

# WDM-TDM PON сүлжээний долгионы урт болон зурвас хуваарилалтын арга

Б.Цэрэнлхам\*, З.Буянхишиг\*\*, Ш.Ганболд\*\*\*

\* МХТС-ийн Холбооны салбарын багш, магистр (MSc)

\*\* МХТС-ийн дэд захирал, доктор (Ph.D), дэд профессор

\*\*\* МХТС-ийн Холбооны салбарын дэд профессор, доктор (Ph.D)

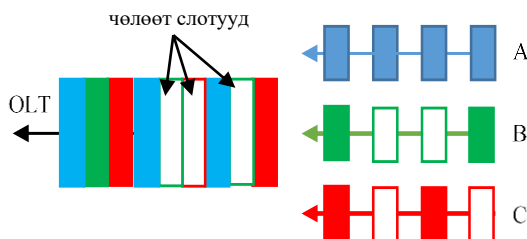
\* [tserenlham@must.edu.mn](mailto:tserenlham@must.edu.mn), \*\* [zbuya@must.edu.mn](mailto:zbuya@must.edu.mn), \*\*\* [sh\\_gandold@must.edu.mn](mailto:sh_gandold@must.edu.mn)

Хураангуй—Хэрэглэгчдийн хэрэгцээ шаардлагыг хангаж хүссэн хурд, хүссэн форматаар нь үйлчлэх сүлжээ бол долгионы хуваалттай нягтруулга бүхий идэвхгүй оптик сүлжээ (WDM-PON)-ний технологи юм. WDM-PON сүлжээний гол санаа нь PON сүлжээний зурвасын өргөнийг ихэсгэхийн тулд долгионы уртын нягтруулгын аргыг ашиглан долгионы уртын сувгуудыг олшруулдаг. Зурвасын өргөнийг нэмэгдүүлснээр хэрэглэгчдэд хуваарилагдах зурвас ихсэж, улмаар үйлчилгээний чанар сайжирна. Тогтмол хуваарилалтын аргаар хуваарилагдсан зурвасын өргөнийг ашиглагдаагүй зурвас нь сүлжээн дэх бусад ONU-ууд руу хуваарилагдах боломжгүй бөгөөд ингэснээр дээш урсгалын зурвас ашиглалтыг бууруулдаг. Хэрвээ ашиглагдаагүй зурвасын өргөн нь бусад ONU-дад хуваарилагдсан бол хэрэглэгчийн хэрэглээ, үйлчилгээний түвшинг сайжруулж, ONU дахь дарааллын хэт ачааллыг бууруулах боломжтой. Тиймээс зурвасын өргөнийг хуваарилалтын үр ашгийг дээшлүүлж, хэрэглэгчдийн үйлчилгээний төрөлд нийцүүлэн зурвасыг тэгш хуваарилах, илүү уян хатан үр ашигтай хуваарилалт шаардлагатай болж байна. Энэхүү өгүүлэлдээ WDM-TDM PON сүлжээний долгионы урт болон зурвас хуваарилалтын аргуудыг судалж, үр ашигтай хуваарилалтын аргуудыг санал болгож байна.

*Түлхүүр үг— зурвасын өргөнийг хуваарилалт, илүүдэл зурвас, долгионы уртын хуваарилалт, динамик хуваарилалт, хоёр шатны хуваарилалт*

## I. СТАТИК ЗУРВАСЫН ӨРГӨНИЙ ХУВААРИЛАЛТ

PON сүлжээнд TDM хуваарилалттай адил дээш урсгалын зурвасын өргөнийг статикаар хуваарилдаг. ONU бүр урьдчилан тодорхойлсон зурвасын өргөнийг хуваарилалтыг хүлээн авдаг. ONU урсгалыг тогтмол хурдтайгаар хадгалах байдлаар дээш урсгалын зурвас ашиглалтыг сайн болгодог. Зураг 1-д харуулснаар ONU-B болон ONU-C-ийн чөлөөт слотууд ч мөн



Зураг 1. Статик зурвасын өргөнийг хуваарилалт

дамжигдах ба статикаар хуваарилагдчихсан тул энэ чөлөөт слотууд нь сүлжээн дэх бусад ONU-ууд руу дамжигдах боломжгүй бөгөөд нийт дээш урсгалын зурвас ашиглалтыг бууруулдаг.

