтыг гүйцэтгэдэг түвшин юм.

DTE- Хэрэглэгчийн терминал гэж үзнэ.

Дасгал 3.

Компьютерийн хэрэглэгч аналог утасны хэлхээг ашиглан өгөгдөл дамжуулах зорилгоор модемын төхөөрөмж худалдаж авахаар төлөвлөсөн. Телефоны хэлхээний дохио шуугианы харьцаа 25 дВ, дууны сувгийн зурвасын өргөний хязгаар 300-аас 3200 Гц бол фреймийн битүүдийг алдаагүйгээр дамжуулах хамгийн их өгөгдөл дамжуулах хурдыг тодорхойлъё. Холбооны системийн зайнаас хамааруулан шугам ашиглалтыг тооцоолъё. Энэ сувагт тохирох модемын төхөөрөмжийн сонголтыг хийе.

Шийдэл:

1. Дохио шуугианы децибелийн харьцааг чадлын харьцаагаар илэрхийлье:

$$SNR: S/N = 10^{\left(\frac{25}{10}\right)} = 316.2$$

Зурвасын өргөн: [Гц]

$$B = 3200 - 300 = 2900$$

Өгөгдөл дамжуулах хурд кбит/секундээр тодорхойлбол:

$$R = 2900 \left[\log_{10}(1 + 316.2) \right] / \log_{10}(2) = 24.097$$

28.8 кбит/с хурдны модем ашиглан телефон хэлхээгээр өгөгдөл дамжуулахад бит алдаа үүсгэх магадлал их. Энэ тохиолдолд 19.2 кбит/с хурдтай стандарт модемоор бит алдаагүйгээр өгөгдөл дамжуулах боломжтой.

Дасгал 4.

Телефон хэлхээгээр модем төхөөрөмж ашиглан өгөгдөл дамжуулах диал горимыг авч үзье. Модемын хурдны дээд хэмжээг 28.8 кбит/с гэж үзье. Нэгж фреймийн хэмжээ 1000

бит (төхөөрөмжүүдийн хоорондох зай хэдэн арван метрээс хэдэн мянган километр байж болно) бол дараах тохиолдлуудад сүлжээний ашиглалтыг тооцоолъё.

1-р тохиолдол. Төхөөрөмж хоорондын богино зайд, $d=1000$ м тохиолдолд шугам ашиглалтыг тооцъё.

Шугамын ашиглалтыг олбол

$$a = \frac{(28.800 \times 1000)}{2 \times 10^8 \times 1000} = 1.44 \times 10^{-4} \text{ Эндээс шугам ашиглалт } U = 0.0003$$

2-р тохиолдолд хол зайд, $d=5000$ км гэвэл

Шугам ашиглалтыг олбол

$$a = \frac{(28.800 \times 5 \times 10^6)}{2 \times 10^8 \times 1000} = 0.072 \text{ Эндээс шугам ашиглалт } U = 0.8 \text{ гэж тодорхойлогдоно.}$$

Сүлжээний төхөөрөмж хоорондын зай ихсэх тусам шугамын ашиглалт ихсэх нь харагдаж байна.

3.4 Өгөгдлийн цувааны бит алдаа, алдааны төрлүүд

Өгөгдөл дамжууллын явцад гадаад дулааны үйлчлэл, соронзон орон, бусад цахилгаан нөлөөллөөс цахилгаан соронзон дохионы хэлбэр, тархалтын хугацаа өөрчлөгддөг. Энэ үйл явцыг дохионы гажуудал гэдэг ойлголтоор тайлбарлана. Бодит холбооны системд гажуудлыг илрүүлж, засварлах арга зайлшгүй хэрэгтэй.

10 Мбит/сек хүртэлх хурдаар өгөгдлийг дамжуулах Этернэт сүлжээний кабелиар коаксиаль кабель, стандарт зэс утсан хамгаалалттай ба хамгаалалтгүй хос мушгиа (UTP, STP) кабелиудыг ихэвчлэн ашигладаг.

Дамжуулах системийн төрөл	10Base 5	10Base 2	10Base-T	10Broad 36	10Base-FT
Шугамын төрөл	Коаксиаль кабель (50 ом)	Коаксиаль кабель (50 ом)	Бүрээсгүй хос мушгиа кабель	Коаксиаль кабель (50 ом)	850 нм-ын шилэн кабель
Шугамын код, кодлол	Манчестр код	Манчестр код	Манчестр код	ДФСМ	Манчестр код
Сүлжээний топологи	Шина буюу нэг ерөнхий хэлхээ	Шина буюу нэг ерөнхий хэлхээ	Од	Шина /Мод	Од
Сегментийн хамгийн их урт (м)	500	185	100	1800	500
Нэг сегментийн зангилаануудын тоо	100	30	-	-	-
Кабелийн диаметр (мм)	10	5	0.4-0.6	0.4-1.0	62.5/125 мкм

Өгөгдлийн битүүдийн цувааны алдаа илрүүлэлт, завсарлах үйлдлийг OSI загварын дамжууллын түвшин эсвэл өгөгдлийн сувгийн түвшинд хийнэ.

Тоон дохионы дамжуулалд нэг битийн алдаа, олон бүлэг битийн алдаа гэсэн хоёр төрлийн үндсэн алдаа үүснэ.

Битүүдийн N цувааны 1 нэгж 0 болох, 0 бит 1 болох нэгжийн инверслэгдэх өөрчлөлтийг нэг битийн алдаа гэнэ. Нэгж гэдэг ойлголтод байт, тэмдэгт, OSI ба TCP/IP протоколын нэгж түвшний өгөгдлийн бүлэг, мөн өгөгдлийн багц хамаарагдана.

