

# Data communications

## Lecture 1

Introduction to data communications

Prof. Tuyatsetseg Badarch, PhD, MBA.

**2022**

## **Мэдээ, мэдээлэл ба дохионы хамаарал**

Мэдээлэл бүхий мэдээ нь цахилгаан соронзон долгионы хэлбэртэйгээр сүлжээний дамжууллын хэрэгслээр нэг цэгээс нөгөө цэг рүү дамждагийг бид мэднэ. Бид холбоо тогтоохын тулд мэдээллийг харилцан солилцдог. Энэ солилцоо, хуваарилалтын систем нь ойр болон алс зайд зохион байгуулагдаж болно. Мэдээллийн хуваарилалт солилцоог нэг нь нөгөөдөө харагдах зайд болон нүүр нүүрээрээ тулсан тохиолдолд ойрын холбоо, хол зайд бол алсын холбоогоор хангадаг.

Телефон, телеграф, телевизийн холбоо нь алсын холбооны ойлголтод хамаарагдана. (tele-гэдэг англи үг нь Грекээр алс, хол гэсэн утгыг илэрхийлнэ) .

Өгөгдөл гэдэг үг нь ерөнхий тохиолдолд яриан бус мэдээллээр илэрхийлэгдсэн бөгөөд хэн бүхэнд харагдах, ойлгогдохоор үүсгэж болох баримт, үзэл санаа, заавар зөвлөгөө, мэдээлэл гэх мэтийг илэрхийлэх утгатай .

Энэ мэдээ нь өгөгдөл, хүний дуу хоолой, зураг, видео, тоон өгөгдөл, тэмдэгтүүд, кодын хэлбэртэй байж болно. Мэдээллээс өгөгдөл үүснэ. Өгөгдлөөс дохио үүснэ.

Өгөгдөл data болон дохиог signal аналог analog ба тоон digital хэлбэрт дүрсэлж болно.

Аналог нь тасралтгүй, үргэлжилсэн хэлбэрийн, тоон нь тасалдалтай, үргэлжилсэн биш хэлбэрийн дохио гэж ойлгож болно.

Аналог өгөгдөл гэдэг нь хүний хэл ярианы дохио. Хүн ярихад нам давтамжийн зурваст үргэлжилсэн хэлбэрийн долгион агаарт тархдаг.

Тоон өгөгдөл гэдэг нь компьютер гэх мэт төхөөрөмжийн санах ойд 1 ба 0 гэсэн импульсийн хэлбэрт хадгалагдах өгөгдөл юм. Тоон өгөгдөл ихэвчлэн компьютерийн дотор, мөн гадна чиглэлд нэг хэсгээс нөгөө хэсэг рүү тоон хэлбэрээр дамжигдана.

Аналог дохио гэдэг нь хугацааны явцад аажмаар өөрчлөгддөг, өөрчлөлтийн агшны хэмжээ тогтмол биш, тодорхой биш, үргэлжилсэн хэлбэрийн дохиогоор илэрхийлэгдэнэ. Хүний ярианы дохио 300-4000 Гц зурваст тархана.

Тоон дохио гэдэг нь хугацааны туршид тэнцүү хугацаагаар огцом өөрчлөгддөг, өөрчлөлтийн агшны хэмжээ тогтмол, 1 ба 0 гэсэн хоёр утгыг авдаг, үргэлжилсэн биш хэлбэрийн

дохиогоор илэрхийлэгдэнэ. Жишээлбэл: өөрчлөлтийг гэрэл унтрах ба асах үйлдэлтэй жишиж ойлгож болно.

Аналог ба тоон дохиог үетэй ба үегүй гэж хоёр ангилна. Үетэй дохио нь үелэн давтагдах замаар үргэлжилсэн байдаг. Үеийн хэмжээ нь секундээр илэрхийлэгддэг. Нэг секундэд үеэр үелэн давтагддаг. Үегүй дохио нь тогтмол биш үеэр үргэлжилсэн байдаг. Үегүй дохионы спектр Фурьегийн хувиргалтаар тодорхойлогддог. Харин үетэй дохионы спектр Фурьегийн цуваагаар тодорхойлогдоно. Үетэй дохионы хамгийн энгийн жишээ нь синусоид дохио, мөн хоёртын тоон дохио юм.

Аналог дохио: Синусоид дохиог үет дохионы үндсэн хэлбэрээр авч үзнэ. Синусоид дохиог дараах гурван үндсэн тодорхойломжоор илэрхийлнэ.

