

МОНГОЛ УЛСЫН СТАНДАРТ

Ангилалтын код 35.020

Интернэтийн чанарт тавих шаардлага Интернэтийн үйлчилгээний чанар – Ерөнхий шаардлага Requirements for the quality of internet	MNS 6966:202..
--	----------------

Стандарт, хэмжил зүйн газрын даргын оны дүгээр сарын-ны өдрийн дугаар тушаалаар батлав.

Энэ стандарт нь 202.. оны ... дүгээр сарын-ны өдрөөс эхлэн хүчинтэй.

1 Хамрах хүрээ

Энэ стандартад суурин болон хөдөлгөөнт интернэтийн чанарын үзүүлэлтийн байвал зохих утгыг Олон улсын цахилгаан холбооны байгууллага (ОУЦХБ)-ын зөвлөмжийн дагуу заасан болно.

Энэ стандарт нь IP сүлжээнд суурилсан үйлчилгээний пакетыг дамжуулах үеийн хурд, нарийвчлал, найдвартай ажиллагаа, бэлэн байдал зэргийг хэмжих параметрийг тодорхойлно. Эдгээр параметрийг нь нэг төгсгөлөөс нөгөө төгсгөл, цэгээс цэгт IP үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтийг тодорхойлоход ашиглана.

IP үйлчилгээ нь логик холболтгүй (connectionless)-гээр хэрэгждэг. Тодорхой IP хаяг бүхий хэрэглэгчийн төгсгөлийн төхөөрөмжөөс эсвэл серверийн боловсруулсан трафикийг IP сүлжээгээр дамжуулах бүрт норматив шаардлага хангагдаж байх ёстой. Эдгээр параметрийг интернэт протоколын 4 болон 6 дахь хувилбар дээр ашиглах боломжтой. Түүнчлэн эдгээр гүйцэтгэлийн параметрийг сүлжээ төлөвлөхөд ашигладаг.

2 Норматив эшлэл

Энэ стандартад дараах бичиг баримтыг эш татан хэрэглэнэ. Хугацаа заасан эшлэлийн хувьд эш татсан хэвлэл, харин хугацаа заагаагүй эшлэлийн хувьд хамгийн сүүлийн хэвлэлийг хэрэглэнэ.

2.1 Баримталсан зөвлөмжүүд

ITU-T I.350, *ISDN агуулсан тоон сүлжээний гүйцэтгэл, үйлчилгээний чанарын ерөнхий ойлголт* (1993)

ITU-T P.10/G.100, *Үйлчилгээний чанар болон гүйцэтгэлийн талаарх нэр томъёо* (2016)

ITU-T Y.1540, *Интернэт протоколт өгөгдлийн холбооны үйлчилгээ - IP пакет дамжуулах ба бэлэн байдлын гүйцэтгэлийн параметр*

ITU-T Y.1541, *IP-д суурилсан үйлчилгээний сүлжээний гүйцэтгэлийн зорилт 2011*

ITU-T Y.1545, *IP протоколт сүлжээнүүдийг хооронд нь холбосон үйлчилгээний чанарт зориулсан параметрийн зураглал*

ITU-T G.114, *Дамжуулах систем ба медиа, тоон систем, сүлжээ* (2003)

MNS 6966:2022

IETF RFC 791, Интернет протокол (1981)

ITU-T E.800, Үйлчилгээний чанарт (QoS) хамаарах нэр томъёо, тодорхойлолт.

ITU-T E.802, Үйлчилгээний чанарыг дэмжих үйлчилгээний архитектур.

ITU-T E.804, Мобайл сүлжээний түгээмэл үйлчилгээний үйлчилгээний чанарын үзүүлэлт, хэрэглэгчийн туршлагын үнэлгээ.

ITU-T O.211, IP түвшний туршилт, хэмжилтийн төхөөрөмжид тавих шаардлага.

ITU-T Y.1543 (2018), IP өгөгдлийн холбооны үйлчилгээний сүлжээний гүйцэтгэлийг үнэлэх хэмжилтийн аргачлал.

ITU-T Y.1545.1 (2017), IP сүлжээний үйлчилгээний чанарын мониторингийн тогтолцоо.

ITU-T Y.1711, MPLS сүлжээний ашиглалт, удирдлага, засвар үйлчилгээний механизм.

ITU-T G.8013/Y.1731, Ethernet сүлжээний ашиглалт, удирдлага, засвар үйлчилгээний (OAM) функц ба механизм.

IETF RFC 2460, Интернет протокол, Хувилбар 6 (IPv6) - Тодорхойлолт (1998)

IETF RFC 4737, Пакет дахин эрэмбэлэх хэмжигдэхүүн (2006)

IETF RFC 5136, Сүлжээний багтаамжийг тодорхойлох (2008)

IETF RFC 5481, Пакет хүлээлтийн өөрчлөлтийн мэдэгдэл (2009)

RFC 792, Internet Control Message Protocol (ICMP).

RFC 2330, IP сүлжээний гүйцэтгэлийн үзүүлэлтийн (IPPM) ерөнхий тогтолцоо.

RFC 3432, Тогтмол урсгалыг ашиглан сүлжээний гүйцэтгэлийг хэмжих арга.

RFC 3550, Бодит цагийн өгөгдөл дамжуулах протокол (RTP).

RFC 5357, Хоёр чиглэлийн идэвхтэй хэмжилтийн протокол (TWAMP).

RFC 5481, Пакет дамжуулах хугацааны хэлбэлзлийн хэрэглээний тайлбар.

RFC 6576, IPPM стандартын хэрэгжилтийн туршилтын аргачлал.

RFC 7679, Нэг чиглэлийн IP пакет дамжуулах хугацааг хэмжих аргачлал.

RFC 7680, Нэг чиглэлийн IP пакет алдагдлыг хэмжих аргачлал.

RFC 7799, Идэвхтэй, идэвхгүй болон хосолсон хэмжилтийн үзүүлэлт, аргачлал.

RFC 8337, Загварт суурилсан дамжуулах багтаамжийн хэмжилтийн үзүүлэлт.

2.2 Лавлагааны баримт бичиг

Энэхүү стандартыг боловсруулахад дараах баримт бичгийг ашигласан болно.

ITU зөвлөмж

ITU-T G.1010, Төрөл бүрийн хэрэглээний үйлчилгээний чанарт тавигдах шаардлага.

ITU-T P.863, POLQA ашиглан ярианы чанарыг объектив үнэлэх аргачлал.

ITU-T Y.1542, IP сүлжээний гүйцэтгэлийн үзүүлэлтийг хэмжих тогтолцоо.

ETSI баримт бичиг

ETSI EG 202 057, Хэрэглэгчтэй холбоотой үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүд, тодорхойлолт ба хэмжилтийн арга.

ETSI TR 101 949, Өргөн зурвасын интернэт үйлчилгээний үйлчилгээний чанарын хэмжилтийн аргачлал.

3 Товчилсон үг

Энэ стандартад дараах товчилсон үгийг хэрэглэнэ.

Товчлол	Англи нэр	Монгол нэр
ALR	Aggregate Loss Ratio	Нийлбэр пакет алдагдлын харьцаа
ARQ	Automatic Repeat-request	Хүсэлтийг Автоматаар давтах
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Асинхрон дамжуулах горим
BTC	Bulk Transfer Capacity	Их хэмжээний дамжуулалтын багтаамж (багтаамж)
CDN	Content Delivery Network	Контент түгээх сүлжээ
DP	Demarcation Point	Үйлчилгээний хариуцлагын зааглах цэг
DSCP	Differentiated Services Code Point	Ялгамжтай үйлчилгээний код
DST	Destination host	Хүлээн авагч хост (компьютер)
EL	Exchange Link	Солилцох холболт
ER	Edge Router	Захын замчлагч
FR	Frame relay	Фрейм релей
FEC	Forward Error Correction	Дамжуулалтын алдааг залруулах
FTP	File Transfer Protocol	Файл дамжуулах протокол
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	Гипертекст дамжуулах протокол
IM	Independent Measurement	Бие даасан хэмжилт
IP	Internet Protocol	Интернэт протокол
IPDR	Internet Protocol packet Duplicate Ratio	Интернэт протокол пакетын давхарлалтын харьцаа (коэффициент)
IPDV	Internet Protocol packet Delay Variation	Интернэт протокол пакетын хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлтүүд
IPER	Internet Protocol packet Error Ratio	Интернэт протокол пакетын алдааны харьцаа
IPIBR	Internet Protocol packet Impaired Block Ratio	Интернэт протокол пакетын гэмтсэн блокуудын харьцаа
IPIIR	Internet Protocol packet Impaired Interval Ratio	Интернэт протокол пакетын харьцааны интервал
IPFIX	IP Flow Information Export	IP урсгалын мэдээлэл экспортлох протокол
IPLR	Internet Protocol packet Loss Ratio	Хаягдсан интернэт протокол пакетын харьцаа
IPOR	Octet-based IP packet Rate	IP пакетын хурд байтаар
IPPM	IP Performance Metrics	IP-ийн гүйцэтгэлийн хэмжигдэхүүнүүд
IPPR	Internet Protocol Packet Rate	Интернэтийн протоколын пакетын хурд
IPRE	Internet Protocol packet transfer Reference Event	Интернэт протокол дамжуулах эталон пакет
IPRR	Internet Protocol packet Reordered Ratio	Интернэт протокол пакетын дараалал тогтоох харьцаа

IPSLB	Internet Protocol packet Severe Loss Block outcome	Интернэт протокол пакетуудын ноцтой (хэт их) хаягдсан блокуудын үр дүн
IPSLBR	Internet Protocol packet Severe Loss Block Ratio	Интернэт протокол пакетуудын ноцтой (хэт их) хаягдсан блокуудын харьцаа
IPTD	Internet Protocol packet Transfer Delay	Интернэт протокол пакетыг дамжуулах хүлээлтийн хугацаа
IPv4	Internet Protocol version 4	Интернэт протоколын хувилбар 4
IPv6	Internet Protocol version 6	Интернэт протоколын хувилбар 6
ISP	Internet Service Provider	Интернэтийн үйлчилгээ эрхлэгч
IXP	Internet Exchange Point	Интернэтийн солилцооны төв
KPI	Key Performance Indicator	Гүйцэтгэлийн үндсэн үзүүлэлт
LL	Lower Layers (protocols and technology supporting the Internet protocol layer)	Доод давхарга, (Протокол болон технологи нь интернэт протоколын давхаргыг дэмждэг)
M _{av}	The minimum number of packets recommended for assessing the availability state	Бэлэн байдлын төлөвийг үнэлэхэд санал болгож буй пакетуудын хамгийн бага тоо
MP	Measurement Point	Хэмжилтийн цэг
MTBISO	Mean Time Between IP Service Outages	IP үйлчилгээний тасалдал хоорондын дундаж хугацаа
NMS	Network Management System	Сүлжээний удирдлагын систем
NTP	Network Time Protocol	Сүлжээний цагийн синхрончлолын протокол
OAM	Operations, Administration and Maintenance	Ашиглалт, удирдлага, засвар үйлчилгээ
OM	Operator Monitoring	Үйлчилгээ эрхлэгчийн мониторинг
OWAMP	One-Way Active Measurement Protocol	Нэг чиглэлийн идэвхтэй хэмжилтийн протокол
PDV	Packet Delay Variation	Пакетын хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлт
PIA	Percent Internet protocol service Availability	Интернэт протоколын үйлчилгээний бэлэн байдлын хувь
PIU	Percent Internet protocol service Unavailability	Интернэт протоколын үйлчилгээний бэлэн бус байдлын хувь
PM	Performance Management	Гүйцэтгэлийн удирдлага
PMS	Performance Management System	Гүйцэтгэлийн удирдлагын систем
QoS	Quality of Service	Үйлчилгээний Чанар
QoE	Quality of Experience	Хэрэглэгчийн мэдэрсэн үйлчилгээний чанар
QoSM	Quality of Service Monitoring	Үйлчилгээний чанарын мониторинг
RIPR	Replicated Internet protocol Packet Ratio	Интернэт протоколын олшруулсан пакетын харьцаа
RP	Reference Path	Лавлах зам
RSVP	Resource reservation Protocol	Нөөцлөх протокол
RTCP	Real-Time Control Protocol	Бодит хугацааны хяналтын протокол
RTO	Retransmission Time Out	Дахин дамжуулах хугацаа дуусах
RTP	Real-time Transport Protocol	Бодит хугацаанд дамжуулах протокол
RTT	Round-Trip-Time	Эцсийн хэрэглэгчээс эцсийн хэрэглэгч хүрээд буцаж илгээсэн хост дээр буцаж ирэх хугацаа (хоёр талын аяллын хугацаа)
SDH	Synchronous digital hierarchy	Синхрон тоон шатлал
SLA	Service Level Agreement	Үйлчилгээний түвшний гэрээ
SRC	Source host	Илгээгч хост
Syslog	System Logging Protocol	Системийн бүртгэлийн протокол
T _{av}	Minimum length of time of Internet protocol availability; minimum length of time of Internet protocol unavailability	Интернэт протоколын бэлэн байдлын минимум хугацаа, Интернэт протоколын бэлэн бус байдлын минимум хугацаа
TCP	Transmission Control Protocol	Хяналттай дамжуулах протокол