Хэрвээ ашиглагдаагүй зурвасын өргөн нь бусад ONU-дад хуваарилагдсан бол энэ нь нийт хэрэглэгчийн хэрэглээ, үйлчилгээний түвшинг сайжруулж, ONU дэх дарааллын хэт ачааллыг бууруулах болно.

Орон сууц болон бизнес эрхлэгчдэд өндөр хурдны холболт болон дээш урсгалд илүү сайн үйлчилгээний чанарын нөхцлийг (QoS) санал болгох үүднээс ашиглагдаагүй зурвасын өргөнийг ашиглах зорилгоор зурвасын өргөнийг хуваарилалтын механизм нь динамик байх шаардлагатай болсон.

Хэдийгээр тогтмол хуваарилалтын алгоритмын зурвасын хуваарилалт нь хялбар боловч ашиглах боломжтой илүүдэл зурвасууд нь ашиглагдахгүй байдаг.

Динамик хуваарилалтын аргыг ашигласнаар илүүдэл зурвасыг ашиглах боломж бий болох юм.

## II. ДИНАМИК ЗУРВАСЫН ӨРГӨНИЙ ХУВААРИЛАЛТ

Динамик зурвасын өргөнийг хуваарилалт нь харилцаа холбооны орчинд үйлчилгээний шаардлагын дагуу зурвасын өргөнийг ачааллаар хуваарилах болон зурвасын өргөнийг өөр өөр хэрэглэгчдийн хооронд тэгш хуваарилах техник юм. DBA алгоритм нь доош урсгалд Gate/Grant, дээш урсгалд Report/Request мессеж-д тулгуурлан өгөгдлөө дамжуулдаг. OLT нь ONU-н зурвасын хүсэлтэнд, дээш урсгалын ачаалалд тулгуурлан эсвэл хэрэглэгчийн үйлчилгээний түвшний гэрээ (SLA)-г харгалзан ONU бүрт зурвасын өргөнийг хуваарилах боломжтой. DBA алгоритм нь байнга хувьсан өөрчлөгдөх урсгалд дээш урсгалын зурвасын өргөнийг хуваарилалтыг тохируулдаг. Ямар ч хугацааны зурваст хангалттай зурвасын өргөнийг тодорхой ONU-руу эсвэл зарим үйлчилгээнд хуваарилж болно. Мөн бусад хугацааны зурваст зурвасын өргөнийг PON сүлжээний зурвасын өргөнийг ашиглалтыг нэмэгдүүлэх, бусад ONU-ууд болон өөр бусад үйлчилгээнд хуваарилж болно. Динамик зурвасын өргөнийг хуваарилалт нь дараах хэд хэдэн боломжуудыг олгодог. Үүнд:

- ONU-н багц урсгалын шаардлагын дагуу ONU-уудын дунд зурвасын өргөнийг динамिकाар

тохируулж PON сүлжээний дээш урсгалын зурвасын өргөний үр ашгийг сайжруулна.

- Үр ашигтай ашиглалтын үүднээс сүлжээний операторууд нь тухайн PON сүлжээний төгсгөлийн хэрэглэгчдийг нэмэх боломжтой.
- DBA нь PON-уудын үйлчилгээний түвшний гэрээ (Service Level Agreement)-д илүү уян хатан байх боломжийг олгодог.
- Төгсгөлийн хэрэглэгчид нь уламжлалт тогтмол хуваарилалтаас гадна динамик зурвасын өргөний хуваарилалтыг ашигласнаар илүү сайжруулсан үйлчилгээг мэдэрнэ.

DBA алгоритм нь үйлчилгээ үзүүлэгч болон хэрэглэгчийн хоорон дахь SLA (service-level agreement) дээр тулгуурлан ONU бүрт хамгийн бага баталгаат зурвасын өргөн  $B_{MIN}$  –г тодорхойлно. PON хэрэглэгчийн сүлжээнд  $N$  тооны ONU байна гэж үзье.

Хамгийн бага баталгаат зурвасын өргөн нь дараах томъёогоор тодорхойлогдоно.

$$B_i^{MIN} = \frac{(T_{cycle} - N \cdot T_g) \cdot R_N \cdot K + \omega_i}{R} \quad (1)$$

$T_{cycle}$  – granting cycle, энэ нь бүх ONU-ууд өгөгдөл дамжуулах эсвэл OLT-руу REPORT-ууд илгээх хугацаа.