Агуурга – amplitude : Дохионы өндрийг илэрхийлнэ. Босоотэнхлэгийн дагуу хэмжигдэнэ. Вольт, ампер, ватт гэх мэт дохионы төрлөөс хамаарч нэгжүүд нь тодорхойлогдоно. Вольт- хүчдэл, ампер-гүйдэл, ватт-чадал болохыг илэрхийлнэ.

Үе буюу давтамж – frequency : Үе нь хугацааны хэмжээс, хэвтээ тэнхлэгийн дагуу хэмжигдэнэ.

Дохионы нэг циклийг үүсгэхэд хичнээн секунд хэрэгтэйг тодорхойлно. Дохионы давтамж нь нэг секунд дэх үе буюу циклийн тоогоор тодорхойлогдоно. Дохионы үе ба давтамж нь урвуу хамааралтай.

$$T = 1/F \quad (1.1)$$

Жишээлбэл: Дохионы давтамж 6 гц бол нэг секундэд 6 бүтэн үе тархана. Дохионы үе буюу секундэд дохионы нэг үе тархана. Үеийг секундээр хэмжинэ. Жишээлбэл: 100 милсекунд хичнээн секунд, микро секунд, нано секунд, пико секундтэй тэнцүү болохыг олбол харгалзан 0.1 екунд, арвын таван зэрэгт микро секунд, арвын найман зэрэгт нано секунд, арвын арван нэгэн зэрэгт пико секундтэй тэнцүү.

Давтамжийн нэгж нь герц (Гц), килогерц (КГц), мега герц (МГц), гига герц (ГГц), терагерц (ТГц) бөгөөд Германы эрдэмтэн Хенрих Рудольф Герцийн нэрээр нэрлэгдсэн юм. Холбооны системд герц (гц), килогерц, мега герц, гига герц, тера герц-үүдийг ашиглана. Жишээлбэл: 25 МГц хичнээн КГц, МГц, ГГц, ТГц-тэй тэнцэхийг тооцож болно.

Дасгал 1: Синусоид дохионы нэг цикл 25 микро секунд бол давтамжийг олъё.

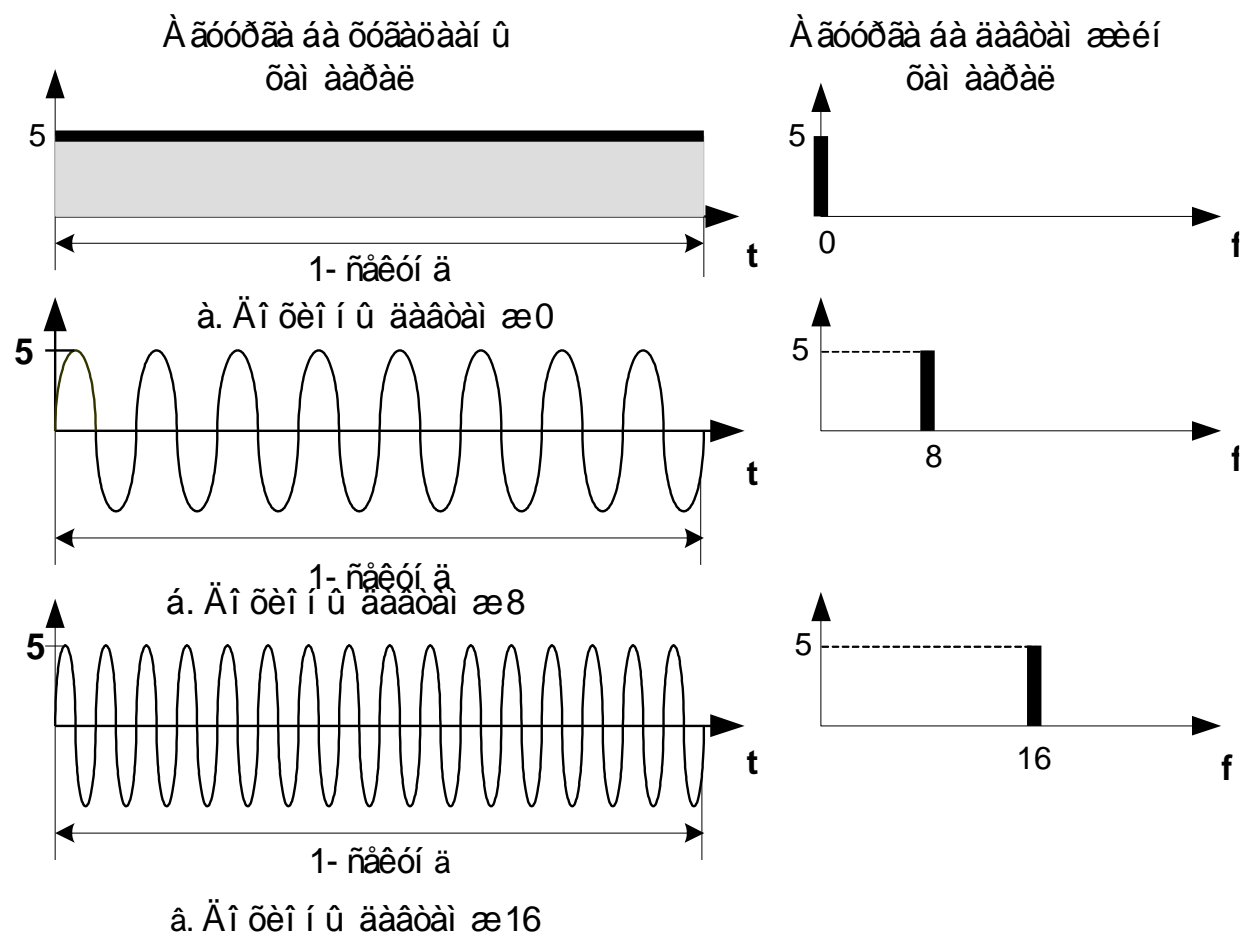
**Өгөгдөл:** 
$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{25 \times 10^{-6}} = 40.000 \text{ Ӧ} = 40 \times 10^3$$