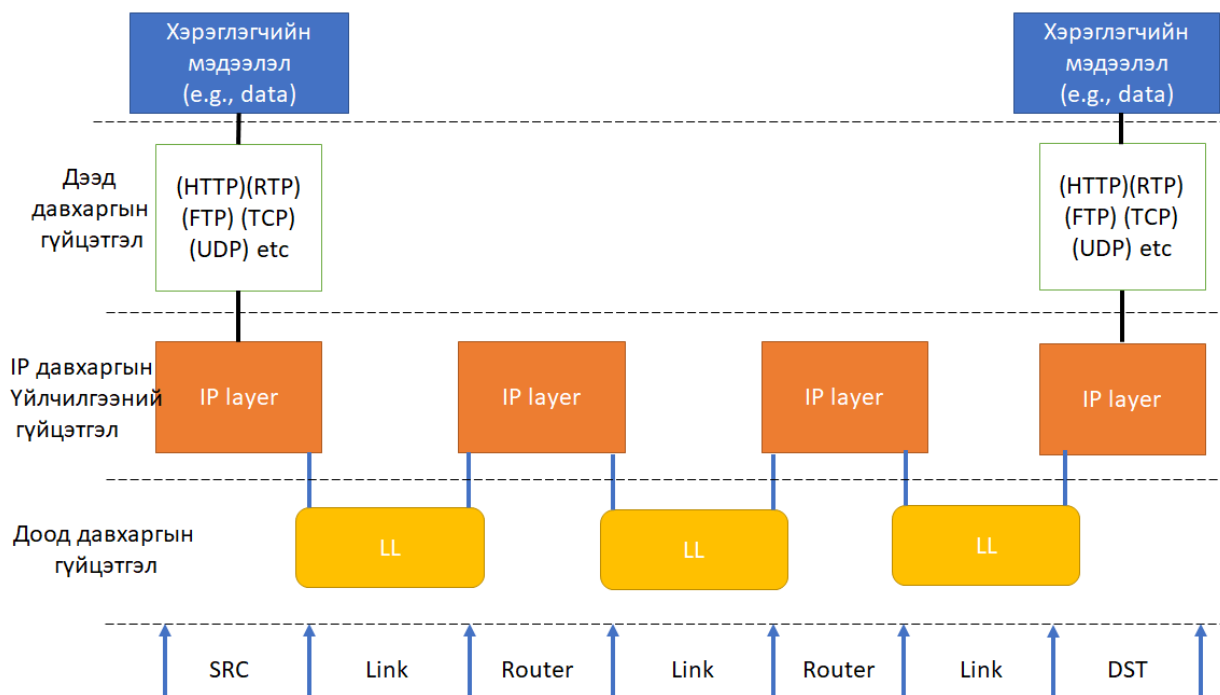
Tmax	Maximum Internet protocol packet delay beyond which the packet is declared to be lost	Интернэт протоколын пакетын хүлээлтийн хамгийн их хугацаа, үүнээс их бол пакетыг хаягдсан гэж үзнэ
ToS	Type of Service	Үйлчилгээний төрөл
T _s	Length of time defining the block in the severe loss block outcome	Ноцтойгоор (хэт их) хаягдсан блокийг тодорхойлох хугацааны урт
TTL	Time To Live	Амьд (бэлэн) байгааг тодорхойлох хугацаа
TWAMP	Two-Way Active Measurement Protocol	Хоёр чиглэлийн идэвхтэй хэмжилтийн протокол
UDP	User Datagram Protocol	Хэрэглэгчийн датаграм протокол

4 IP үйлчилгээний давхарга IP үйлчилгээний архитектур

Олон хэрэглэгчийг нэг сүлжээнд холбохдоо үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтийг хангах үүднээс сүлжээний нөөцийг зохицуулах шаардлагатай. 1-р зурагт IP үйлчилгээний давхарга нь бусад давхаргаас хэрхэн хамаарахыг үзүүлсэн.

1-р хүснэгт – Давхаргат протоколын тодорхойлолт

Давхарга	Дамжуулах протокол	Тайлбар
Доод давхарга (Lower-layers)	Логик холболтой эсвэл логик холболтгүй (connectionless) протокол	Холболтын технологит Асинхрон дамжуулалтын горим (ATM), фрейм релей (Frame Relay), синхрон тоон шатлал (SDH) гэх мэт технологиудад дундын төхөөрөмжүүдийг холбоход ашиглах бөгөөд эдгээр нь IP протокол дээр нэгтгэгдэнэ.
IP давхарга	Логик холболтгүйгээр дамжуулах IP протокол	IP хаяг бүхий эцсийн төхөөрөмж хооронд ашиглана. Дундын төхөөрөмжүүд дээр IP давхаргын толгой мэдээллийн зарим нэг талбар өөрчлөгдөх ч пакетын өгөгдөл өөрчлөгдөхгүй.
Дээд давхарга	- Дамжуулах давхаргын протокол: Хяналттай дамжуулах протокол (TCP), Хэрэглэгчийн датаграм протокол (UDP) - Хэрэглэгээний давхаргын протокол файл дамжуулах протокол (FTP), гипер текст дамжуулах протокол (HTTP) гэх мэт	IP-д суурилсан бүх үйлчилгээний ерөнхий загвар болох боломжит горим (best effort)-ын үед алдагддаг чанарын үзүүлэлт (пакетын хаягдал, пакетын хүлээлтийн хугацаа, пакетын хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлт, алдаатай пакетын хувь, дамжуулах чадамж (throughput) гэх мэт)-ийг хангах механизм дээд давхаргын зарим протоколд байдаг.



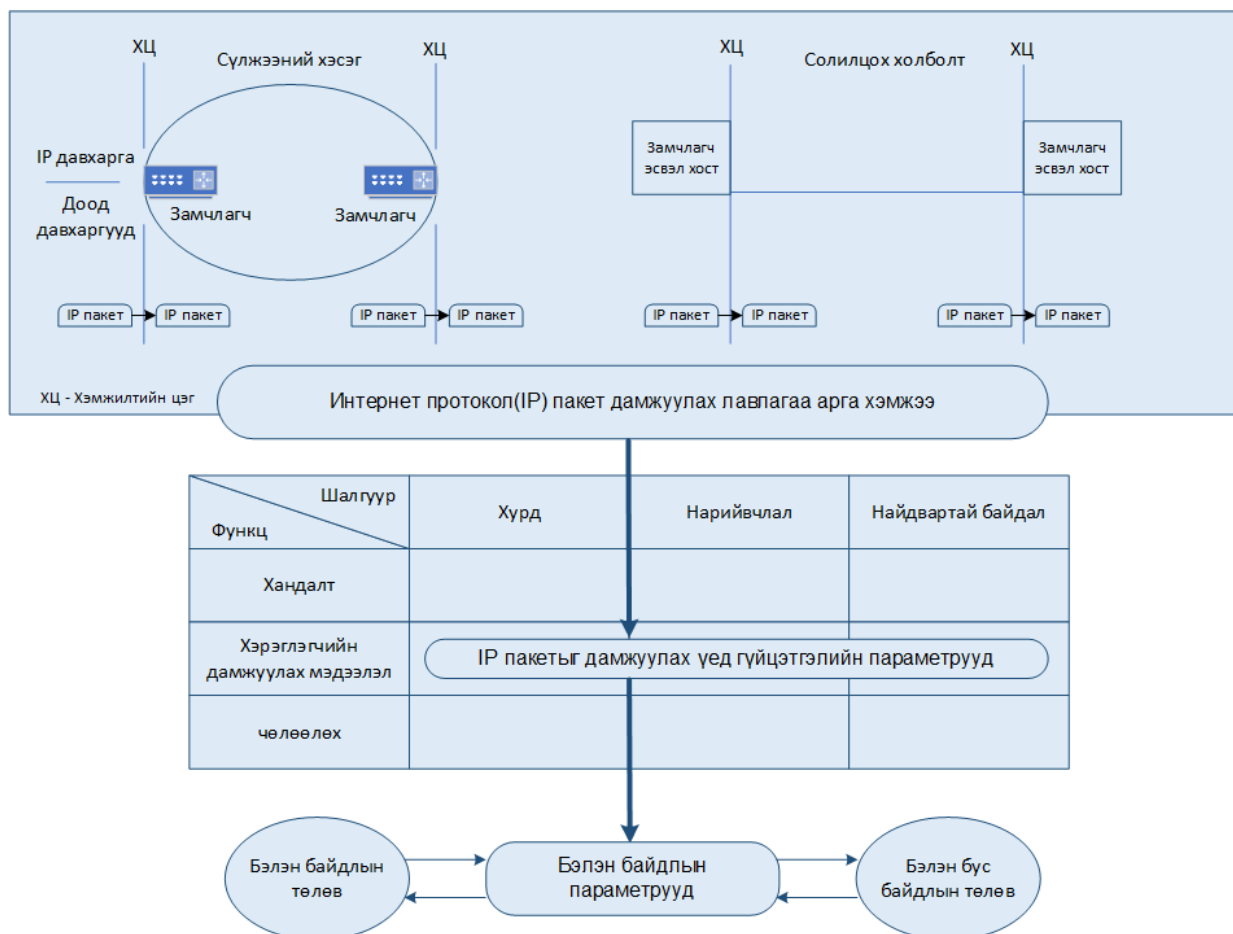
1-р зураг - IP үйлчилгээний давхарга

5. IP үйлчилгээний гүйцэтгэлийн ерөнхий загвар

IP үйлчилгээний гүйцэтгэлийн чанарыг 6 ангиллын үзүүлэлтээр хянах бөгөөд ерөнхий зүй тогтлын загварыг 2-р зурагт үзүүлсэн. Сүлжээний хэсэгт сүлжээний замчлагчид болох routers, хэмжилт хийх цэг (ХЦ)-ээс дараагийн ХЦ цэг рүү илгээнэ. Эсвэл илгээгч (SRC) компьютер болох хост эсвэл замчлагчаас IP пакетыг илгээж, дундын холбогдох хэсгээр дамжин эцсийн замчлагч эсвэл хост компьютер болох хүлээн авагч (DST) дээр ирнэ. Энэ загвар дээр шалгуур үзүүлэлт болох хурд, нарийвчлал (accuracy), найдвартай байдал (dependability) нь хандах, хэрэглэгчийн дамжуулах мэдээлэл, чөлөөлөх зэрэг (disengagement) функцүүдийн хоорондын хамаарлыг харуулсан. Мөн 2 төлөвт загвар нь нэг төлөвөөс нөгөө төлөв буюу чанарын шаардлага хангахгүй төлөвөөс хангах төлөв рүү шилжих загвар болно (Y.1540, Y.1541).

3-р зураг дээр IP пакетыг дамжуулах үед гарч болох боломжит загвар, үр дүнг харуулсан. Хэмжилтийн цэг дээрээс дараагийн хэмжилтийн цэгт ирэх IP пакет нь:

1. $T_{\max}$ хугацаанаас бага бол шаардлага хангасан гэж үзнэ.
2. Дараах тохиолдолд тухайн сүлжээний чанарын шаардлагыг бууруулна. Үүнд:
 - Тухайн хугацаанд пакетыг хүлээн авсан боловч пакетын толгой мэдээлэл болон өгөгдлийн хэсгийн мэдээлэл алдаатай ирэх, хуурамч пакет (spurious) ирэх,
 - Тухайн пакет хаягдсан, эсвэл заасан эталон хугацаанаас хоцорсон байх.

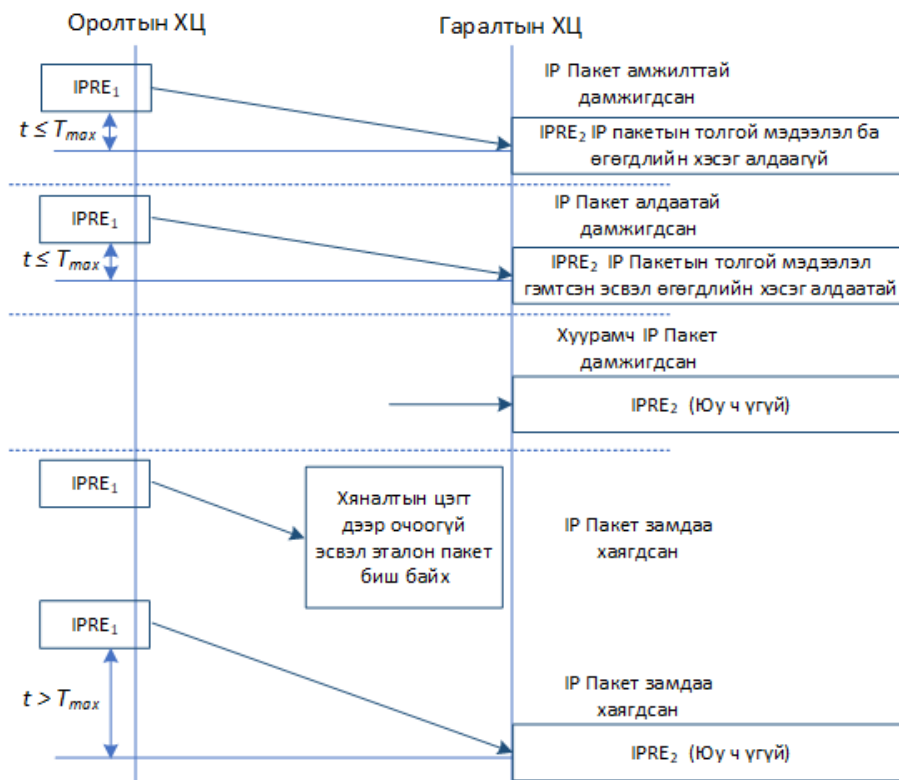


2-р зураг - IP үйлчилгээний гүйцэтгэлийн чанарын ерөнхий зүй тогтлын загвар

Энд IP пакет болон доод давхарга гэж тус тус тэмдэглэсэн.

Мөн Y.1540 стандарт дээр ХЦ цэгийг тодорхойлох, илгээх (SRC) хүлээн авах (DST) хостуудын холболт хийх интерфейс нь тодорхой стандарт шаардлагыг хангасан байна. Тухайн сүлжээний тодорхой хэсгийг хамааруулж хэмжилтийг хийж болно.

Дээрх шаардлагыг утастай болон утасгүй интерфейст ижил хангасан байх шаардлагатай бөгөөд хэмжилтийг тухайн сүлжээний тодорхой хэсгийг хамааруулан хийж болно.



3-р зураг - IP пакетыг дамжуулахад гарах үр дүн

Энд,

T_{max} - Хоёр цэгийн хооронд хэмжилт хийх максимум дамжуулах хугацаа,

Reference event - Эталон мэдээлэл

IPRE - IP эталон пакет

Чанарын шаардлага хангахгүй үед боломжит горимын төлөвт байх ба алдаатай буюу хугацаа хоцорсон үед тухайн пакет бүрэн хаягдах, эсвэл дээд давхаргын протоколоос хамаарч дахин дамжуулж болно.