$T_g$  –  $ONU_n$  болон  $ONU_{n+1}$  дамжуулах цонхнуудыг тусгаарлах хамгаалах зурвас

$\omega_i$  – SLA дээр тулгуурласан ONU бүрт хуваарилагдсан жин  $\sum_{i=1}^N \omega_i = 1$ .

OLT-ээс  $ONU(i)$ -д хуваарилсан хамгийн бага баталгаат зурвасын өргөнийг доорх томъёогоор тодорхойлно.

$K$  – долгионы уртын нийт тоо

$R_N$  - PON сүлжээний дамжууллын хурд.

$\omega_i = \omega = 1/N$  тул дээрх (1) томъёо нь

$$B_i^{MIN} = B_{MIN} = \frac{(T_{cycle} - N \cdot T_g) \cdot R_N \cdot K}{R \cdot N} \quad (2)$$

болно. OLT нь бүх ONU-уудаас бүх REPORT мессеж хүлээж автлаа хүлээдэг. Дараа нь OLT дээр ONU бүрийн суваг болон зурвасын өргөнийг тодорхойлох зурвасын өргөнийг хуваарилах алгоритм ажилладаг. Хэрэв  $B_{req}^i \leq B_{MIN}$  ( $B_{req}^i$  -  $ONU_i$  –ийн захиалсан зурвасын өргөн нь  $B_{MIN}$ –хамгийн бага баталгаат зурвасын өргөнөөс бага) бол  $B_{assign}^i = B_{req}^i$  болох ба  $ONU_i$  руу GATE мессеж илгээнэ. Харин  $B_{req}^i > B_{MIN}$  үед буюу  $ONU_i$ -ийн захиалсан буюу шаардлагатай зурвасын өргөн нь хамгийн бага баталгаат зурвасын өргөнөөс их бол бага ачаалагдсан ONU-уудын илүүдэл зурвасын өргөнийг тооцох бөгөөд  $ONU_i$  руу  $B_{assign}^i$  зурвасыг хуваарилаж GATE мессеж илгээдэг.

### III. ИЛҮҮДЭЛ ЗУРВАСЫН ӨРГӨНИЙГ ХУВААРИЛАХ АЛГОРИТМЫН АЖИЛЛАГАА

Илүүдэл зурвасын өргөнийг тооцон дамжуулах цонхыг хуваарилах CE (controlled excess) болон UE (uncontrolled excess) гэж нэрлэгдэх 2 арга байдаг.

UE схемд OLT нь хүлээж авсан REPORT-уудаас дараагийн циклийн бүх илүүдэл зурвасын өргөнүүдийг цуглуулах бөгөөд их ачаалагдсан буюу хамгийн бага баталгаат зурвасын өргөнөөс ихийг хүссэн ONU-уудын хүссэн зурвасыг  $B_{MIN}$  –аас илүү гарсан зурвасын их багийн хувийг тооцохгүйгээр бүх илүү ачаалагдсан ONU-ууд руу нийт илүүдэл зурвасын өргөнийг жигд хуваарилдаг.

Нийт илүүдэл зурвасын өргөн:

$$B_{excess}^{total} = \sum_{i=1}^N (B_{MIN} - B_{req}^i) | B_{req}^i \leq B_{MIN} \quad (3)$$

$$B_{excess} = \frac{B_{excess}^{total}}{M} \quad (4)$$

$M$ - хэт ачаалласан ONU-уудын тоо

UE схемийн давуу тал нь хэт ачаалагдсан ONU-ууд болон тэдгээрийн өндөр шаардлагыг хангах хангалттай зурвасын өргөнийг хуваарилна. Гэсэн хэдий ч зарим нэг бага зэрэг илүү ачаалагдсан ONU-уудад илүүдэл зурвасын өргөнийг шударга бусаар хуваарилснаар эцэст нь ашиглагдахгүй зурвасууд байх болно. Иймээс бүх хэт ачаалалтай ONU-уудад зурвасын өргөнийг шударга хуваарилалтыг хангах зорилгоор OLT илүүдэл зурвасын хуваарилалтыг хянах (CE) шаардлагатай [1]. CE алгоритм нь доорхоор ажиллах болно:

$$B_{assign}^i = \begin{cases} B_{req}^i & B_{req}^i \leq B_{MIN} \\ B_{req}^i & B_{MIN} < B_{req}^i \leq B_{MIN} + B_{excess}^i \\ B_{MIN} + B_{excess}^i & B_{MIN} < B_{MIN} + B_{excess}^i < B_{req}^i \end{cases} \quad (5)$$