Дохио хэдий чинээ хурдан, өөрөөр хэлбэл синусоид дохионы үе хурдан хугацаанд тархана , тархалтын давтамж төдий чинээ өндөр байх хамааралтай.

Хэрэв тодорхой үеийн туршид дохионы хүчдэлийн утга өөрчлөгдөхгүй бол давтамж нь тэгтэй тэнцүү. Огцом өөрчлөгдөж байвал давтамж нь тодорхойгүй.

- Фаз - phase: Хугацааны тэг байрлалтай холбоотой долгионы байрлалыг фазаар тодорхойлно. Фазыг градус , радианаар хэмжинэ. 360 градус радиантай тэнцүү. 360 градус фазын өөрчлөлт нэг үеийг үүсгэнэ. 180 градус фазын өөрчлөлт хагас үеийг үүсгэнэ. 90 градус фазын өөрчлөлт дөрөвний нэг үеийг үүсгэнэ.

Ямар ч дохионы хувьд хугацаа ба давтамжаас хамаарсан агуургын хамаарлыг тодорхой ойлгох ёстой. Зураг 1.3-д ялгаатай дохионуудын агуурга ба давтамж, агуурга ба хугацааны хоорондын хамаарлыг дүрсэллээ. Босоо тэнхлэгээр дохионы агуургыг илэрхийлнэ.



### Зураг 1.3 Дохионуудын агуурга ба хугацааны хамаарал

Дохионы давтамжаас агуурга хэрхэн хамаарах хамаарлыг илэрхийлэх спектрийг дохионы давтамжийн спектр Frequency spectra гэж нэрлэнэ. Ямар нэг дохиог бүрдүүлэгч бүх синусоид нь дохионуудын бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг давтамжийн спектрээр илэрхийлдэг. Дохионы давтамжийн спектрийг ерөнхий дүрслэлийг зураг 1.3-аас үзнэ үү.

Давтамжийн спектрийн өргөнийг дохионы зурвасын өргөн- bandwidth /  $W$  / гэж нэрлэнэ. (1.2) томъёогоор тодорхойлно.

$$W = F_{upper} - F_{lower} , \quad (1.2)$$

Дасгал II: 16 Гц давтамжийн зурвас бүхий дохионы дээд давтамж 60Гц. Давтамжийн зурвасын доод утгыг олж болно. Давтамжийн бүх нийлэгдэхүүний агуургын утга 5 вольт бол дохионы давтамжийн спектрийг зураг 1.3-д үзүүлсэн хэлбэрээр дүрсэлж болно. Зурвасын өргөнийг

60 Гц -  $X$  Гц =16 Гц ;  $X=60-16=44$  Гц гэж тодорхойлно.

Ихэвчлэн тоон дохионы 1 төлөвийн импульс эерэг хүчдэлийн түвшингээр, 0 төлөвийн импульс сөрөг хүчдэлийн түвшингээр хэмжигддэг. Ихэнх тоон дохионууд нь үегүй дохионы төрөлд хамаарагдана.