Дамжуулах давхаргын протокол (TCP) ашиглах үед энэ нь өөртөө хяналттай дамжуулах алгоритмыг агуулж байдаг. Өөрөөр хэлбэл алдаа шалгах, дахин дамжуулах, хурдыг бууруулах, ихэсгэх зэрэг механизмаас бүрдэнэ.

IP давхаргын протокол нь 2 төрлийн чанарын шаардлага хангах механизмтай. Үүнд:

- Тухайн пакетын шаардлагаас хамаарч ялгамжтай кодолно.
- Дохионы протокол ашиглан дундын төхөөрөмж дээр тодорхой нөөцийг чөлөөлнө.

Эдгээр шаардлага, механизм нь эцсийн нэг хэрэглэгчээс нөгөө эцсийн хэрэглэгч (сервер) хүртэл шаардлагатай параметрийг тодорхойлох бөгөөд хэрэглэгч интернэтийн чанартай үйлчилгээ авах нөхцөлийг дээрх шаардлага, механизмыг хангасан байхаар гэрээнд тусгуулж болно.

IP пакетыг дамжуулах үеийн гүйцэтгэлийн параметр

IP үйлчилгээний гүйцэтгэлийн параметрууд нь IP пакет дамжуулалтын чанарыг үнэлэх үндсэн үзүүлэлтүүд бөгөөд энэхүү стандартад ITU-T Y.1540 зөвлөмжид тодорхойлсон параметруудийг хэрэглэнэ. Эдгээр параметрийг үйлчилгээний чанарын үнэлгээ, мониторинг, KPI тооцоо болон хэрэглэгчийн гэрээний хэрэгжилтийг үнэлэхэд ашиглана.

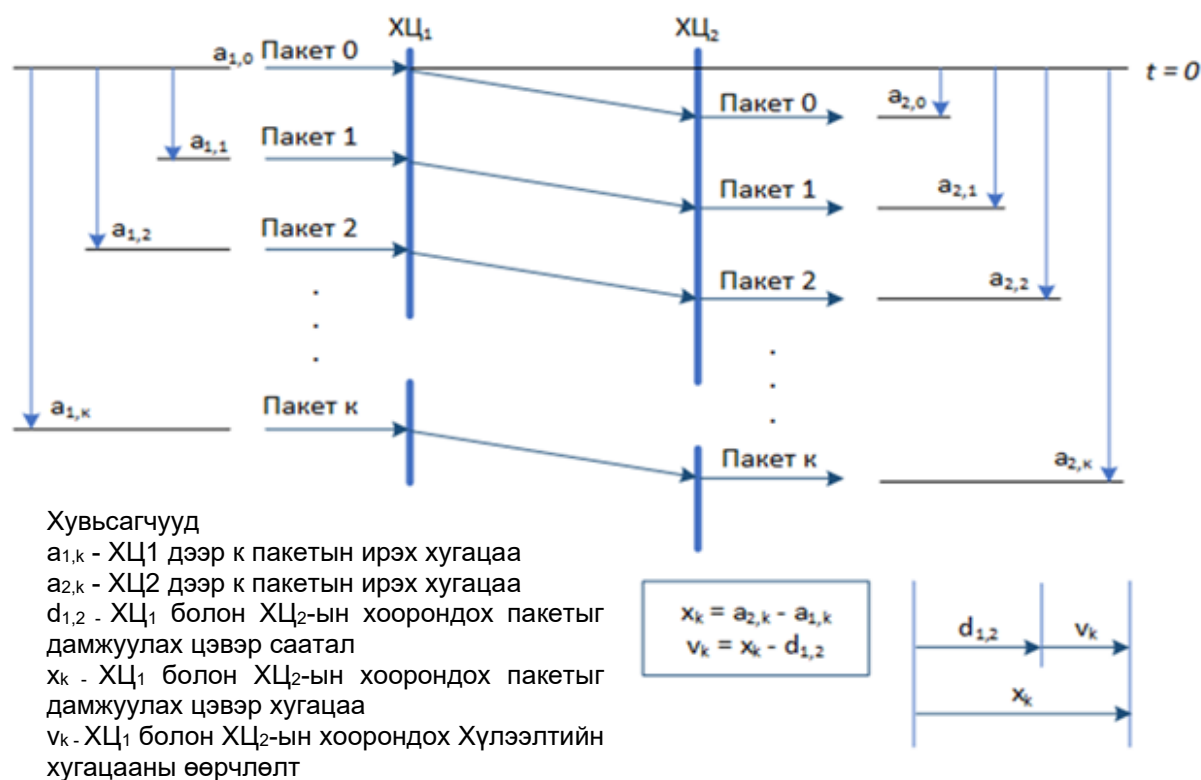
IP үйлчилгээний чанарыг (QoS) үнэлэхэд IP пакет дамжуулалтын гүйцэтгэлийн үндсэн үзүүлэлтүүдийг ашиглана. Энэхүү стандартад IPTD, IPDV, IPLR, IPER, Throughput болон Availability үзүүлэлтүүдийг үндсэн QoS параметр болгон хэрэглэнэ.

IPTD (IP packet transfer delay) - IP пакет дамжуулах үед хэмжилтийн цэг ХЦ₁ дээрээс t_1 хугацааг тэмдэглэх ба дараагийн хэмжилтийн цэг ХЦ₂ дээр t_2 хугацаанд ирсэн бол $(t_2 - t_1) \leq T_{\max}$ нөхцөлийг хангах ёстой.

Хэрэв тухайн сүлжээний төхөөрөмж дээр тавигдсан шаардлагаас пакетын хэмжээ урт байгаа бол IPv4-ийн хувьд өөрийн шаардлагад нийцүүлэн жижиг хэмжээтэй пакет болгон хуваадаг. Энэ үед тухайн пакетыг дамжуулсан хугацааны дундаж байна (Ү.1540).

IPTD нь илгээгч хэмжилтийн цэгээс хүлээн авагч хэмжилтийн цэг хүртэл IP пакет дамжуулах нэг чиглэлийн хугацааг илэрхийлнэ.

IPDV (IP packet delay variation) - Чанарын үйлчилгээний шаардлагын гол параметр болох IP пакетын хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлт (Ү.1540).



4-р зураг - IP пакетын хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлт

4-р зураг дээр IP пакетын хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлтийг хэрхэн тодорхойлохыг харуулсан. IP пакетын хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлтийг ХЦ₁ болон ХЦ₂ дээр ирэх пакетыг ажигласны үндсэн дээр тодорхойлно. Пакетын хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлтийг ХЦ₁-ээс ХЦ₂-ын хооронд k дугаар пакетыг дамжуулах үеийн хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлт буюу зураг дээрх x_k , $d_{1,2}$ болон v_k гэсэн параметрээр тодорхойлно.

IPDV нь дараалсан IP пакетуудын дамжуулах хугацааны хэлбэлзлийг илэрхийлэх бөгөөд бодит хугацааны үйлчилгээний чанарыг үнэлэх үндсэн үзүүлэлт болно.

IPLR (IP packet loss ratio) - Хаягдсан пакетын тоог бүх амжилтай дамжуулсан пакетын тоонд харьцуулсан харьцаа.

IPER (IP packet error ratio) - Алдаатай дамжсан пакетын тоог бүх амжилтай дамжуулсан пакетын тоонд харьцуулсан харьцаа.

PIA (Percent IP Service Availability) нь тухайн хэмжилтийн хугацаанд IP үйлчилгээ хэвийн ажилласан хугацааны хувийг илэрхийлнэ. Энэхүү параметрийг үйлчилгээний бэлэн байдал үнэлэх (%) -иар илэрхийлнэ.

PIU (Percent IP Service Unavailability) PIU нь тухайн хэмжилтийн хугацаанд IP үйлчилгээ тасалдсан буюу ашиглах боломжгүй байсан хугацааны хувийг илэрхийлнэ.

PIA + PIU = 100% үгээр бичих шаардлагатай

Шаардлагатай тохиолдолд ашиглах нэмэлт параметрууд

IPDR (IP packet duplicate ratio) нь хүлээн авагч хэмжилтийн цэг дээр нэг эталон IP пакет нэгээс олон удаа хүлээн авсан тохиолдлын харьцааг илэрхийлнэ. Энэхүү параметр нь сүлжээний давхар маршрутын ажиллагаа, алдаатай дахин дамжуулалт, эсвэл чиглүүлэлтийн доголдлоос үүссэн пакетын давхардлыг үнэлэхэд ашиглагдана. (SD-WAN, MPLS, Redundant routing, IP multicast орчин)

IPRR (IP packet reordered ratio) нь илгээгдсэн дарааллаас өөр дарааллаар хүлээн авсан IP пакетуудын харьцааг илэрхийлнэ. Пакетын дараалал алдагдах нь бодит хугацааны үйлчилгээ, тухайлбал дуу, дүрс дамжуулалтын чанарт сөргөөр нөлөөлнө. (VoIP, Video conf, 5G URLLC)

SIPR (Spurious IP packet rate) - Гаралтын ХЦ дээрх хуурамч IP пакетын хурд (SIPR) нь тогтоосон хугацаанд тухайн гаралтын ХЦ дээр ажиглагдсан хуурамч IP пакетуудын нийт тоо. Өөрөөр хэлбэл нэгж хугацаанд орж ирэх хуурамч пакетын тоо гэж ойлгож болно.

Эдгээр параметрийн зорилтот утгыг үйлчилгээний ангилал болон хэрэглээний шаардлагаас хамааран ITU-T Y.1541, ITU-T G.114 болон холбогдох зөвлөмжийн дагуу тогтооно.

Бэлэн байдлын параметр - IP пакетыг зөвхөн хос хоёр ХЦ-ийн хооронд, нэг чиглэлтэй хэрэглэнэ. IP үйлчилгээний бэлэн байдлын параметр нь IPLR-ээс хамгийн их хамааралтай. Энэ параметрийг шийдлийн параметр ч гэж нэрлэдэг (Y.1540).

Пакет хаягдахад нөлөөлөх хүчин зүйл

Илгээсэн пакет хүлээн авагч талд алдаатай эсвэл заасан хугацаанд ирэхгүй байхыг пакетын хаягдал гэнэ.

IP пакет нь хүлээн авагч хэмжилтийн цэгт хүрээгүй, эсхүл тогтоосон Tmax хугацаанаас хэтэрч хүрсэн тохиолдолд тухайн пакетыг алдагдсан (lost) гэж үзнэ.

Пакетын хаягдал үүсэх хүчин зүйл:

- Сүлжээн дээр асар их дараалал үүссэнээр халилт/бөөгнөрөл, түгжрэл (congestion) үүсэх
- Дундын төхөөрөмж (node)-ийн буферээс хэтрэх
- Дундын төхөөрөмжид зориулсан санах ой хязгаартай байдгаас халилт үүсэх

- Хяналтай (control of network) сүлжээний трафик өгөгдсөн зурвасын өргөнөөс хэтрэх
- Сүлжээний түгжрэл (Network congestion)
- Дундын төхөөрөмжийн буфер халих (Buffer overflow)
- Холболтын алдаа эсвэл тасалдал (Link failure)
- Маршрут өөрчлөгдөх (Routing convergence)
- Интерфейсийн ачаалал хэтрэх (Interface overload)
- QoS бодлогын дагуу пакет зориудаар хаягдах (Traffic policing/shaping)
- Дамжуулах орчны алдаа (утасгүй интерференц, физик гэмтэл гэх мэт)

Пакетын хаягдлыг дараах (1) томъёогоор тооцно:

$$Packet_{loss} = \frac{packet_{sent} - packet_{received}}{packet_{sent}} * 100\% \quad (1)$$

Энд,

$packet_{sent}$ - Илгээсэн пакет
 $packet_{received}$ - Хүлээн авсан пакет

Олон улсын туршлагаас харахад пакетын алдагдлын зөвшөөрөгдөх босго нь үйлчилгээний төрөл болон технологийн онцлогоос хамааран ялгаатай тогтоогддог.

2-р Хүснэгт Багцын алдагдлын зөвшөөрөх үзүүлэлт

Үйлчилгээний төрөл		Пакетын алдагдал
Суурин интернэт ¹	FTTH, FTTB etc	≤ 0.1 %
	FWA, Fixed LTE (ger,manai)	
Хөдөлгөөнт интернэт (3G)		≤ 3.0 %
Хөдөлгөөнт интернэт (4G)		≤ 1.5 %
Хөдөлгөөнт интернэт (5G) ²		≤ 0.5 %
Нам тойргийн хиймэл дагуулын интернэт (LEO)		≤ 2.0 %

Тайлбар — Дээрх зорилтот утгууд нь олон улсын зөвлөмж, үйлчилгээний технологийн онцлог болон үндэсний сүлжээний бүтэц, хэмжилтийн хамрах хүрээг харгалзан тогтоосон жишиг үзүүлэлт болно.

IPLR нь IP үйлчилгээний найдвартай ажиллагааг үнэлэх үндсэн гүйцэтгэлийн үзүүлэлт болно.

Пакетын хүлээлтийн хугацаа

Пакетын хүлээлтийн хугацаа гэдэгт илгээх цэгээс хүлээн авах цэгт хүлээн авч, IP давхарга хүртэл боловсруулах хугацаа орно. TCP/IP сүлжээн дээр хүлээлтийн хугацааг дараах байдлаар ангилна. Үүнд:

- Пакет үүсгэх хугацаа (Packetization delay)
- Дарааллын хүлээлт (Queueing Delay), энэ нь дундын замчлагч дээр үүсдэг.
- Дамжуулах орчны хүлээлтийн хугацаа (Delay propagation), зэс кабел, радио долгион гэх мэт.

¹ ОУ зохицуулах байгууллагуудын жишиг болон speedtest.mn системийн үр дүн

² 3GPP Release 17

- Дамжуулах хүлээлт/саатал (Transmission Delay). Энэ нь мэдээлэл-сүлжээний карт дээр очих хүртэлх хугацаа. Энэ хугацаа нь сүлжээний хурд, дамжуулах пакетын хэмжээнээс хамаарна.
- Боловсруулалтын хүлээлт/саатал. Сүлжээний замчлагчийн мэдээллийг үндэслэн пакетын толгой мэдээлэл болон маскийг өөрчлөх хугацаа.