Илүүдэл зурвасын өргөний хуваарилалт дараах аргаар хянагддаг.

$$B_{excess}^i = \begin{cases} \frac{B_{excess}^{total}}{M-i} & B_{MIN} + \frac{B_{excess}^{total}}{M-i} < B_{req}^i \\ B_{req}^i - B_{MIN} & otherwise \end{cases} \quad (6)$$

Илүүдэл зурвасын өргөн буюу  $B_{excess}^i$  –г хуваарилагдах бүрт  $B_{excess}^{total}$  шинэчлэгдэж байна.

$$B_{excess}^{total} = B_{excess}^{total} - B_{excess}^i \quad (7)$$

CE схем нь round-robin загвараар илүүдэл зурвасын өргөнийг хуваарилдаг. Иймээс зарим их ачаалагдсан ONU-ууд бүх ONU-уудыг уншиж дуусахаас өмнө  $B_{excess}^{total}$  зурвасаас хувь хүртэх боломж байхгүй байж магадгүй. Өөрөөр хэлбэл  $B_{excess}^{total} \approx 0$  болно. Ихэнх тохиолдолд сүүлчийн ONU-уудад эхний ONU-аас бага зурвасын өргөн хуваарилагддаг. Иймээс илүүдэл зурвасын өргөнийг шударгаар (fair-excess буюу FE) хуваарилах схемийг авч үздэг.

### IV. ИЛҮҮДЭЛ ЗУРВАСЫГ ТЭГШ ХУВААРИЛАХ (FAIR-EXCESS) DBA АЛГОРИТМ

Энэ нь ачаалал ихтэй ONU-уудын хэрэгцээ буюу хүсэлтийн дагуу илүүдэл зурвасын өргөнийг хувиар тогтоож өгдөг. Ачаалал ихтэй  $ONU_i$ –аас хүссэн илүүдэл зурвасын өргөн  $B_{excess,i}^i = B_{req}^i - B_{MIN}$  болох

ба их ачаалагдсан бүх ONU-уудаас хүссэн илүүдэл зурвасын өргөний нийт зурвас  $B_{excess}^{req} = \sum_{i=0}^N B_{req}^{excess,i}$  болно. Өөрөөр хэлбэл шаардлагатай байгаа зурвасын өргөний хэмжээг тооцно.

Их ачаалалтай  $ONU_i$  бүрийн илүүдэл зурвасыг доорх томъёогоор хувьчлан тооцоолно.

$$B_{excess}^{portion,i} = \frac{B_{req}^{excess,i} \cdot B_{total}^{excess}}{B_{req}^{excess}} \quad (8)$$

Илүүдэл зурвасаас их ачаалалтай  $ONU_i$  бүрт хуваарилж, зурвас ашиглалтыг хэмнэх үүднээс  $B_{req}^{excess,i}$ ,  $B_{excess}^{portion,i}$  -н бага утгыг авч  $ONU_i$  бүрийн илүүдэл зурвас болох  $B_{excess}^i$  -г дараахаар тооцно.

$$B_{excess}^i = \min(B_{req}^{excess,i}, B_{excess}^{portion,i}) \quad (9)$$

Эндээс  $ONU_i$  -д хуваарилагдсан зурвас нь дараах байдлаар хуваарилагдана.

$$B_{assign}^i = \begin{cases} B_{req}^i & B_{req}^i \leq B_{MIN} \\ B_{MIN} + B_{excess}^i & B_{req}^i > B_{MIN} \end{cases} \quad (10)$$

FE нь бүх ачаалал ихтэй ONU-уудын дунд илүүдэл зурвасын шударга хуваарилалтыг хангах болно.