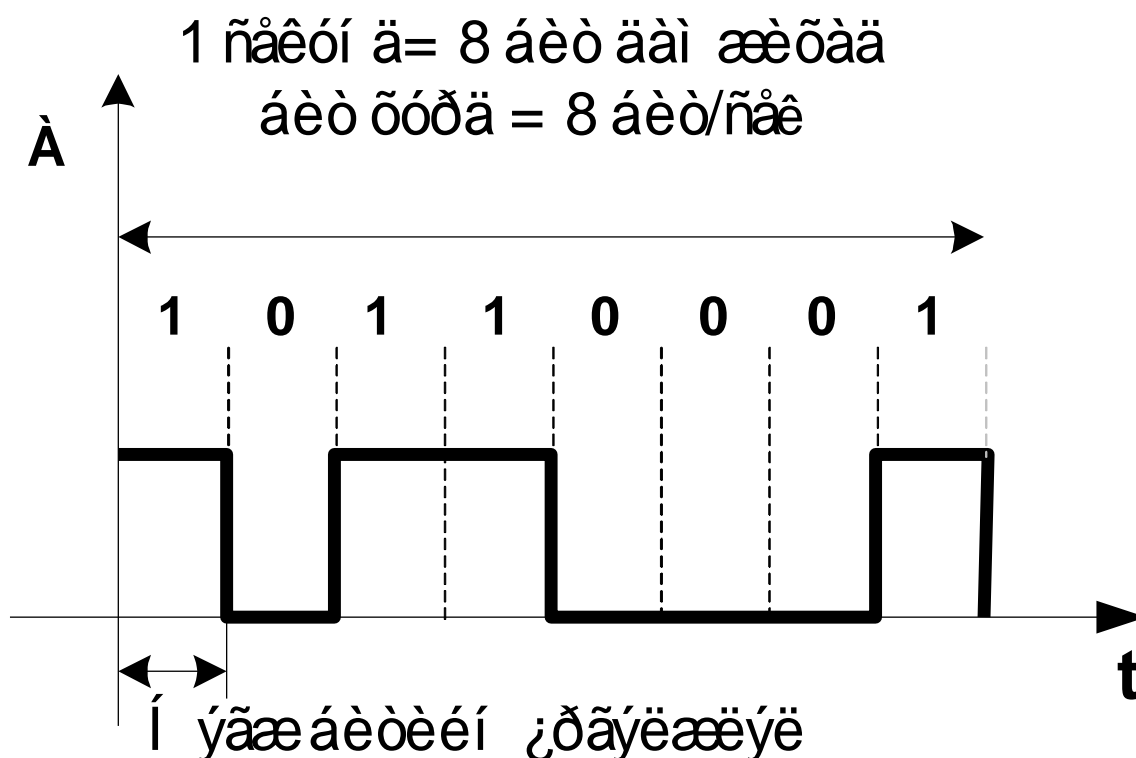
Аналог дохионы параметр болох үеийн оронд бит үргэлжлэл Bit duration , давтамжийн оронд бит хурд Bit speed гэдэг параметрүүдийг авч үздэг. Нэг бит /BIT/ дамжуулахад шаардагдах хугацааг бит үргэлжлэл гэнэ.

Зураг 1.4-д нэг битийн хурд ба бит үргэлжлэлийн хамаарлыг үзүүлсэн. Битийн тоо олон болох тусам нэг битийн үргэлжлэх хугацаа багасна.

Нэг секундэд дамжих бит үргэлжлэлийн тоог бит хурд гэнэ. Бит үргэлжлэл нь бит хурдны урвуу хамаарлаар тодорхойлогдоно.

$$T = \frac{1}{R}. \quad [\text{ñâêóíä}]$$

(1.3)



Зураг 1.4 Нэг бит хурд ба бит үргэлжлэлийн хамаарал

Дасгал III: Тоон дохионы бит хурд 2000 бит/с хэмжээтэй.

Нэгж битийн үргэлжлэлийг тодорхойлох бит үргэлжлэлийг олъя.

Шийдэл:

Бит хурдыг (1.3) томъёогоор тодорхойбол :  
секунд микро секунд.

Дасгал IV: Тоон дохионы бит үргэлжлэл 40 микросекунд бол бит хурдыг олъё.

Шийдэл:

Бит үргэлжлэлийг (1.3) томъёогоор тодорхойлно.

Кбит/сек.

Өгөгдлийн холбооны системд аналог ба тоон хэлбэрийн өгөгдлийг хувиргах аргаас нь хамааруулан 4 ангилна.

а: тоон өгөгдлийг тоон дохионд хувиргах,

б: аналог өгөгдлийг тоон дохионд хувиргах,

в: тоон өгөгдлийг аналог дохионд хувиргах,

г: аналог өгөгдлийг аналог дохионд хувиргах/Бүлэг 2-оос тодорхой үз./

а: Өгөгдлийн сүлжээний дамжууллын хамгийн гол асуудал нь кодлолын процесс юм. Кодлолын төхөөрөмж нь тоог аналог болгох модуляцын төхөөрөмжөөс илүү үнэ өртөгтэй, нийлмэл нарийн бүтэцтэй байдаг.