Дараах томъёогоор пакетын хүлээлтийн хугацааг тооцоолно:

$$Delay = \frac{Packet\ length\ (bits)}{Link\ bandwidth\ (Bit/c)} \quad (2)$$

Энд пакетын уртыг битээр, сувгийн зурвасын өргөнийг бит/с нэгжээр хэмжинэ.

IP пакет дамжуулах хугацаа (IP Packet Transfer Delay, IPTD) нь илгээх хэмжилтийн цэгээс (ХЦ1) хүлээн авах хэмжилтийн цэг (ХЦ2) хүртэл IP пакетыг дамжуулахад зарцуулагдах нэг чиглэлийн хугацааг илэрхийлнэ. Энэхүү параметр нь IP сүлжээний гүйцэтгэлийн үндсэн үзүүлэлт бөгөөд бодит хугацааны болон интерактив үйлчилгээний чанарыг үнэлэхэд ашиглана.

IP пакет дамжуулах хугацаанд дараах үндсэн бүрэлдэхүүн хугацаа хамаарна.

Үүнд:

- Дарааллын саатал (Queueing Delay) – Дундын сүлжээний төхөөрөмжийн дараалал (queue)-д пакет хүлээгдэж байх хугацаа.
- Дамжуулалтын саатал (Transmission Delay) – Пакетын бүх битийг дамжуулах сувгаар бүрэн дамжуулахад шаардагдах хугацаа. Энэхүү хугацаа нь пакетын хэмжээ болон сувгийн зурвасын өргөнөөс хамаарна.
- Тархалтын саатал (Propagation Delay) – Дамжуулах орчноор (оптик шилэн кабель, зэс кабель, радио долгион зэрэг) дохио тархахад шаардагдах хугацаа.
- Боловсруулалтын саатал (Processing Delay) – Дундын сүлжээний төхөөрөмж дээр пакетын толгой мэдээллийг боловсруулж, дараагийн дамжуулах чиглэлийг тодорхойлоход шаардагдах хугацаа.

Нийт саатлыг дараах байдлаар илэрхийлнэ.

$$Latency = D_{packetization} + D_{queueing} + D_{propagation} + D_{transmission} + D_{processing}$$

Дамжуулах саатлыг дараах томъёогоор тооцоолж болно.

$$D_{transmission} = \frac{L}{B}$$

Энд:

- L — пакетын урт (бит)
- B — сувгийн зурвасын өргөн (бит/секунд)

Олон улсын туршлагаас харахад саатлын зөвшөөрөгдөх босго нь үйлчилгээний төрөл болон технологийн онцлогоос хамааран ялгаатай тогтоогддог.

3-р Хүснэгт Хүлээлтийн хугацааны зөвшөөрөх үзүүлэлт

Үйлчилгээний төрөл	Хүлээлтийн хугацаа
Суурин интернэт (Үндэсний дата төв)	≤ 20 мс
Суурин интернэт (Олон улсын чиглэл)	≤ 100 мс
Хөдөлгөөнт интернэт (3G)	≤ 150 мс
Хөдөлгөөнт интернэт (4G)	≤ 60 мс
Хөдөлгөөнт интернэт (5G)	≤ 30 мс

Нам тойргийн хиймэл дагуулын интернэт (Үндэсний дата төв)	≤ 50 мс
Нам тойргийн хиймэл дагуулын интернэт (олон улсын чиглэл)	≤ 80 мс

Тайлбар — Дээрх зорилтот утгууд нь олон улсын зөвлөмж, үйлчилгээний технологийн онцлог болон үндэсний сүлжээний бүтэц, хэмжилтийн хамрах хүрээг харгалзан тогтоосон жишиг үзүүлэлт болно.

Хугацааны өөрчлөлт (Jitter)

Хугацааны өөрчлөлт гэж хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлтийг хэлнэ.

Хугацааны өөрчлөлт нь дараах хүчин зүйлд нөлөөлнө:

- сүлжээний трафикийн өөрчлөлт,
- пакет хоорондын мөргөлдөөн,
- сүлжээний гүйцэтгэл.

Хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлт нь сүлжээний чанарт маш их нөлөөтэй.

Хугацааны өөрчлөлтийг тооцоолох томъёо:

$$Jitter = \frac{\sum variation\ delay}{\sum packet\ received} second \quad (3)$$

Хугацааны өөрчлөлт (IP Packet Delay Variation, IPDV буюу Jitter) нь дараалсан IP пакетуудын дамжуулах хугацааны хэлбэлзлийг илэрхийлнэ. Энэхүү үзүүлэлт нь бодит хугацааны үйлчилгээний чанарыг үнэлэх үндсэн параметр бөгөөд дуут яриа (VoIP), видео хурал, IPTV зэрэг үйлчилгээний чанарт шууд нөлөөлнө.

Хугацааны өөрчлөлтөд дараах хүчин зүйлс нөлөөлнө. Үүнд:

- сүлжээний ачаалал болон түгжрэл (Network congestion);
- сүлжээний төхөөрөмжийн дарааллын өөрчлөлт (Queueing delay variation);
- маршрут өөрчлөгдөх (Routing changes);
- сүлжээний төхөөрөмжийн боловсруулалтын хугацааны хэлбэлзэл;
- утасгүй орчны интерференц болон радио холбооны нөхцөл.

Хугацааны өөрчлөлтийг дараах томъёогоор тооцно.

$$IPDV = IPTD_i - IPTD_{i-1}$$

Энд:

- IPDV – IP пакетын дамжуулах хугацааны өөрчлөлт (мс);
- $IPTD_i$ – i дугаар пакетын дамжуулах хугацаа;
- $IPTD_{i-1}$ – өмнөх пакетын дамжуулах хугацаа.

Jitter-ийг дараалсан хоёр пакетын саатлын ялгаврын абсолют утгаар тооцож болно.

$$Jitter = |Latency_i - Latency_{i-1}|$$

Энд:

- $Latency_i$ — тухайн пакетын саатал
- $Latency_{i-1}$ — өмнөх пакетын саатал

4-р Хүснэгт Хугацааны өөрчлөлтийн зөвшөөрөх үзүүлэлт

Үйлчилгээний төрөл	Хугацааны өөрчлөлт
Суурин интернэт	≤ 10 мс
Хөдөлгөөнт интернэт (3G)	≤ 50 мс
Хөдөлгөөнт интернэт (4G)	≤ 30 мс

Хөдөлгөөнт интернэт (5G)	≤ 20 мс
Нам тойргийн хиймэл дагуулын интернэт (LEO)	≤ 40 мс

Тайлбар — Дээрх зорилтот утгууд нь олон улсын зөвлөмж, үйлчилгээний технологийн онцлог болон үндэсний сүлжээний бүтэц, хэмжилтийн хамрах хүрээг харгалзан тогтоосон жишиг үзүүлэлт болно.

Хугацааны өөрчлөлтийн зорилтот утгыг үйлчилгээний төрөл болон сүлжээний технологийн онцлогийг харгалзан дараах байдлаар тогтооно.

Дамжуулах чадамж

Нэгж хугацаанд идэвхтэй дамжсан битийн тоог дараах томъёогоор тооцоолно.

$$Throughput = \frac{\sum sent\ data\ (bit)}{time\ data\ delivery\ (s)}\ bps \quad (4)$$

Дамжуулах чадамж (Throughput) нь хэмжилтийн хугацаанд эх үүсвэрээс хүлээн авагч хүртэл амжилттай дамжсан өгөгдлийн хэмжээг илэрхийлнэ. Дамжуулах чадамжийг өгөгдөл дамжуулах чиглэлээс хамааран татах (Download Throughput) болон илгээх (Upload Throughput) байдлаар хэмжиж болно.

Дамжуулах чадамжийг дараах томъёогоор тооцно.

$$Throughput = \frac{\text{Successfully transmitted bits}}{\text{Time}}$$

Энд

- **D** — хэмжилтийн хугацаанд хүлээн авагч талд амжилттай дамжсан өгөгдлийн хэмжээ (бит);
- **T** — хэмжилтийн хугацаа (секунд).

Үйлчилгээний чанарын үнэлгээнд дамжуулах чадамжийг хэрэглэгчийн гэрээнд заасан нэрлэсэн хурдтай харьцуулан үнэлнэ. Дамжуулах чадамжийн харьцааг дараах томъёогоор тодорхойлно.

Дамжуулах чадамжийг дараах томъёогоор тодорхойлно.

$$Throughput(\%) = \frac{\text{Measured throughput}}{\text{Contracted Speed}} \times 100\%$$

Энд:

- Хэмжилтээр тодорхойлсон бодит хурд
- Хэрэглэгчтэй байгуулсан гэрээнд заасан хурд

ITU зөвлөмж Олон улсын туршлага харахад дамжуулах чадамжийг хэрэглэгчийн гэрээлсэн хурдны хувьтай харьцуулан үнэлдэг бөгөөд үйлчилгээний төрөл, технологийн онцлогоос хамааран ялгаатай босго тогтоож болно.

5-р Хүснэгт Хугацааны өөрчлөлтийн зөвшөөрөх үзүүлэлт

Үйлчилгээний төрөл	Гэрээлсэн хурдны хувь (%)
Суурин интернэт (FTTH, Cable)	≥ 75 %
Хөдөлгөөнт интернэт (3G)	≥ 50 %
Хөдөлгөөнт интернэт (4G)	≥ 70 %
Хөдөлгөөнт интернэт (5G)	≥ 80 %
Нам тойргийн хиймэл дагуулын интернэт (LEO)	≥ 60 %

Тайлбар: Throughput нь хэрэглэгчийн гэрээлсэн хурдны тодорхой хувиас багагүй байх шаардлагатай.

Дээрх зорилтот утгууд нь олон улсын зөвлөмж, үйлчилгээний технологийн онцлог болон үндэсний сүлжээний бүтэц, хэмжилтийн хамрах хүрээг харгалзан тогтоосон жишиг үзүүлэлт болно.

Үйлчилгээний бэлэн байдал (Availability)

Хэмжилтийн хугацаанд интернэтийн үйлчилгээ хэвийн ажиллагаатай, хэрэглэгч ашиглах боломжтой байсан хугацааны нийт хэмжилтийн хугацаанд эзлэх хувийг хэлнэ.

Үйлчилгээний тасралтгүй ажиллагааг илэрхийлэх үндсэн QoS үзүүлэлт бөгөөд төлөвлөгөөт болон төлөвлөгдөөгүй саатлын нөлөөгөөр буурч болно.

Үйлчилгээний хүртээмжийг дараах томъёогоор тооцоолно.

$$Availability(\%) = \frac{T_{total} - T_{unavailable}}{T_{total}} \times 100$$

Энд:

- T_{total} – нийт хэмжилтийн хугацаа;
- $T_{unavailable}$ – үйлчилгээ ашиглах боломжгүй байсан нийт хугацаа.

Үйлчилгээний бэлэн байдалд дараах хүчин зүйлс нөлөөлнө.

- сүлжээний гэмтэл, тасалдал;
- цахилгаан тэжээлийн саатал;
- дамжуулах шугамын гэмтэл;
- сүлжээний төхөөрөмжийн гэмтэл;
- төлөвлөгөөт засвар үйлчилгээ;
- программ хангамжийн шинэчлэл;
- байгалийн гамшиг болон давагдашгүй хүчин зүйл.

Олон улсын практикт үйлчилгээний хүртээмжийн зорилтот түвшинг үйлчилгээний төрөл болон үйлчилгээний түвшний гэрээнээс хамааран тогтоодог.

6-р Хүснэгт Бэлэн байдлын үзүүлэлт

Үйлчилгээний төрөл	Үйлчилгээний хүртээмж
Суурин интернэт	≥99 %
Хөдөлгөөнт интернэт	≥98 %
Нам тойргийн хиймэл дагуулын интернэт (LEO)	≥97 %

Тайлбар: Үйлчилгээний бэлэн байдлыг тухайн жилийн (тайлант) хугацаанд үйлчилгээ бүрэн ашиглах боломжтой байсан хугацаанд үндэслэн тооцно. Төлөвлөгөөт засвар үйлчилгээний хугацааг шаардлагатай тохиолдолд тусад нь бүртгэж болно.

Сүлжээний урсгалын удирдлага болон мэдээллийн аюулгүй байдал

Траффикийн ангилал ба тэмдэглэгээ

- Үйлчилгээ эрхлэгч нь үйлчилгээний чанарыг (QoS) хангах зорилгоор сүлжээний урсгалыг ангилан ялгаж, зохих тэмдэглэгээг ашиглана.
- Урсгалын ангилал, тэмдэглэгээ нь дор дурдсан механизмын аль нэгийг эсхүл түүнтэй дүйцэх стандартыг дэмжсэн байна.
 - Differentiated Services Code Point (DSCP);
 - Class of Service (CoS).

- Сүлжээ нь үйлчилгээний хүртээмжийг хангах зорилгоор үйлчилгээ тасалдуулах халдлага (DoS/DDoS)-аас хамгаалах хамгаалалтын механизмтай байна.

Урсгалын дараалал ба зурвасын өргөний удирдлага

- Үйлчилгээ эрхлэгч нь сүлжээний ачааллыг оновчтой зохицуулах зорилгоор дарааллын (Queueing) болон хуваарилалтын (Scheduling) механизм ашиглана.
- Дараах алгоритмуудын аль нэгийг эсхүл түүнтэй дүйцэх механизмыг ашигласан байна.
 - Жигнэсэн шударга дарааллын хуваарилалт (Weighted Fair Queueing, WFQ);
 - Ангилалд суурилсан жигнэсэн шударга дарааллын хуваарилалт (Class-Based Weighted Fair Queueing, CBWFQ).
- Шаардлагатай тохиолдолд үйлчилгээний ангилал тус бүрт зурвасын өргөн (Bandwidth) болон хурдны хязгаарлалт (Rate Limiting/Traffic Policing/Shaping)-ыг тохируулсан байна.