SE болон FE нь хоорондоо ялгаатай гэдгийг анхаарах хэрэгтэй. SE нь хэдийгээр зурвасын өргөний хуваарилалтыг шударгаар хангах боловч аль нэг ачаалал ихтэй ONU-ийн хүсэлтийг биелүүлэхгүй байж болох юм. Нөгөө талаар, хэрэв хангалттай илүүдэл зурвасын өргөн байгаа бол SE нь их ачаалалтай ONU-ийн хэрэгцээг итгэлтэйгээр хангадаг боловч нийт илүүдэл зурвасын өргөн нь бүрэн ашиглагдаж байгаа тохиолдолд бүх ONU-уудынхыг хангаж чадахгүй.

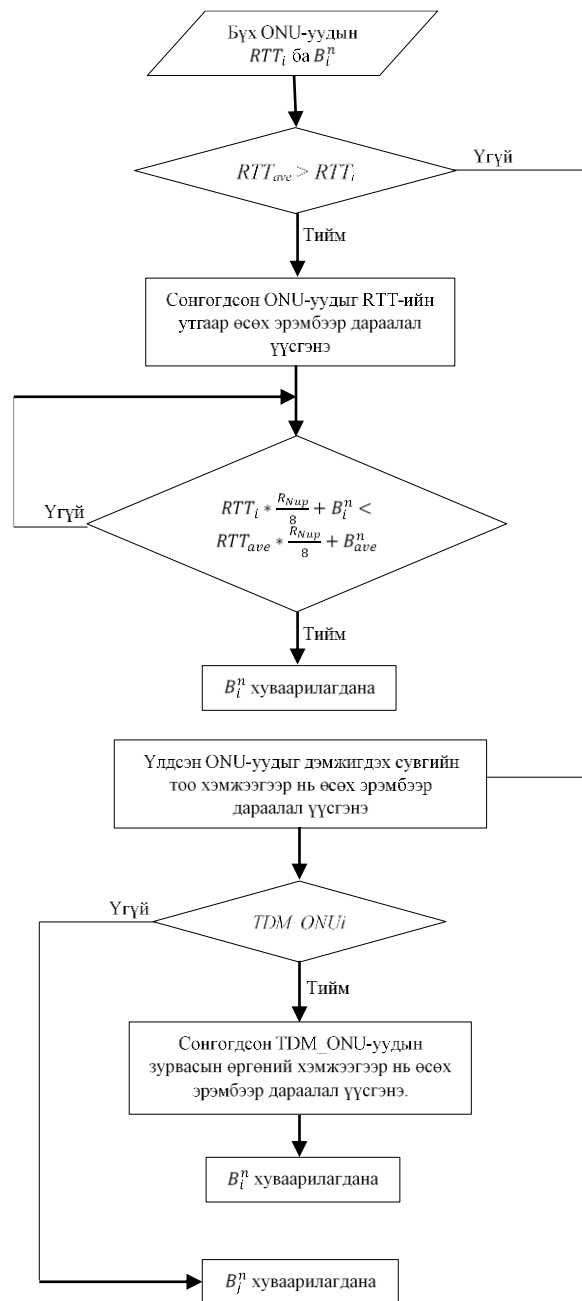
### V. ДИНАМИК ДОЛГИОНЫ УРТЫН ХОЁР ШАТНЫ ХУВААРИЛАЛТ

Тухайн “n” дүгээр циклд долгионы уртын хуваарилалт хийгдэхээс өмнө OLT нь өмнөх буюу “n-1” дүгээр циклд бүх ONU-уудаас REPORT мессеж хүлээн авсан байна. Дараа нь OLT дээр ONU бүрийн зурвасын өргөнийг хуваарилах алгоритм ажилладаг. Ингэснээр “n” дүгээр циклд ONU бүрд ямар хэмжээний зурвасын өргөн хуваарилагдахыг тооцож, энэ мэдээллийг GATE мессежээр илгээнэ. Зурвасын өргөнийг үр ашигтайгаар хуваарилах алгоритмын ажиллагааг нэгдүгээр хэсэгт үзүүлсэн байгаа.

Динамик долгионы уртын хуваарилалтанд долгионы уртын сувгуудын ( $\lambda$  – ууд) Grant-уудыг шат болгонд хуваарилахдаа өөр өөр хуваарилалтын бодлого хэрэглэдэг 2 шатны DWA алгоритмыг санал болгож байна [2].