б: Аналог өгөгдлийг тоон дохионд хувиргах аргыг орчин үеийн тоон дамжуулал ба холболтын төхөөрөмжүүдэд өргөн ашиглана. Төхөөрөмж нь тоог аналог болгох төхөөрөмжөөс хямд, энгийн бүтэцтэй юм.

в: Оптик кабель, чиглүүлэлгүй систем гэх мэт зарим дамжууллын хэрэгслийн дохионы тархалт нь аналог хэлбэрт зөвшөөрөгддөг.

г: Аналог өгөгдөл нь цахилгаан дохионы хэлбэрт байх ба дууны тракт болох үндсэн зурваст дамжуулахад хялбар ба систем хямд зардалтай бүтээгддэг.

Эдгээр хувиргалтуудаас тоон өгөгдлийг тоон дохионы хэлбэрт хувиргаж дамжуулах кодлолын аргыг өгөгдлийн системд хамгийн чухлаар тооцно.

Мэдээ ба дохио хоорондоо хамааралтайгаар тодорхойлогддог. Мэдээ ба дохионы шинж чанарыг магадлалын онолоор тайлбарлаж болно. Мэдээ ба дохио нь тасралтгүй ба тасалдалтай гэсэн хоёр үндсэн хэлбэртэй дамжигддаг. Тасралтгүй мэдээ ба дохио нь төгсгөлөг хугацааны завсарт агуурга нь ямар ч утга авч болдог үргэлжилсэн тархалтын спекртэй. Тасалдалтай мэдээ нь агуургын хувьд тодорхой утга бүхий дискрет дохио байна. Жишээлбэл, өгөгдлийн холбоонд хоёр утга авдаг дохиог өргөн ашиглана.

Өгөгдөл дамжуулах үед мэдээ ба дохио нь үргэлж дискрет буюу тасалдсан хэлбэртэй байдаг. Хэрэв дискрет дохио нь утга авдаг гэвэл түүнийг ( ) хэлбэрт бичиж болно. Мөн дурын тооллын системд ч бичиж болно.

тооллын системийн суурь,  
зэргийн коэффициент.

Өгөгдөл дамжуулах онолд хоёртын тооллын системийг өргөн ашиглана. Хоёртын дохио нь өгөгдөл дамжуулахад нэг туйлт, олон туйлт хэлбэрээр хэрэглэгдэнэ. Телеграфын холбоогоор хоёртын нэгж бит нь нэгж хугацааны завсрыг

бүрэн эзэлж дамждаг бол орчин үед компьютерийн сүлжээгээр ихэвчлэн нэгж хугацааныхаа завсрын хагасыг эзлэх богино импульсийн хэлбэрээр дамжуулагддаг. Ингэснээр системийн хурдыг ихэсгэх гол нөхцөл болж өгнө. Жишээлбэл, компьютерийн локаль сүлжээний дамжууллын код болох Манчестр код нь богино импульсийн төрөлд хамаарагдана. Манчестр кодын нэгж битийн үргэлжлэл нь телеграфын дохионы нэгж битийн үргэлжлэлээс хоёр дахин богино учраас сүлжээний дамжууллын хурдыг ихэсгэнэ.

нэгж бит илгээхэд зарцуулагдах хугацаа буюу нэгж битийн үргэлжлэх хугацаа гэвэл өгөгдлийн хурдыг дараах томъёогоор тодорхойлж болно .

$$R = \frac{1}{T_b} \quad (1.5)$$

Нэгж битийн үргэлжлэл (1.3 томъёо) багасах тусам сүлжээний дамжууллын хурд (томъёо 1.5) нэмэгдэж, нэвтрүүлэх чадвар ихсэх сайн талтай.

Тоон үүсгүүрийн сувгаар дамжих өгөгдөл нь дараах 2 үндсэн шинж чанараас хамаардаг. Үүнд:

1. Дохионы шинж чанар
2. Дамжууллын хэрэгслийн шинж чанар болно.

Дамжууллын хэрэгслийг чиглэлтэй ба чиглэлгүй гэж ангилдаг болохыг өмнө дурьдсан билээ.

Чиглэлтэй системд wired system коаксиаль кабель, оптик кабель, хоёр утаст кабелиуд,

Чиглэлгүй системд wireless system агаар, атмосфер, вакуум орчин хамаарна гэдгийг бид мэдэж авсан.