Өгөгдлийн нууцлал ба шифрлэл

- Сүлжээгээр дамжих мэдээллийн нууцлал, бүрэн бүтэн байдлыг хангах зорилгоор шифрлэлтийн хамгаалалт ашиглана.
- Дараах протоколуудын аль нэгийг эсхүл түүнтэй дүйцэх хамгаалалтын протоколыг ашигласан байна.
 - IPsec;
 - Transport Layer Security (TLS).
- Симметрик шифрлэлтийн алгоритм нь AES-256 буюу түүнээс дээш түвшний хамгаалалттай байна.
- Асимметрик түлхүүрийн алгоритм нь дараах шаардлагын аль нэгийг хангасан байна.
 - RSA – түлхүүрийн урт 2048 битээс багагүй;
 - Elliptic Curve Diffie-Hellman (ECDH) – 256 битээс багагүй хамгаалалтын түвшин.

Баталгаажуулалт

- Сүлжээний төхөөрөмж, үйлчилгээ болон удирдлагын интерфэйсэд нэвтрэх үед хэрэглэгч болон төхөөрөмжийг баталгаажуулах механизмыг заавал ашиглана.
- Баталгаажуулалт нь дараах аргуудын аль нэгийг эсхүл түүнтэй дүйцэх хамгаалалтын механизмыг ашигласан байна.
 - Дижитал сертификат (Digital Certificate);
 - Хоёр хүчин зүйлийн баталгаажуулалт (Two-Factor Authentication, 2FA).
- Алсын удирдлага болон чухал системд нэвтрэх үед олон хүчин зүйлийн баталгаажуулалт (MFA)-ыг ашиглахыг зөвлөнө.

6 Үйлчилгээний параметр болон үйлчилгээний чанарын ангилал

IP үйлчилгээний чанарын ангилал ба гүйцэтгэлийн зорилт

Үйлчилгээний чанар (Quality of Service, QoS) нь IP сүлжээгээр дамжих өгөгдлийн урсгалын гүйцэтгэлийг тодорхойлох үзүүлэлт бөгөөд сүлжээний гүйцэтгэлийн параметруудад үндэслэн үнэлэгдэнэ. QoS нь үйлчилгээний найдвартай байдал, саатал, хугацааны өөрчлөлт, пакетын алдагдал болон дамжуулах чадамж зэрэг үзүүлэлтээр тодорхойлогдоно.

Үйлчилгээний чанар (QoS)-ын үндсэн үзүүлэлтүүд

IP үйлчилгээний чанарыг үнэлэхэд дараах сүлжээний гүйцэтгэлийн үндсэн үзүүлэлтүүдийг хэрэглэнэ.

7-р Хүснэгт үндсэн үзүүлэлтүүд

Үзүүлэлт	Тодорхойлолт
IPTD (IP Packet Transfer Delay)	Илгээх хэмжилтийн цэгээс хүлээн авах хэмжилтийн цэг хүртэл IP пакетыг дамжуулахад зарцуулагдах нэг чиглэлийн хугацаа.
IPDV (IP Packet Delay Variation)	Дараалсан IP пакетуудын дамжуулах хугацааны өөрчлөлт (Jitter).
IPLR (IP Packet Loss Ratio)	Алдагдсан IP пакетуудын эзлэх харьцаа.
IPER (IP Packet Error Ratio)	Алдаатай дамжсан IP пакетуудын эзлэх харьцаа.
Throughput	Нэгж хугацаанд амжилттай дамжсан өгөгдлийн хэмжээ буюу дамжуулах чадамж.
Availability	Хэмжилтийн хугацаанд үйлчилгээ хэвийн ашиглах боломжтой байсан хугацааны хувь.

Интернэтийн сүлжээ нь нэг төгсгөлөөс нөгөө төгсгөл хүртэлх болон дундын төхөөрөмжүүдээс бүрдэх бөгөөд тухайлсан нэг дотоод сүлжээ нь хост компьютерүүд, замчлагч, свич зэргээс бүрдсэн байж болно. 1-р хүснэгтэд үйлчилгээний чанарын ангилал болон үзүүлэлтүүдийг харуулсан бөгөөд тухайн IP пакетыг ямар ангилалд хамааруулах, түүнд шаардагдах параметрийг эндээс харж болно. Энэ загварын дагуу SRC илгээгч төхөөрөмжөөс хүлээн авах төхөөрөмж болох DST рүү IP пакетыг илгээнэ (Ү.1541).

8-р хүснэгт - Ангилал ба гүйцэтгэлийн параметр³

Үйлчилгээний чанарын ангилал							
Сүлжээний гүйцэтгэлийн параметр	Сүлжээний гүйцэтгэлийн зорилго	Ангилал 0	Ангилал 1	Ангилал 2	Ангилал 3	Ангилал 4	Ангилал 5 (тодорхойл огдоогүй)
IPTD	IPTD-ийн дундаж утгын дээд хязгаар	100 мс	400 мс	100 мс	400 мс	1 с	U
IPDV	IPTD-ийн 1-10 ⁻³ квантилын дээд хязгаараас IPTD-ийн минимум утгыг хасна	50 мс	50 мс	U	U	U	U
IPLR	Пакет хаягдах магадлалын дээд хязгаар	1*10 ⁻³	1*10 ⁻³	1*10 ⁻³	1*10 ⁻³	1*10 ⁻³	U
IPER	Дээд хязгаар	1*10 ⁻⁴	1*10 ⁻⁴	1*10 ⁻⁴	1*10 ⁻⁴	1*10 ⁻⁴	U
U = тодорхойлогдоогүй							

³ Технологи үйлчилгээний шаардлагаас хамаарч зохицуулах байгууллага шийдлийг гаргана.

9-р хүснэгт - IP пакетын үйлчилгээний чанарын зөвлөмж (ҮЧ ангиллын хэрэглээ)

Үйлчилгээний чанарын ангилал	Хэрэглээ	Зангилааны (nodes) механизм	Сүлжээний техник
0	Бодит хугацаанд, хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлтөд мэдрэмтгий, өндөр харилцан үйлчлэл (Дуут яриа (VoIP), зайнаас видео хурал хийх)	Дарааллыг зэрэглэлээр ялгах, траффикийг боловсруулах	Хязгаарлагдмал замчлалд, алсын зай
1	Бодит хугацаанд, хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлтөд мэдрэмтгий, өндөр харилцан үйлчлэл (Дуут яриа (VoIP), зайнаас видео хурал хийх)		Хязгаарлагдмал замчлалд, алсын зай
2	Үйлчилгээний өгөгдөл, өндөр харилцан үйлчлэл (эрчимтэй харилцан үйлчлэл), (дохиолол)	Дарааллыг ялгах , зэрэглэлээр хаях	Бага хязгаарт замчлах, алсын зай
3	Гүйлгээний өгөгдөл (Transaction data), интерактив		Дурын замчлагч/ зам
4	Зөвхөн бага алдагдал (богино гүйлгээ, их хэмжээний мэдээлэл, видео дамжуулалт)	Урт дараалал, гээх зэрэглэл	Дурын зам
5	Анхдагч IP сүлжээнүүдийн уламжлалт программ	Дарааллыг ялгах, доод зэрэглэл	Дурын зам

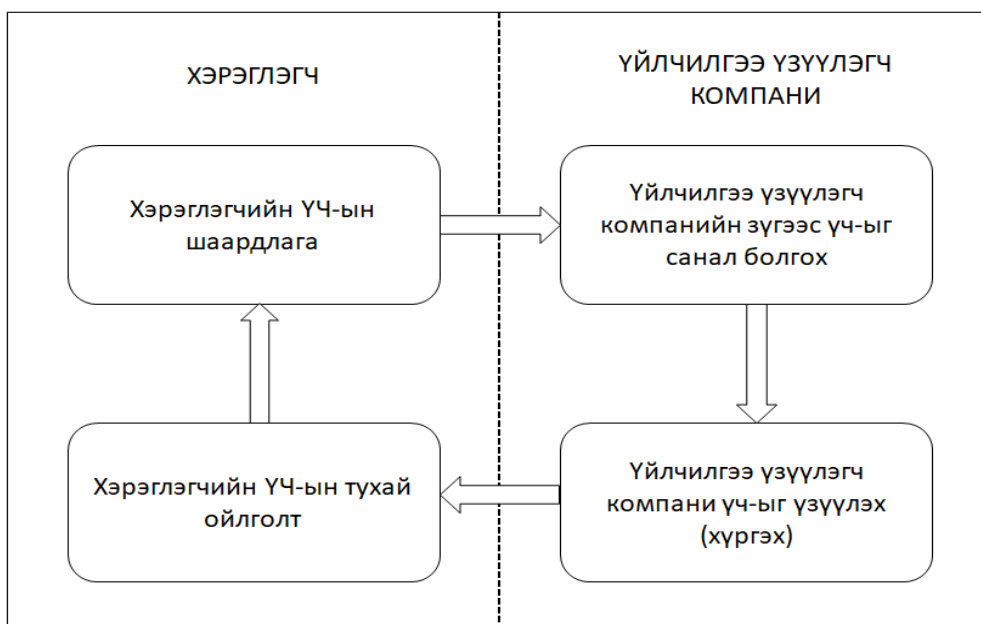
2-р хүснэгт дээр хэрэглээний давхаргад тавих шаардлагыг өмнөх бүлэгт үзсэн функц хамаарлын дагуу гаргасан (Ү.1541).

Үйлчилгээний чанарын QoS ангилал нь IP үйлчилгээний гүйцэтгэлийн үндсэн үзүүлэлтүүдийн зорилтот утгад үндэслэн тодорхойлогдоно. Эдгээр үзүүлэлт нь сүлжээний гүйцэтгэлийг тодорхойлохын зэрэгцээ хэрэглэгчийн мэдэрсэн үйлчилгээний чанар (Quality of Experience, QoE)-д шууд нөлөөлнө.

7 Үйлчилгээний чанарын өөрчлөлт сүлжээний гүйцэтгэлд үзүүлэх нөлөө

Интернэтийн сүлжээний гүйцэтгэлд (performance) хэд хэдэн хүчин зүйл нөлөөлөх бөгөөд ҮЧ-ын параметр нь эдгээрээс шалтгаалан өөрчлөгдөг. Хэрхэн нөлөөлөх тухай авч үзье.

8-р зурагт үйлчилгээний чанарын 4 тулгуурт ойлголтыг харуулсан (ITU-T G.1000 ITU-T, Ү.1545).



4-р зураг - Хэрэглэгч болон үйлчилгээ эрхлэгч хоорондын чанарын үйлчилгээний харилцан хамаарал

- **Хэрэглэгчийн үйлчилгээний чанарын шаардлага:** Интернэт рүү хандах программ болон сервис үйлчилгээний үед ҮЧ-ын тодорхой түвшний шаардлага тавигддаг. Өөрөөр хэлбэл зарим программ болон сервис үйлчилгээ нь өөр өөр үйлчилгээний чанарыг шаардана.
- **Үйлчилгээ эрхлэгчийн зүгээс чанарын шаардлага хангасан үйлчилгээ санал болгох, төлөвлөх:** Энд үйлчилгээ эрхлэгчийн зүгээс тодорхой параметрийг хэрэглэгчдэд санал болгоно. (үйлчилгээ, эсвэл программ нь чанарын шаардлага хангах).
- **Үйлчилгээ эрхлэгч чанарын шаардлага хангасан үйлчилгээ үзүүлэх (хүргэх):** Үйлчилгээ эрхлэгч өөрийн хэрэглэгчдэд тодорхой түвшний үйлчилгээг хүргэх ба гүйцэтгэлийг нь өгөгдсөн параметртэй харьцуулж үр дүнг тооцох
- **Хэрэглэгчийн үйлчилгээний чанарын тухай ойлголт:** Хэрэглэгч үйлчилгээний чанарын тухай ойлголтгүй бол тэд зөвхөн өөрийн хэрэгцээнд чанартай үйлчилгээг шаардана (гэрээ байгуулах).

ITU-T G.1000 зөвлөмжийн дагуу үйлчилгээний чанарыг техникийн болон техникийн бус хоёр үндсэн талаас авч үздэг.

Техникийн үйлчилгээний чанар (Technical QoS) Сүлжээний гүйцэтгэлийг техникийн үзүүлэлтээр хэмжин үнэлэх бөгөөд үүнд IP пакет дамжуулах хугацаа (IPTD), хугацааны өөрчлөлт (IPDV), пакетын алдагдлын харьцаа (IPLR), пакетын алдааны харьцаа (IPER), дамжуулах чадамж (Throughput), үйлчилгээний хүртээмж (Availability) зэрэг үзүүлэлтүүд хамаарна.

Техникийн бус үйлчилгээний чанар (Non-technical QoS) Хэрэглэгчийн үйлчилгээний талаарх хүлээлт, үйлчилгээний нөхцөл, үйлчилгээний түвшний гэрээ (SLA), хэрэглэгчийн сэтгэл ханамж болон хэрэглэгчийн мэдэрсэн үйлчилгээний чанар (QoE)-тай холбоотой хүчин зүйлсийг хамарна.

Энэхүү стандарт нь техникийн үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүдийг үндэслэн интернэтийн үйлчилгээний чанарыг үнэлэхэд чиглэнэ.

8 Хэрэглэгчийн мэдэрсэн чанар (QoE)

Хэрэглэгчийн мэдэрсэн чанар (Quality of Experience, QoE) гэж хэрэглэгчийн тухайн үйлчилгээг ашиглах явцад тухайн үйлчилгээ өөрийн хэрэгцээ, хүлээлт, зорилгод хэрхэн нийцэж байгааг илэрхийлэх ерөнхий үнэлгээг хэлнэ. QoE нь зөвхөн сүлжээний техникийн үзүүлэлтээс хамаарахгүй бөгөөд хэрэглэгчийн төхөөрөмж, хэрэглээний орчин, ашиглаж буй үйлчилгээ, хэрэглэгчийн хүлээлт зэрэг олон хүчин зүйлээс хамаарна гэж (ITU-T E.800, ITU-T G.1000) зөвлөмжид тодорхойлсон байдаг.