### VI. НЭГДҮГЭЭР ШАТ

Эхний шатанд эхлээд хамгийн бага тархалтын сааталтай ONU-г өөрөөр хэлбэл OLT-ээс хамгийн ойрхон зайд байрлах ONU-г сонгоно, ингэхдээ OLT дээр урьдчилан бодогдчихсон байгаа OLT –ээс бүх ONU-ууд хүртэлх зайнуудын дундаж утгатай харьцуулна. Энэ дундаж утгаас бага байх  $ONU_i$  –ийн зурвасын өргөн нь тухайн  $ONU_i$  –г дэмжих долгионы урт дээр эхэлж хуваарилагдана. Хэрэв дээрх нөхцөлийг



Зураг 2. Динамик долгионы уртын хоёр шатны хуваарилалтын алгоритм

нэгээс олон ONU-ууд хангаж байвал шаардлага хангасан  $ONU_i$  тус бүрийн цонхны хэмжээ буюу зурвасын өргөний байтуудыг харьцуулж тэдгээрээс хамгийн бага хэмжээтэйгээс нь эхлэн дэмжигдэх боломжтой долгионы уртуудын эхний боломжуудад хуваарилна.

### VII. ХОЁРДУГААР ШАТ

Харин дараагийн шатанд үлдсэн ONU-уудаас олон долгионы уртын суваг дээр дэмжигдэхгүй, зөвхөн нэг долгионы уртын суваг ашиглах ONU-уудыг түрүүлж сонгоно. Хэрэв энэ сонголтонд нэгээс олон ONU-ууд сонгогдвол сонгогдсон  $ONU_i$  бүрийн зурвасын өргөний хэмжээг харьцуулна. Ингээд бага хэмжээтэйгээс нь

Хүснэгт 1. ONU-уудад олгогдсон зурвасын өргөн, RTT ба дэмжигдэх долгионы уртууд

ONU	Дэмжиг- дэх долгион ы урт	OLT-ээс ONU хүртэлх зай		Хуваарилагдсан зурвасын өргөний хэмжээ	
		км	RTT (мкс)	байт	Үргэлж- лэх хугацаа (мкс)
ONU1	λ1	5	50	7500	60
ONU2	λ1, λ2, λ3	13	100	26250	210
ONU3	λ1, λ2, λ3	17	120	7500	60
ONU4	λ1, λ2, λ3	8	80	15000	120
ONU5	λ1, λ2, λ3	15	150	6250	50
ONU6	λ1	15	150	15000	120
ONU7	λ1, λ2, λ3	8	80	16250	130
ONU8	λ1	20	200	12500	100
Дундаж		12.6	116.3	13281.3	106.3

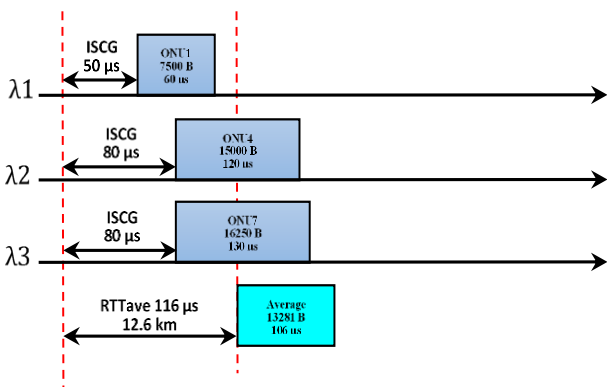
эхлэн тухайн дэмжигдэх долгионы уртын эхний боломжуудад хуваарилна.

Эцэст нь хуваарилагдчихсан байгаа ONU<sub>i</sub> –уудыг тухайн долгионы урт дээр RTT-ийн өсөх дарааллаар нь дахин байрлуулж бас болдог.

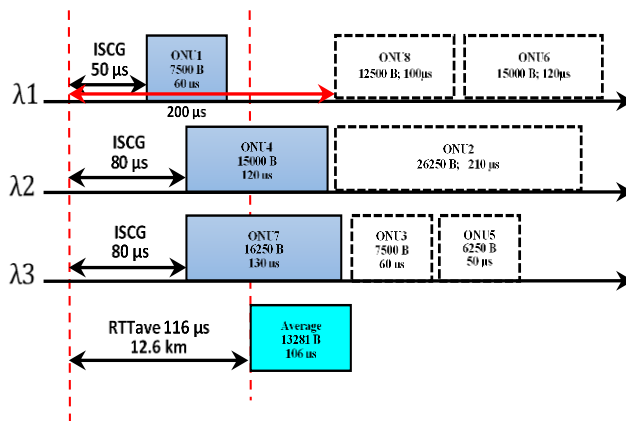
Энэхүү динамик долгионы уртын хоёр шатны хуваарилалтын алгоритмыг зураг 2-т үзүүлэв.