Тоон дохионы үндсэн параметруудэд давтамж, спектр, давтамжийн зурвас хамаарна. Дамжууллын системээр дамжиж буй хугацааны ба давтамжийн функцээр илэрхийлэгдсэн цахилгаан ба соронзон долгион нь үргэлжилсэн ба тоон хэлбэртэй байна. Үргэлжилсэн хэлбэртэй дохионд аналог сувгаар дамжиж буй тасралтгүй хэлбэрийн дохионууд хамаарагдана. Харин тасралттай хэлбэрийн дохионд тоон дохионууд хамаарагдана.

Өгөгдлийн төгсгөлийн төхөөрөмжийн дохио текстэн ба тэмдэгтэн мэдээллээс тогтоно. Текстэн өгөгдөл гэдэг нь хүний хэл ярианы дохио байхад тэмдэгтэн өгөгдөл нь холбооны систем ба өгөгдлийн процессорт хадгалагдаж буй болон дамжуулагдаж байгаа дохионууд багтана.

Өөрөөр хэлбэл текстэн өгөгдлийг тэмдэгт хэлбэрт шилжүүлж холбооны сувгаар дамжуулна. Тэмдэгтэн дохионы нэг жишээ нь ASCII-код. ASCII, EBCDIC кодуудыг компьютерийн өөрийнх нь хэл гэж ойлгож болно. ASCII кодын тэмдэгт бүр нь парити битээсээ гадна 7 битээс тогтох бөгөөд 128 ялгаатай тэмдэгтүүдийг үзүүлдэг. Парити бит нь өөрөө нэмэгдээд октет бүрд байгаа хоёртын 1 битийн тооны тэгш сондгойгоос хамаарч тэгшийн ба сондгой парити битийн дүрэмтэй гэж ангилагдана. Өгөгдлийн холбооны онолд 8 бит нийлж нэг октетыг үүсгэдэг. byte = octet = 8 bits

## **Тоон үүсгүүрийн мэдээ, мэдээллийн тоо хэмжээ**

Мэдээ бүр өөртөө ямар нэг хэмжээний мэдээллийг агуулж байдгийг дурьдсан билээ. Холбооны системд мэдээллийн тоо хэмжээг мэдсэнээр сүлжээний нэвтрүүлэх чадвар, дамжууллын хурд зэрэг үндсэн параметрийг хялбархан тодорхойлж болно.

Мэдээллийн шинж чанар: Мэдээнд агуулагдаж байгаа мэдээлэл нь дараах шинж чанартай. Үүнд:

- Үл хамаарах 2 мэдээний агуулах мэдээлэл нь тус бүрийн агуулах мэдээллийн нийлбэртэй тэнцүү.
- Урьдаас мэдэгдэж байгаа үйл явдлын тухай мэдээний агуулж байгаа мэдээлэл нь 0-тэй тэнцүү.
- Мэдээллийн тоо хэмжээ нь мэдээг чанартай хүлээн авснаас бус хүлээн авуурт үзүүлэх мэдээллийн шинж чанараас хамаарна.

Мэдээллийн ерөнхий төлөвийг тодорхойлох параметр нь уг мэдээндэх мэдээллийг хүлээн авуур мэдэж байх магадлал юм. А гэсэн мэдээн дэх мэдээлэл урьдаас мэдэгдэж байвал магадлал , агуулах мэдээллийн хэмжээ 0-тэй тэнцүү байна. Хүлээн авуур мэдээллийг мэдэхгүй байвал , мэдээллийн хэмжээ 0-ээс их байна.

Мэдээ нэг элементээс, өөрөөр хэлбэл нэг импульсээс тогтож байна гэж үзье.

Компьютер ажилтай ба ажилгүй гэсэн хялбар мэдээг дамжуулья. Энэ тохиолдолд импульс нь дээрх хоёр төрлийн

боломжит мэдээг тодорхойлох хоёр төлөв авах ёстой. Дамжигдаж байгаа мэдээ нь компьютерийн ажлын горимын тухай хэтэрхий тойм мэдээлэл өгч байна. Хэрэв компьютерийн ажиллагааны олон төлөвийг илэрхийлэх 10 янзын мэдээ дамжуулъя гэвэл импульс нь 10 төрлийн төлөв авах ёстой. Энэ тохиолдолд нэг импульсийн хүлээн авалт нь компьютерийн ажиллагааны тухай илүү нарийн мэдээллийг өгч чадна. Ийм байдлаар 1 импульсэд агуулагдах мэдээллийн тоо хэмжээ нь нэгж импульсийн авч болох төлөвийн тооноос хамаарч байна.