QoE-д нөлөөлөх хүчин зүйлс:

Сүлжээний хүчин зүйлс – дамжуулах хугацаа (IPTD), хугацааны өөрчлөлт (IPDV), пакетын алдагдал (IPLR), пакетын алдаа (IPER), дамжуулах чадамж (Throughput), үйлчилгээний хүртээмж (Availability);

Үйлчилгээний хүчин зүйлс – үйлчилгээний төрөл, программын онцлог, контентын чанар;

Төхөөрөмжийн хүчин зүйлс – хэрэглэгчийн терминал төхөөрөмжийн хүчин чадал, үйлдлийн систем, программ хангамж;

Орчны хүчин зүйлс – радио орчин, Wi-Fi холболтын чанар, дохионы түвшин, ачаалал;

Хэрэглэгчийн хүчин зүйлс – хэрэглэгчийн хүлээлт, туршлага, ашиглалтын нөхцөл.

Үйлчилгээний чанар (QoS)-ын үндсэн үзүүлэлтүүд нь хэрэглэгчийн мэдэрсэн чанарт (Quality of Experience, QoE) шууд нөлөөлнө. Ерөнхий нөлөөллийг дараах хүснэгтэд үзүүлэв.

Хүснэгт – 10 Үндсэн үзүүлэлтийн үйлчилгээний чанарт үзүүлэх нөлөө

QoS-ийн үндсэн үзүүлэлт	Сүлжээний гүйцэтгэлд үзүүлэх нөлөө	Хэрэглэгчийн мэдэрсэн чанарт (QoE) үзүүлэх нөлөө
IPTD	Саатал нэмэгдэнэ	Вэб үйлчилгээ, интерактив хэрэглээний хариу үйлдэл удааширна
IPDV	Дамжуулах хугацааны хэлбэлзэл ихсэнэ	Дуут яриа, видео хурал, мультимедиа үйлчилгээний чанар буурна
IPLR	Пакетын алдагдал нэмэгдэнэ	Дуу, дүрсний тасалдал, файл дамжуулалтын үр ашиг буурна
IPER	Алдаатай пакетын тоо нэмэгдэнэ	Өгөгдлийн үнэн зөв байдал, найдвартай байдал буурна
Availability	Үйлчилгээний хүртээмж буурна	Үйлчилгээ тасалдах, ашиглах боломжгүй болох
Throughput (upload, download)	Татах дамжуулах чадамж буурна	Вэб, видео, файл татах хурд буурна

QoS-ийн үндсэн үзүүлэлтүүд нь хэрэглэгчийн мэдэрсэн үйлчилгээний чанарт (QoE) шууд нөлөөлөх бөгөөд үйлчилгээний чанарын үнэлгээнд хамтатган авч үзнэ.

Хүснэгт 11 – Хэрэглэгчийн мэдэрсэн чанарын үзүүлэлтүүд

Үзүүлэлт	Тайлбар
DNS Resolution Time	Домэйн нэрийг IP хаягт хөрвүүлэх хугацаа
Web Page Load Time	Вэб хуудас бүрэн ачаалагдах хугацаа
Video Streaming Quality	Видео эхлэх хугацаа, дүрсний чанар, тасалдал
Voice Quality (MOS)	Дуут үйлчилгээний субъектив чанарын үнэлгээ
Video Conference Quality	Видео хурлын чанар
Online Gaming Experience	Онлайн тоглоомын хэрэглэгчийн туршлага
File Transfer Experience	Файл дамжуулах үеийн хэрэглэгчийн туршлага

Тайлбар — Хүснэгтийг ITU-T G.1000, ITU-T E.804 зөвлөмжийн үзэл баримтлалд үндэслэн боловсруулав.

DNS нэр хөрвүүлэх хугацаа (DNS Resolution Time) гэж хэрэглэгчийн төхөөрөмжөөс илгээсэн домэйн нэрийг (Domain Name) IP хаягт хөрвүүлэх DNS хүсэлт илгээгдсэн үеэс эхлэн хүчинтэй DNS хариу бүрэн хүлээн авах хүртэлх хугацааг хэлнэ. DNS Resolution Time нь миллисекунд (ms)-ээр хэмжигдэх бөгөөд DNS үйлчилгээний хариу үйлдлийн хурдыг илэрхийлэх QoE үзүүлэлт юм.

Энэхүү үзүүлэлт нь вэб хуудас ачаалах хугацаа, үүлэн үйлчилгээ, цахим шуудан болон бусад интернетэд суурилсан үйлчилгээний эхний хариу үйлдлийн хугацаанд шууд нөлөөлнө.

Домэйн нэр хөрвүүлэх хугацааг дараах томъёогоор тооцно:

$$DNSRT = t_{response} - t_{request}$$

Энд:

- **DNSRT** – DNS Resolution Time;
- **trequest** – DNS хүсэлт илгээсэн хугацаа;
- **tresponse** – DNS хариу хүлээн авсан хугацаа.

Хүснэгт 12 – Домэйн нэр дуудах хугацаа зөвшөөрөх үзүүлэлт

Үзүүлэлт	Зорилтот утга
DNS Resolution Time (дотоод DNS)	≤ 20 ms
DNS Resolution Time (гадаад DNS)	≤ 50 ms

Энэхүү стандартад DNS Resolution Time-ийн зорилтот утгыг Монгол Улсын интернэтийн үйлчилгээний нөхцөл, хэрэглээний онцлог болон олон улсын инженерийн практикийг харгалзан тогтоов.

9 Интернэтийн үйлчилгээний чанарын удирдлагын тогтолцоо

Интернэтийн үйлчилгээний чанарын удирдлагын тогтолцоо нь үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтийг тодорхойлох, зорилтот түвшнийг тогтоох, хэмжилт хийх, хэмжилтийн үр дүнг баталгаажуулах, олон нийтэд мэдээлэх, шаардлагын хэрэгжилтийг хангах, үйлчилгээний чанарыг тогтмол хянан сайжруулах тасралтгүй үйл явцаас бүрдэнэ. Энэхүү үйл явцыг хэмжилтийн хугацаа бүрд давтан хэрэгжүүлнэ.



ITU, *Quality of Service Regulation Manual*, 2017
 5-р зураг – Үйлчилгээний чанарын тойрог

Интернэтийн үйлчилгээний чанарын мониторинг

Интернэтийн үйлчилгээний чанарын мониторинг нь үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүдийг тасралтгүй хэмжих, бүртгэх, хянах, үнэлэх үйл ажиллагаанаас бүрдэнэ. Мониторингийг идэвхтэй хэмжилт (Active Monitoring), идэвхгүй хэмжилт (Passive Monitoring) болон олон нийтийн хэмжилт (Crowdsourcing)-ийн аргаар хэрэгжүүлж болно.

Идэвхтэй мониторинг (Active Monitoring)

Идэвхтэй мониторинг нь хэмжилтийн зориулалттай туршилтын өгөгдөл үүсгэн сүлжээгээр дамжуулж үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох арга юм. Идэвхтэй мониторинг нь дараах тохиолдолд ашиглагдана.

- Үйлчилгээний чанар (QoS)-ын үзүүлэлтийг хэмжих;
- Үйлчилгээний чанарын шаардлагын хэрэгжилтийг баталгаажуулах;
- Үйлчилгээ эрхлэгчдийн гүйцэтгэлийг харьцуулах;
- Хэрэглэгчийн гомдлыг шалгах;
- Зохицуулалтын үнэлгээ хийх.

Идэвхтэй мониторингоор дараах үзүүлэлтүүдийг хэмжинэ.

- IP пакет дамжуулах хугацаа (IPTD)
- IP пакетын дамжуулах хугацааны өөрчлөлт (IPDV)
- IP пакетын алдагдлын харьцаа (IPLR)
- IP пакетын алдааны харьцаа (IPER)
- Дамжуулах чадамж (Throughput)
- Үйлчилгээний бэлэн байдал (Availability)

Хэрэглэгчийн мэдэрсэн чанар (QoE)-т холбогдох:

- Домэйн нэр хөрвүүлэх хугацаа (DNS Resolution Time);
- Вэб хуудасны ачаалалтын хугацаа (Web Page Load Time);
- Видео дамжуулалтын чанар (Video Streaming Quality).

Идэвхгүй мониторинг (Passive Monitoring)

Идэвхгүй мониторинг нь сүлжээгээр дамжин өнгөрөх бодит хэрэглэгчийн урсгалыг шинжилж үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох арга юм. Идэвхгүй мониторингийг дараах эх үүсвэрээр хэрэгжүүлж болно.

- Network Management System (NMS);
- Performance Management System;
- NetFlow/IPFIX;
- SNMP;
- Syslog;
- OSS/BSS болон түүнтэй адилтгах сүлжээний удирдлагын систем.

Идэвхгүй мониторингийн үр дүнг үйлчилгээний чанарын тайлагнал, сүлжээний ажиллагааны хяналт болон гүйцэтгэлийн үнэлгээнд ашиглана.

Олон нийтийн хэмжилт (Crowdsourcing)

Олон нийтийн хэмжилт нь хэрэглэгчийн төхөөрөмжөөс сайн дурын үндсэн дээр цуглуулсан хэмжилтийн мэдээлэлд үндэслэн үйлчилгээний чанарыг үнэлэх арга юм. Олон нийтийн хэмжилтийн үр дүнг дараах зорилгоор ашиглаж болно.

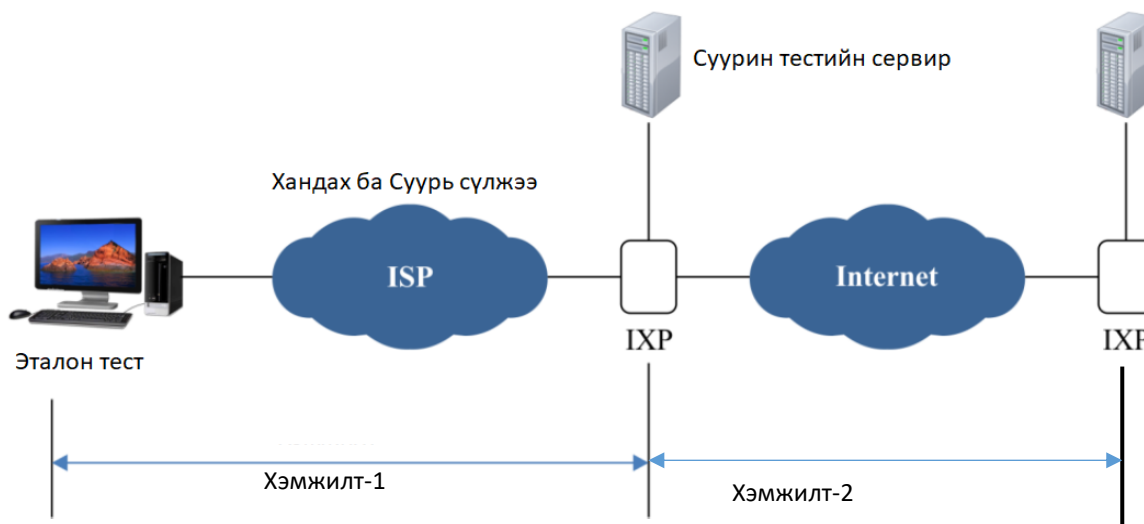
- Үйлчилгээний чанарын газарзүйн хамрах хүрээг үнэлэх;
- Үйлчилгээний чанарын өөрчлөлтийн чиг хандлагыг тодорхойлох;
- Хэрэглэгчийн гомдлыг баталгаажуулах;
- Бие даасан хэмжилтийн үр дүнг харьцуулан үнэлэх.

Мониторингийн үр дүнг идэвхтэй хэмжилт, идэвхгүй мониторинг болон олон нийтийн хэмжилтийн мэдээлэлтэй харьцуулан баталгаажуулж болно.

Шаардлагатай тохиолдолд нэмэлт хэмжилт, техникийн шалгалт болон аудит гүйцэтгэж болно.

Хүснэгт 13 – Хэмжилтийн төрөл

Мониторингийн төрөл	Үндсэн хэрэглэгч	Зорилго
Active Monitoring	Зохицуулагч байгууллага	Баталгаажуулалт, хараат бус үнэлгээ
Passive Monitoring	Үйлчилгээ эрхлэгч	Тасралтгүй сүлжээний хяналт, KPI тайлагнал
Crowdsourcing	Хэрэглэгч, зохицуулагч	Нэмэлт баталгаажуулалт, хэрэглэгчийн туршлагын үнэлгээ



6-р зураг - Бүс нутгийн болон олон улсын хэмжээнд ҮЧ-ыг шалгах загвар
(ITU-T G.1000, ITU-T Y.1545)

Тухайн улсын бүс нутгийн хэмжилтийг “Хэмжилт-1”-ийн цэгүүд дээр, олон улсын хэмжээний хэмжилтийг “Хэмжилт-2”-ын цэгүүд дээр хийж шаардлага хангаж байгаа эсэхийг шалгана.

Хэмжилтийг идэвхтэй ба идэвхгүй гэсэн 2 горимд хийх ба улс орон бүр өөр өөрийн сонгосон горимыг хэрэглэнэ.

Идэвхгүй горим - Тухайн эцсийн хэрэглэгчийн сүлжээний ачааллыг тусгай программын тусламжтайгаар хэмжих.

Идэвхтэй горим - Тусгай программ ашиглан тодорхой хэмжээтэй эталон тестийг явуулж гарсан үр дүнг сервер компьютерын хадгалах төхөөрөмж дээр хадгалах ба шаардлагатай үед график хэлбэрээр харах боломжтой.

Хэмжилтийн ерөнхий шаардлага

Хэмжилтийн төхөөрөмж нь дараах шаардлагыг хангасан байна.

- хэмжилтийн зориулалтаар ашиглахад тохиромжтой байх;
- хэмжилтийн нарийвчлал нь хэмжих үзүүлэлтэд тохирсон байх;
- хэмжилтийн үр дүнг хадгалах боломжтой байх;
- хэмжилтийн хугацааг бүртгэх боломжтой байх;
- шаардлагатай тохиолдолд алсын удирдлагыг дэмждэг байх.

Цагийн синхрончлол: Хэмжилтийн системийн цаг нь нэг ижил хугацааны эх үүсвэртэй синхрончлогдсон байна.