NRZ-I кодоор хувиргахаас өмнө өгөгдлийн сегментийн 4 бит бүрийг 5 битэд хувиргана. NRZ-I кодын зарчимд 0 битийг хэвээр, 1 төлөвийн битийг өмнөх 1 төлөвийн битээс эсрэг туйлтай байхаар дамжуулдаг онцлогтой.

Олон дараалсан тэгийн цувааны үед системийн синхрончлол алдагдана. 4B/5B кодлолын үед синхрончлол алдаанаас бүрэн хамгаална. Олон дараалсан 0 битүүд дамжихгүй. 4B/5B кодоор зөвхөн өгөгдлийн битүүдийг кодолно.

Хүснэгт 6.8-д 4В/5В кодлох хувиргалтыг үзүүлсэн. Жишээлбэл дараалсан санамсаргүй 0111 тоон цувааг 4В/5В кодоор 01111 хэлбэрт хувиргана.

4В/5В кодлолын хэлбэр

Хүснэгт 6.8

Өгөгдлийн битийн дараалал	4В/5В кодлогдсон битийн дараалал	Өгөгдлийн битийн дараалал	4В/5В кодлогдсон битийн дараалал
0000	11110	1000	10010
0001	01001	1001	10011
0010	10100	1010	10110
0011	10101	1011	10111
0100	01010	1100	11010
0101	01011	1101	11011
0110	01110	1110	11100
0111	01111	1111	11101

FDDI сүлжээний 8 төрлийн хяналтын дохионуудыг хүснэгт 6.9-д үзүүлснээр кодлодог.

FDDI хяналтын тэмдэгтүүдын код

Хүснэгт 6.9

Хяналтын битүүд	Кодлогдсон дараалал
Q-Токены алдааны төлөв	00000
I -Тайван төлөвийн бит	11111
H-Тасалдлын бит	00100
J- Токены дамжууллын эхлэл	11000
K-Токены дамжууллын үргэлжлэл	10001
T-Токены дамжууллын төгсгөл	01101
S-Холболт тогтолтын төлөв	11001
R-Холболт салгалтын төлөв)	00111

FDDI өгөгдлийн боловсруулалт нь OSI загварын нам хоёр түвшинг тус бүр хоёр дэд түвшинд хуваана

Жишээлбэл, Өгөгдлийн тэмдэгтийн нэгж битийн алдааг илрүүлье.

ASCII кодын нэг тэмдэгтийн 8 битийн доторхи 1 бит 0 бит рүү өөрчлөгдсөн. ASCII STX-00001010 тэмдэгтийг дамжуулахад 5 дахь нэгийн бит 0 болж өөрчлөгдсөнөөс

тэмдэгтийн эхлэлийг илэрхийлэгч STX , ASCII LF - 00000010 шугамын тэжээлийн тэмдэгт болж алдаатай хүлээн авагдана.

Нэг битийн алдаа ихэвчлэн цуваа дамжууллын системд үүснэ. 1 Мбит/сек хурдтай өгөгдөл дамжууллын хэлхээнд 1 битийн алдаа үүссэн. Өгөгдлийн хурд 1 мксек учир нэг битийн алдааны үед шуугиан 1 мксек-ын үргэлжлэлтэй алдаа үүсгэнэ. Практикт энэ алдаа маш ховор, харин алдааны үргэлжлэл энэ хэмжээнээс их секундын үргэлжлэлтэй үүснэ.

Нэг битийн алдаа дамжууллын зэрэгцээ хэлхээнд тохиолдож болно.

Компьютерийн санах ой ба төв процессор CPU хооронд зэрэгцээ дамжууллын хэлхээтэй.

Битүүдийн N цувааны хэсэг бүлэг 1 ба 0 битүүдийн цувааны туйл өөрчлөгдөх битийн бүлгийн өөрчлөлтийг бүлэг битийн алдаа гэнэ.

Жишээлбэл, өгөгдлийн сувгаар 1200 бит/сек хурдтай өгөгдөл дамжуулж байх үед 0.01 секундын хугацаанд дулааны шуугиан тухайн хэлхээнд нөлөөлсөн бол хэчнээн бүлэг бит алдаанд өртөхийг тодорхойлбол бүх битүүдийн дараалсан 12 бит ,эсвэл 12

битүүдийн зарим нь инверслэгдэнэ. 0.01 секундийн хугацаанд 12 бит дамжигдана.

1 Кбит/сек хурдтай өгөгдлийн сувагт шуугиан 0.01 секунд үргэлжлэлтэй нөлөөлснөөс 10 бит алдаанд өртөнө.

1 Мбит/сек хурдтай өгөгдлийн сувагт шуугиан 0.01 секунд үргэлжлэлтэй нөлөөлснөөс 10.000 бит алдаанд өртөнө. Сувгийн хурд ихсэхэд битийн алдаа шууд хамааралтайгаар нэмэгдэнэ.

Ашигласан материал

1. Tuyatsetseg badarch, "Data communications" , Third edition, 2016. Ulaanbaatar, Mongolia.
2. Behrouz A. Forouzan “Data communications and Networking “, 2 edition, McGraw-Hill, 2013, ISBN 7-302-04378-7.
3. "Computer Networks: A Top-Down Approach," , J. F. Kurose and K. W. Ross, 7th, Edition, Addison-Wesley, 2017, ISBN: 9780133594140 or 9780134296135.