Элементийн төлөвийн тоо , мэдээ нь элементтэй гэвэл байж болох мэдээний тоо :

$$N = m^n \quad (1.6)$$

Хоёртын тооллын системд гэвэл

Эндээс үзэхэд байж болох мэдээний тоо хэмжээ нь мэдээнд агуулагдах мэдээллийн тоо хэмжээнээс хамаарах болно.

Практикт функцыг хэрэглэж мэдээллийн тоо хэмжээг тодорхойлно.

мэдээллийн тоо хэмжээ  
тогтмол коэффициент  
логарифмын суурь, гэвэл

$$I = \text{Log}_2 N \quad (1.9)$$

$$I = n \text{Log}_2 m \quad (1.10)$$

Энэ тохиолдолд мэдээллийн тоо хэмжээ битээр илэрхийлэгдэнэ. Хоёртын нэг импульс нэг бит мэдээлэл агуулна. Ийм учир үед болно.

Хоёртын системд мэдээллийн тоо хэмжээ импульсийн тоотой тэнцүү байна. ( )

Хэрэв нэгж импульс 16 төлөв авбал , тухайн нэгж импульсийн агуулах мэдээллийн тоо хэмжээ гэж математик тооцоогоор үнэлэгдэнэ.

Нэгж импульсийн авч болох мэдээллийн тоо хэмжээ өсөхөд нийт мэдээллийн тоо хэмжээ логарифм хуулиар өсөх нь дээрхи тодорхойлолтоос харагдаж байна.

Эндээс үзэхэд импульсийн төлөвийн тоо өсөх нь ашиггүй. Системийн хурд ихсэхэд мэдээллийн тоо хэмжээ өснө.

Мэдээллийн тоо хэмжээний өсөлт нь тоног төхөөрөмжийн илүү нарийн технологийн шаардлагын төлөвийн тоотой пропорциональ хамааралтай юм.

Ийм учраас хоёртын тооллын системийг ашиглаж мэдээллийг кодолж дамжуулах нь хамгийн ашигтай болно. Хоёртын тооллын системийн өөр давуу талууд нь санах, коммутацлах, кодлох үйлдлүүдэд схем техник хялбар, триггер, түлхүүр гэх мэт хоёр төлөв бүхий элемент ашиглахад хангалттай, шуугиан хамгааламж сайн зэрэг болно.

Мэдээллийн тоо хэмжээг тодорхойлох томъёо нь бүх мэдээ адил магадлалтай үед төгс үнэн байдаг.

Ерөнхий тохиолдолд янз бүрийн элементийн гарч ирэх магадлал адил биш байж болно. Жишээлбэл, компьютерийн хэрэглэгч Интернетээр электрон захиа бичихэд мэдээний утгатай холбоотойгоор үсгүүдийн ашиглагдах магадлал өөр өөр байна. Орос хэлний цагаан толгойн О,А,Е,И үсгүүдийн магадлал өндөр, Х,Ф,Щ үсгийн ашиглах магадлал бага гэх мэт.

Иймд өөр өөр магадлалтай элементийн хувьд мэдээллийн тоог тодорхойлох нь их чухал юм. Мэдээллийн элемент утга авдаг гэе.

Магадлал нь харгалзан байна. үсэгтэй мэдээллийн үсэг бүрийн тоо байна гэе.

Тодорхойлогдсон дараалалтай үсгийн гарч ирэх магадлал дараах томъёогоор тодорхойлогдоно.

$$P = P_1^{a_1} P_2^{a_2} \dots P_m^{a_m} = \sum_1^m P_i^{a_i} \quad (1.11)$$

Элементийн гарч ирэх нь хамааралгүй үзэгдэлд хамаарагдана. Хэрэв мэдээлэл хангалттай урт гэвэл үсэг бүрийн тоо:

$$a_i = nP_i;$$

(1.12)

$$P = \sum_1^m P_i^{nP_i}$$

Эндээс (1.11) томъёог хэлбэрт бичиж болно:

Мэдээ хангалттай урт байвал элементийн байж болох бүх боломжит байрлалыг адил магадлалтай гэж үзнэ. Бусдаас ялгаатай мэдээ бүр гарч ирэх магадлалтай байна. Эндээс бүх боломжит мэдээний тоог (1.14) томъёогоор тодорхойлно.

$$N = \frac{1}{P} = \frac{1}{\sum_1^m P_i^{nP_i}}; \quad (1.14)$$

Мэдээллийн тоо хэмжээ нь ээс логарифм авсантай тэнцүү.

$$I_j = \log_2 \left( \frac{1}{P_j} \right) bits$$

(1.15)

мэдээний элементийн тооноос хамааралтайгаар ерөнхий тохиолдолд мэдээллийн тоо хэмжээг (1.15) томъёогоор биш (1.16) томъёогоор тодорхойлох нь илүү нарийвчлалтай.

$$H = n \sum P_j \cdot I_j \Rightarrow$$

$$H = n \sum P_j \cdot \log_2 \left( \frac{1}{P_j} \right) \quad (1.16)$$

мэдээний элементийн тоо,  
 элементийн I-р төлөвийн гарч ирэх магадлал  
 элементийн байж болох төлөвийн тоо.