Шаардлагатай тохиолдолд NTP эсхүл түүнтэй адилтгах цагийн синхрончлолын механизмыг ашиглана.

Хэмжилтийн агентын байршил: Хэмжилтийн агент болон хэмжилтийн цэгийг үйлчилгээний бодит хэрэглээний орчныг төлөөлөхүйц байдлаар байршуулсан байна. Хэмжилтийн цэгийн байршлыг үйлчилгээний төрөл, технологи, газарзүйн хамрах хүрээг харгалзан сонгоно.

Давтан хэмжилт: Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтийг нэг удаагийн хэмжилтээр тодорхойлохгүй. Хэмжилтийг тогтоосон хугацаанд давтан гүйцэтгэж, үр дүнг статистикийн аргаар боловсруулна.

Хэмжилтийн алдаа: Хэмжилтийн үр дүн нь хэмжилтийн төхөөрөмж, орчин болон аргачлалаас шалтгаалах алдааг хамгийн бага байхаар гүйцэтгэгдсэн байна. Шаардлагатай тохиолдолд хэмжилтийн тодорхой бус байдлыг үнэлж болно.

Мониторингийн мэдээллийн баталгаажуулалт

Мониторингийн мэдээллийн үнэн зөв, бодит байдлыг идэвхтэй мониторинг (Active Monitoring), идэвхгүй мониторинг (Passive Monitoring), олон нийтийн хэмжилтийн мэдээлэл (Crowdsourcing) болон шаардлагатай тохиолдолд техникийн шалгалтын үр дүнтэй харьцуулан баталгаажуулна.

Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтийн баталгаажуулалтыг үйлчилгээ эрхлэгчийн хэмжилтийн үр дүн болон зохицуулагч байгууллагын бие даасан хэмжилтийн үр дүнг харьцуулан гүйцэтгэнэ.

Зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс хэтэрсэн тохиолдолд дахин хэмжилт, техникийн шалгалт эсхүл аудит гүйцэтгэж болно.

Хүснэгт 14 – Хэмжилтийн үр дүнгийн зөвшөөрөгдөх зөрүү

Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлт	Зөвшөөрөгдөх зөрүү
IP пакет дамжуулах хугацаа (IPTD)	±10 %
IP пакетын дамжуулах хугацааны өөрчлөлт (IPDV)	±10 %
Дамжуулах чадамж (Throughput)	±10 %
Домэйн нэр хөрвүүлэх хугацаа (DNS Resolution Time)	±10 %
Вэб хуудасны ачаалалтын хугацаа (Web Page Load Time)	±10 %
IP пакетын алдагдлын харьцаа (IPLR)	±0.1 нэгж (%)
Үйлчилгээний хүртээмж (Availability)	±0.1 нэгж (%)

Тайлбар: Зөвшөөрөгдөх зөрүү нь үйлчилгээ эрхлэгчийн тайлагнасан хэмжилтийн үр дүн болон зохицуулагч байгууллагын бие даасан хэмжилтийн үр дүнгийн хоорондох зөвшөөрөгдөх хазайлтыг илэрхийлнэ.

10 Өгөгдсөн тодорхой зурвас бүхий этернет сүлжээнд холбогдох хэрэглэгчийн тоог тооцоолох загвар

Тодорхой зурвасын өргөн бүхий этернет сүлжээнд холбогдох хэрэглэгчийн тоо, түүнд шаардагдах зурвасын өргөнийг 1 Гбит/с этернет свич ашиглах үед пакетын хаягдал болон хэрэглэгчийн тоо зэргээс хамааруулан тооцоолбол,

N тооны хэрэглэгч тухайн сүлжээнд холбогдох үед пакетын хаягдал үүсэх, алдаатай дамжигдах тохиолдолд пакетыг дахин дамжуулна. Энэ пакетын хаягдал болон алдаатай дамжигдах пакетын магадлалыг p гэж үзвэл түүний эсрэг магадлал нь амжилттай дамжигдах магадлал $1-p$ болно. Тухайн агшинд нэг хэрэглэгчийн дамжуулах амжилттай (efficiency) магадлалыг томьёо 1-ээр тодорхойлно.

$$p_{efficiency} = p^{(n-1)} * (1 - p) \quad (1)$$

N хэрэглэгчээс ядаж нэг хэрэглэгч амжилттай дамжуулах магадлалыг эдгээрийн нийлбэр буюу томьёо 2-оор тодорхойлно.

$$p_{efficiency} = n * p^{(n-1)} * (1 - p) \quad (2)$$

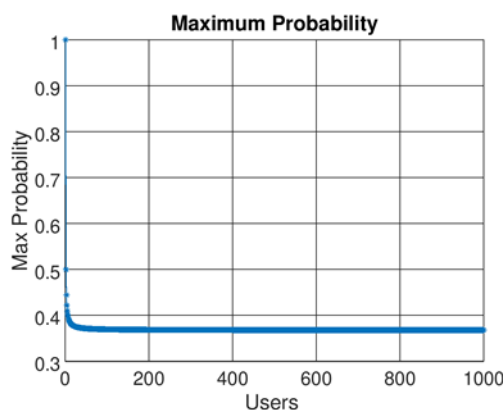
Томьёо 2-оос хамгийн их байх магадлал, өөрөөр хэлбэл дифференциалын хамгийн их утгыг олбол,

$$p_{Max} = \frac{1}{n} \quad (3)$$

Үүнийг томъёо 2-т орлуулбал:

$$p_{Max} = \left(1 - \frac{1}{n}\right)^{(n-1)} \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{n}\right)^{n-1} \approx 0.39 \quad p_{Max} = 0.36 \div 0.42 \text{ хооронд} \quad (4)$$

Python программ дээр тооцоолж үзвэл:



7-р зураг - Хэрэглэгчийн тооноос амжилттай дамжуулах магадлал

5-р зураг дээр хэрэглэгчийн тоо өсөхөд хамгийн багадаа 0,45 руу тэмүүлэх болно. Өөрөөр хэлбэл 1Гбит/с зурвасын өргөн бүхий сүлжээний 45%-ийг ашиглана.

TCP протоколын хувьд загварыг 1515 байт мэдээлэл дамжуулах үед тооцсон. Энэ загварыг гаргахын тулд бүх давхаргын толгой пакет болон баталгаажуулах (ACK) пакет зэргийг оруулж тооцсон.

15-р хүснэгт - Параметрийн утга

№	Тодорхойлолт	Өгөгдлийн тодорхойлолт	Хэмжих нэгж болон тоон утга
1	Дамжуулах хурд	Rate	1*10 ⁹ (бит/с)
2	Өгөгдөл холбох давхаргын толгой мэдээллийн хэмжээ	Ethernet_Header	52 байт
3	Интернэт протоколын толгой мэдээлэл	IP_Header	20 байт
4	Дамжуулах давхаргын толгой мэдээлэл	TCP_Header	20 байт
5	Дамжуулах өгөгдлийн хэмжээ	Payload (Data)	1515 байт
6	Баталгаажуулах пакетын хэмжээ	ACK	92 байт

1Гбит/с зурвасын өргөн бүхий сүлжээнд дараах параметрийг тооцвол,

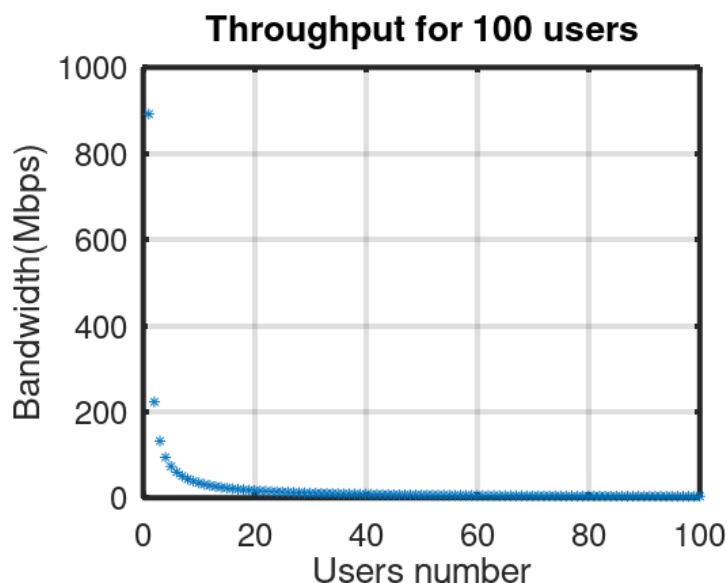
T_{eth}	Этернет протоколын толгой мэдээлэл дамжуулах хугацаа секундээр
T_{ip}	Интернэт протоколын толгой мэдээлэл дамжуулах хугацаа секундээр
T_{tcp}	Дамжуулах протоколын толгой мэдээлэл дамжуулах хугацаа секундээр
$T_{payload}$	Өгөгдлийг дамжуулах хугацаа секундээр
T_{ack}	Баталгаажуулах пакетыг дамжуулах хугацаа
N	Хэрэглэгчийн тоо
Rate	Дамжуулах зурвасын өргөн

p_{max} Амжилтай дамжуулах хамгийн их магадлал
 $throughput_{tcp}$ TCP протоколын дамжуулах чадамж

N хэрэглэгчийн хувьд дамжуулах чадамж (throughput) нь:

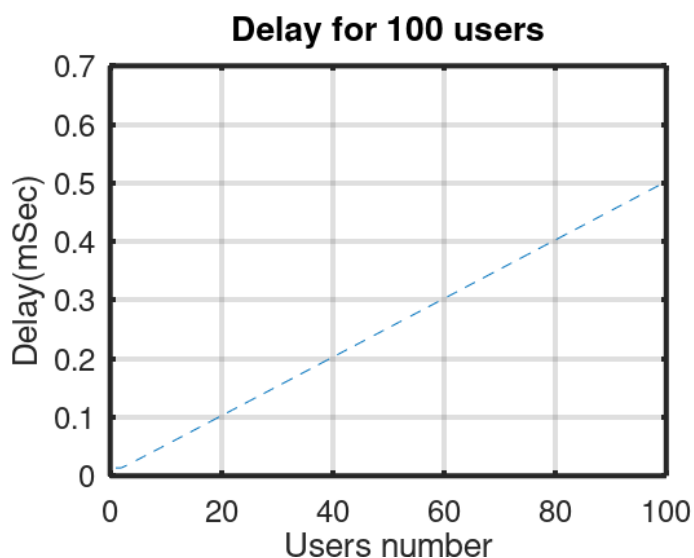
$$throughput_{tcp} = \frac{T_{payload}}{n * (T_{eth} + T_{ip} + T_{tcp} + T_{payload} + T_{ack})} * p_{MAX} * Rate \quad (5)$$

5-р томъёоны тусламжтайгаар TCP протоколын хувьд дамжуулах чадамж нь хэрэглэгчийн тоо, алдаатай болон пакетын хаягдлыг тооцож дараах графикаар илэрхийлбэл,



8-р зураг - Хэрэглэгчийн тоо 1Гбит/с дамжуулах зурвасыг хэрхэн хувааж ашиглах загвар

Энэ загвараас харахад хэрэглэгчийн тоо ихсэхэд хувааж ашиглах зурвасын өргөн экспоненциаль хэлбэрээр буурч байна. Жишээлбэл, 1 Гбит/с сүлжээн дээр TCP протоколын хувьд 100 хэрэглэгчийн үед нэг хэрэглэгч нь 37,5 Мбит/с хурдаар мэдээлэл дамжуулах боломжтой.



9-р зураг - Хэрэглэгчийн тооноос хүлээлтийн хугацааны хамаарал

7-р зураг дээр тогтмол пакетын урт бүхий 100 хэрэглэгчийн хувьд 1Гбит/с зурвасын өргөн ашиглах үед хүлээлтийн хугацааны хамаарлыг миллисекундээр тооцов.

Хэмжилт хийх түүвэр сонгох

Үйлчилгээний чанарын хэмжилтийг төлөөлөх чадвартай түүвэрт үндэслэн гүйцэтгэнэ.

Түүврийг сонгохдоо үйлчилгээний төрөл, үйлчилгээний технологи, газарзүйн байршил, үйлчилгээний багц, хэрэглэгчийн тоо болон сүлжээний хамрах хүрээг харгалзан үзсэн байна.

Түүвэр нь хэмжилтийн үр дүнг нийт үйлчилгээний чанарыг төлөөлөхүйц байх шаардлагыг хангасан байна.

Түүвэр сонгох зарчим

Түүврийг сонгохдоо дараах шаардлагыг хангасан байна.

- а) үйлчилгээний бүх төрлийг хамруулсан байна;
- б) үйлчилгээний бүх технологийг хамруулсан байна;
- в) үйлчилгээний хурдны бүх багцыг хамруулсан байна;
- г) хэрэглэгчийн газарзүйн тархалтыг тусгасан байна;
- д) хэрэглэгчийн тооны харьцааг харгалзан сонгосон байна;
- е) хэмжилтийн үр дүнгийн төлөөлөх чадварыг хангасан байна.

Түүврийг санамсаргүй сонголт (Random Sampling), давхаргат сонголт (Stratified Sampling) болон статистикийн бусад аргыг ашиглан сонгож болно.

Хэмжилтийн байршил

Хэмжилтийн байршлыг үйлчилгээний бодит ашиглалтын нөхцөлийг төлөөлөхөөр сонгосон байна.

Хэмжилтийн байршилд дараах ангиллыг хамруулна.

- а) нийслэл;
- б) аймгийн төв;
- в) сум;
- г) хот суурин газар;
- д) хөдөө орон нутаг.

Хэмжилтийн байршлыг сонгохдоо үйлчилгээний хамрах хүрээ, хэрэглэгчийн нягтаршил болон сүлжээний бүтцийг харгалзан үзнэ.

Хэмжилтийн хугацаа

Хэмжилтийг сүлжээний хэвийн ажиллагааг төлөөлөх хугацаанд гүйцэтгэнэ.

Хэмжилт нь дараах хугацааг хамруулсан байна.