Хангалттай урт мэдээний хувьд мэдээллийн тоо хэмжээг (1.10) томъёогоор тодорхойлох нь тохиромжтой. Богино мэдээллийн хувьд (1.16) томъёоны тооцооны дунджаар авах нь илүү тохиромжтой. Хэрэв ямар нэг элементийн байж болох магадлал бол мэдээллийн тоо хэмжээ байна.

Өөрөөр хэлбэл . Учир нь мэдээнд агуулагдаж байгаа мэдээлэл өмнө нь мэдэгдсэн байх ба дахин дамжигдаж байгаа гэсэн үг.

Бүх элемент ижил магадлалтай бол , энэ нөхцөлд (1.10 ) томъёо (1.16) томъёотой адил.

Зарим тохиолдолд 1 элементэд харгалзах хувийн мэдээллийн тоо хэмжээг тооцоолох шаардлагатай байдаг.

$$I' = \frac{I}{n} = \sum_1^m P_i \text{Log}_2 \frac{1}{P_i} \quad (1.17)$$

$$I' = \frac{I}{n} = \text{Log}_2 m$$

(1.18)

Мэдээллийн тоо хэмжээ нь тухайн мэдээний үүсгүүрийн өөрийнх нь шинж чанараас хамаарна. Нэгж тэмдэгтэд агуулагдах мэдээллийн тоо хэмжээг энтроп гэж нэрлэнэ. Мэдээлэл дамжуулах хурд гэдэг нь сувгаар нэг секундэд өнгөрч байгаа мэдээллийн тоо хэмжээгээр тодорхойлогдоно.

Нэгж тэмдэгтийн мэдээллийн тоо хэмжээг ихэсгэвэл мэдээ дамжуулах хурд ихэснэ. Нэгж тэмдэгтэд агуулагдах мэдээллийн тоо хэмжээг ихэсгэхийн тулд илүүдэл мэдээллийг устгах хэрэгтэй.

Тоон үүсгүүрийн мэдээллийн илүүдлийг илүүцийн коэффициентээр үнэлнэ. Томъёо (1.16) -аас дараах томъёог

$$p = 1 - \frac{H(x)}{H_{\max}(x)}$$

гарган авч болно.

(1.19)

$p$  – Илүүцийн коэффициент

$H(x)$  – Энтроп

$H_{\max}(x)$  – Нэгж тэмдэгтэд агуулагдах хамгийн их мэдээллийн тоо хэмжээ.

Тоон мэдээллийн үүсгүүрээс үүсгэгдсэн холбооны төрөл бүрийн сувгаар дамжиж байгаа дохионд агуулагдаж байгаа

мэдээллийн хэмжээг тодорхойлохын тулд тоон хэмжээ зайлшгүй чухал юм.

Өгөгдлийн холбооны тоон үүсгүүрээс үүсгэгдэж байгаа мэдээллийн тоо хэмжээг тодорхойлохоос гадна дараах параметруудыг тодорхойлох хэрэгтэй .

Үүнд:

- Дамжууллын гажуудлууд,
- Холбооны сувгийн нэвтрүүлэх чадвар,
- Сувгийн багтаамж,
- Мэдээллийн хувиргалтууд, кодлол,
- Хүлээн авах хэсэг дахь хувиргалт, декодлол,
- Дамжуулж буй кодын алдаа илрүүлэлт, алдаа засварлалт,
- Модемын холболтын хурдны зохицуулалт, интерфэйслэлт,
- Өгөгдлийн сүлжээний бүтээмж ,
- Өгөгдөл дамжуулах хурд ба модуляцын хурд,
- Сүлжээний ачаалал,
- Сүлжээний ашиглалт зэрэг үндсэн параметруудийг тооцоолох хэрэгтэй.

#### **Ашигласан материал**

1. Tuyatsetseg badarch, "Data communications , Third edition, 2014. Ulaanbaatar, Mongolia.
2. Behrouz A. Forouzan "Data communications and Networking ", 2 edition,

McGraw-Hill, 2013, ISBN 7-302-04378-7.