- а) оргил ачааллын үе;
- б) хэвийн ачааллын үе;
- в) ажлын өдөр;
- г) амралтын өдөр.

Шаардлагатай тохиолдолд хэмжилтийг өөр өөр цагийн бүс болон улирлын онцлогийг харгалзан гүйцэтгэж болно.

Түүврийн хэмжээ

Түүврийн хэмжээ нь хэмжилтийн үр дүнгийн статистикийн төлөөлөх чадварыг хангахуйц байна.

Түүврийн хэмжээг тогтоохдоо дараах хүчин зүйлийг харгалзан үзнэ.

- а) хэрэглэгчийн нийт тоо;
- б) үйлчилгээний төрөл;
- в) үйлчилгээний технологи;
- г) үйлчилгээний багц;

- д) газарзүйн хамрах хүрээ;
- е) хэмжилтийн зорилго.

Шаардлагатай тохиолдолд түүврийн хэмжээг статистикийн аргаар тодорхойлж болно.

Тайлбар Энэхүү бүлэг нь түүвэр сонгох ерөнхий шаардлагыг тогтооно. Түүврийн хэмжээ тооцох аргачлал, статистикийн загвар, итгэлцлийн түвшин (Confidence Level), алдааны хязгаар (Margin of Error), санамсаргүй болон давхаргат сонголтын дэлгэрэнгүй аргачлалыг хавсралтад тусгаж болно.

11 Үйлчилгээний чанарын үнэлгээ

Үйлчилгээний чанарын үнэлгээг энэхүү стандартад заасан үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүдийн хэмжилтийн үр дүнд үндэслэн гүйцэтгэнэ.

Үнэлгээ нь үйлчилгээний чанарын шаардлагын хэрэгжилтийг тодорхойлох, үйлчилгээний чанарын өөрчлөлтийг хянах, үйлчилгээний чанарын түвшинг харьцуулах болон үйлчилгээний чанарыг сайжруулах үндэслэл болно.

Үйлчилгээний чанарын үнэлгээний үндэслэл

Үйлчилгээний чанарын үнэлгээг энэхүү стандартад заасан дараах мэдээлэлд үндэслэн гүйцэтгэнэ.

- үйлчилгээний чанарын хэмжилтийн үр дүн;
- идэвхтэй мониторингийн үр дүн;
- идэвхгүй мониторингийн үр дүн;
- олон нийтийн хэмжилтийн мэдээлэл;
- хэрэглэгчийн мэдэрсэн үйлчилгээний чанарын (QoE) хэмжилтийн үр дүн (хэмжсэн тохиолдолд).

Үйлчилгээний чанарын үнэлгээний шалгуур

Үйлчилгээний чанарын үнэлгээг энэхүү стандартад тогтоосон үйлчилгээний чанарын зорилтот үзүүлэлттэй харьцуулан гүйцэтгэнэ.

Үнэлгээ хийхдээ дараах үзүүлэлтүүдийг ашиглана.

- IP пакет дамжуулах хугацаа (IPTD);
- IP пакетын дамжуулах хугацааны өөрчлөлт (IPDV);
- IP пакетын алдагдлын харьцаа (IPLR);
- IP пакетын алдааны харьцаа (IPER);
- дамжуулах чадамж (Throughput);
- үйлчилгээний хүртээмж (Availability);
- хэрэглэгчийн мэдэрсэн үйлчилгээний чанарын (QoE) үзүүлэлтүүд (хэмжсэн тохиолдолд).

Үйлчилгээний чанарын үнэлгээний үр дүн

Үйлчилгээний чанарын үнэлгээний үр дүн нь хэмжилтийн үр дүн, энэхүү стандартад тогтоосон шаардлага болон баталгаажуулалтын үр дүнд үндэслэсэн байна.

Үнэлгээний үр дүнг үйлчилгээний чанарын шаардлагын хэрэгжилтийг тодорхойлох, үйлчилгээний чанарын өөрчлөлтийг үнэлэх, үйлчилгээний чанарыг сайжруулах арга хэмжээг төлөвлөхөд ашиглана.

Үйлчилгээний чанарын үнэлгээний баримтжуулалт

Үйлчилгээний чанарын үнэлгээний үр дүн нь хэмжилтийн нөхцөл, хэмжилтийн аргачлал, түүвэр сонголт болон ашигласан өгөгдөлтэй уялдах боломжтой байна.

Үнэлгээний үр дүн нь дахин шалгах, харьцуулах болон баталгаажуулах боломжийг хангасан байна.

Хүснэгт 16 – Үйлчилгээний чанарын үнэлгээнд ашиглах мэдээлэл

Үнэлгээний мэдээлэл	Агуулга
---------------------	---------

Хэмжилтийн үр дүн	IPTD, IPDV, IPLR, IPER, Throughput, Availability
Мониторингийн үр дүн	Active Monitoring, Passive Monitoring
QoE үзүүлэлт	DNS Resolution Time, Web Page Load Time, Video Streaming Quality (хэмжсэн тохиолдолд)
Баталгаажуулалтын мэдээлэл	Crowdsourcing, техникийн шалгалт, аудит

Тасралтгүй сайжруулалт

Үйлчилгээний чанарын үнэлгээний үр дүнг үндэслэн үйлчилгээний чанарыг тогтмол хянаж, сайжруулна.

Тасралтгүй сайжруулалт нь үйлчилгээний чанарын өөрчлөлтийг үнэлэх, шаардлагын хэрэгжилтийг хангах, үйлчилгээний чанарыг сайжруулах арга хэмжээг төлөвлөх үндэс болно.

Үйлчилгээний чанарыг дараах мэдээлэлд үндэслэн сайжруулна.

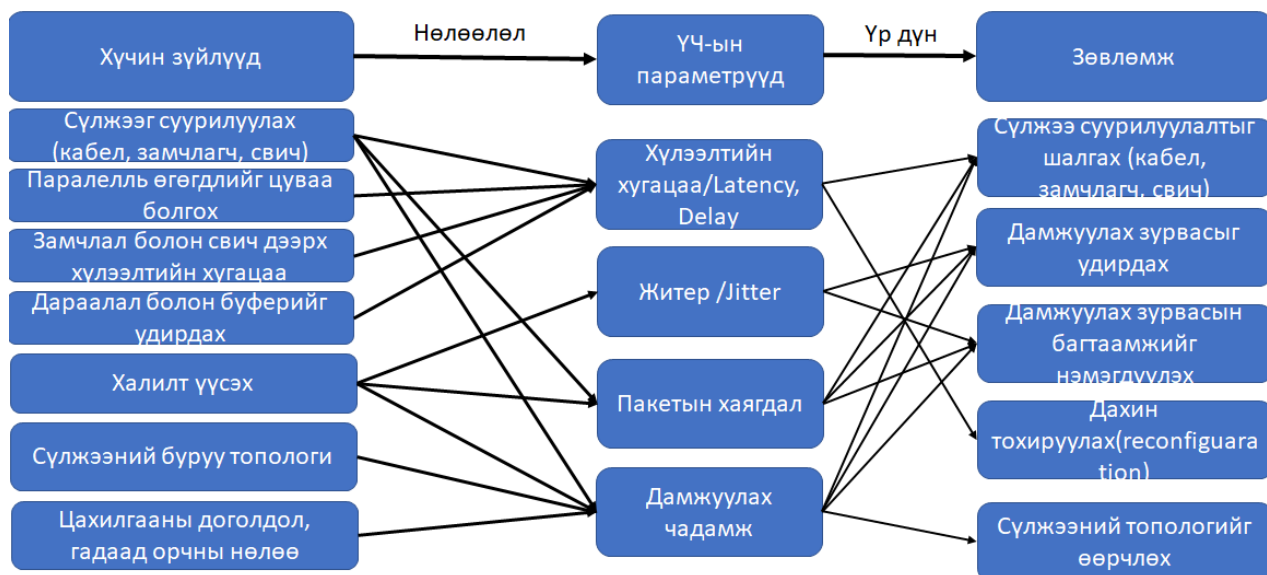
- үйлчилгээний чанарын хэмжилтийн үр дүн;
- үйлчилгээний чанарын үнэлгээний үр дүн;
- мониторингийн үр дүн;
- хэрэглэгчийн санал, гомдол;
- үйлчилгээний тасалдал, доголдлын мэдээлэл.

Сайжруулалтын арга хэмжээ

Үйлчилгээний чанарын сайжруулалт нь сүлжээний төлөвлөлт, өргөтгөл, оновчлол, ажиллагааны сайжруулалт болон бусад шаардлагатай арга хэмжээг хамарна.

12 Чанарын үйлчилгээний параметрт нөлөөлөх хүчин зүйлийн загвар ба зөвлөмж

10-р зурагт дарааллын хүлээлт, хүлээлтийн хугацаа, хүлээлтийн хугацааны өөрчлөлт, дамжуулах чадамж гэсэн 4 хүчин зүйлээс хамаарах хамаарлын загварыг үзүүлэв.



10-р зураг - Чанарын үйлчилгээний параметрт нөлөөлөх хүчин зүйлс, түүний хамаарлын загвар

Хавсралт А

Интернэтийн үйлчилгээний чанарын хэмжилтийн түүвэр сонгох аргачлал

Энэхүү хавсралтаар интернэтийн үйлчилгээний чанарын хэмжилтэд ашиглах түүвэр сонгох ерөнхий аргачлал, сонголтын зарчим болон жишээг үзүүлэв.

Түүвэр сонгох аргачлалын зорилго нь хэмжилтийн үр дүн нь үйлчилгээний бодит нөхцөл, хэрэглэгчийн тархалт болон үйлчилгээний хамрах хүрээг төлөөлөх боломжийг хангахад оршино.

Түүврийг сонгохдоо дараах хүчин зүйлийг харгалзан үзнэ.

- а) үйлчилгээний төрөл;
- б) үйлчилгээний технологи;
- в) үйлчилгээний гэрээт хурдны багц;
- г) хэрэглэгчийн тоо;
- д) газарзүйн байршил;
- е) сүлжээний хамрах хүрээ.

Түүвэр нь нийт хэрэглэгчийн төлөөлөх чадварыг хангахуйц байх бөгөөд нийт интернэт хэрэглэгчийн 2-оос багагүй хувь байна.

Хэмжилтэд хамрагдах түүврийг үйлчилгээний төрөл бүрээс сонгоно.

Үүнд:

- суурин интернэт;
- хөдөлгөөнт интернэт;
- нам тойргийн хиймэл дагуулын интернэт (LEO).

Түүврийг тухайн үйлчилгээний ашиглаж байгаа технологийг төлөөлөх байдлаар сонгоно.

Үйлчилгээ	Технологи
Суурин интернэт	FTTH, FTTB, Cable Ethernet
Хөдөлгөөнт интернэт	3G, 4G, 5G
Хиймэл дагуулын интернэт	LEO

Түүврийг үйлчилгээний гэрээт хурдны багц бүрээс сонгоно. Хэмжилтэд хамрагдах түүвэр нь хэрэглэгчийн эзлэх хувийг төлөөлөхөөр сонгогдсон байна.

Хурдны багц	Хэрэглэгчийн эзлэх хувь
50 Мбит/с	20%
100 Мбит/с	45%
300 Мбит/с	25%
1 Гбит/с	10%

Түүврийг газарзүйн хамрах хүрээг төлөөлөхөөр сонгоно.

Үүнд:

- нийслэл;
- аймгийн төв;
- сум;
- хот суурин газар;
- хөдөө орон нутаг.

Шаардлагатай тохиолдолд үйлчилгээний хамрах хүрээний онцлогийг харгалзан нэмэлт хэмжилтийн цэг сонгож болно.

Хэмжилтийг хэрэглэгчийн бодит хэрэглээг төлөөлөх хугацаанд гүйцэтгэнэ.

Хэмжилтэд дараах хугацааг хамруулна.

MNS 6966:2022

- оргил ачааллын үе (Peak Hour);
- хэвийн ачааллын үе (Off-Peak);
- ажлын өдөр;
- амралтын өдөр.

Түүврийг санамсаргүй сонголтын (Random Sampling) аргаар сонгоно.

Шаардлагатай тохиолдолд давхаргат санамсаргүй сонголтын (Stratified Random Sampling) аргыг ашиглаж болно.

Давхаргыг дараах үзүүлэлтээр тодорхойлно.

- үйлчилгээний төрөл;
- үйлчилгээний технологи;
- хурдны багц;
- газарзүйн байршил.

Түүврийн хэмжээ нь хэмжилтийн үр дүнгийн статистикийн төлөөлөх чадварыг хангахуйц байна.

Түүврийн хэмжээг тогтоохдоо дараах үзүүлэлтийг харгалзан үзнэ.

- нийт хэрэглэгчийн тоо;
- үйлчилгээний төрөл;
- үйлчилгээний технологи;
- газарзүйн хамрах хүрээ;
- хэмжилтийн зорилго.

Нэг удаагийн хэмжилтийн үр дүнд үндэслэн үйлчилгээний чанарыг үнэлэхгүй.

Хэмжилтийг тогтоосон хугацаанд давтан гүйцэтгэж, үр дүнг статистикийн аргаар нэгтгэн боловсруулна.

Түүвэр сонгох жишээ

Үзүүлэлтийн жишээ			Түүврийн жишээ
Үйлчилгээ	Суурин интернэт (FTTB, FTTH)		
Нийт хэрэглэгчийн тоо	25 000		500-аас доошгүй
Хэрэглэгчийн тоо, Хурдны багцаар	50 Мбит/с	5 000	100-аас доошгүй
	100 Мбит/с	12 000	225-аас доошгүй
	300 Мбит/с	6 000	125-аас доошгүй
	1000 Мбит/с	2 000	50-аас доошгүй
Хэрэглэгчийн тоо, байршлаар	Улаанбаатар	17 500	350-аас доошгүй
	Аймгийн төв	5 000	100-аас доошгүй
	Сум	2 500	50-аас доошгүй
Хэмжилтийн хугацаа	Оргил болон хэвийн ачааллын үе		Тасралтгүй 5-7 хоногоос багагүй байх
Сонголтын арга	Давхаргат санамсаргүй сонголт		Хэрэглэгчийн гомдол, мэдээллээр