### VIII. ДИНАМИК ХУВААРИЛАЛТЫН АРГЫН ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

Дээрх хуваарилалтын аргуудыг 8 ONU-тай хандалтын сүлжээнд тооцож үзэв. “n-1” циклд OLT нь эдгээр 8 ONU-аас REPORT мессежээр илгээсэн тэдний хүсэлтийг хүлээн авч, дараа нь ONU бүрийн зурвасын өргөнийг хуваарилах алгоритм ажиллаж дараагийн буюу “n” дүгээр циклд ONU тус бүрийн дамжуулах байтын хэмжээг урьдчилан тооцно. Энэхүү зурвасын өргөнийг хуваарилах алгоритмаар ONU1-ээс ONU8 тус бүрд хуваарилагдсан зурвасын өргөний хэмжээ нь хүснэгт 1-д тусгагдсан байгаа. Хүснэгт 1-ээс ONU тус бүр нь OLT-ээс ямар зайд байрлах, ONU тус бүрд дэмжигдэх буюу тэдний ашиглах боломжтой долгионы уртууд, мөн хуваарилагдсан зурвасын



Зураг 3. Долгионы уртын нэгдүгээр шатны хуваарилалт



Зураг 4. Долгионы уртын хоёрдугаар шатны хуваарилалт

өргөний хэмжээг байтаар мөн мкс-ээр харах боломжтой.

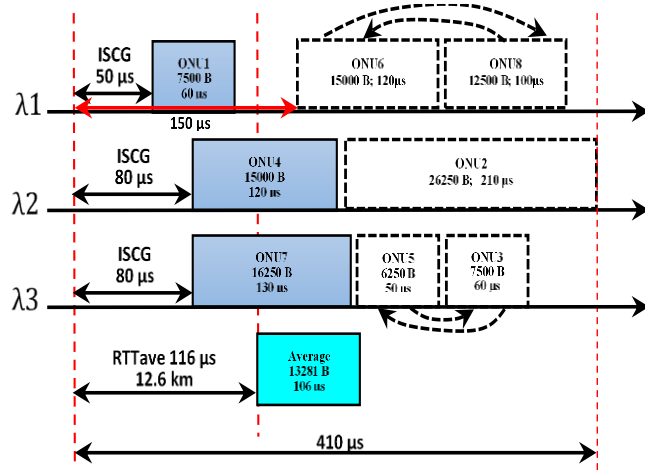
ONU1-ээс ONU8-д хуваарилагдсан зурвасын өргөн өөрөөр хэлбэл бүх ONU-уудын дамжуулах цонхыг долгионы уртууд дээр хуваарилахдаа үр ашигтай хуваарилахыг зорьсон. Иймээс долгионы уртуудыг хуваарилах (DWA) алгоритмын оновчтой хувилбар болох зураг 2-т үзүүлсэн 2 шатны хуваарилалтын аргыг хэрэглэв. Үүний тулд эхлээд OLT-ээс бүх ONU хүртэлх зайг тэдгээр зайнуудын дундажтай харьцуулж, дундажаас бага зайд байгаа ONU-уудыг тэдгээрийг дэмжигдэх долгионы урт дээр хуваарилна [2].

Нэгдүгээр шатны хуваарилалтаар 8 ONU-гаас

ONU1, ONU4, ONU7 нь дундаж зай болох 12.6 км-ээс бага зайд орших тул тус тусынхаа долгионы уртад хуваарилагдана. Нэгдүгээр шатны хуваарилалтын үр дүнг зураг 3-т үзүүлэв.

Хоёрдугаар шатны хуваарилалтаар үлдсэн 5 ONU-аас ONU6, ONU8-ууд нь Least Flexible Job буюу TDM-ONU (LFJ w/SPT), эдгээр нь зөвхөн нэгдүгээр долгионы уртыг дэмжих тул ONU6, ONU8-ууд нь λ1 дээр хуваарилагдана. Эдгээр 2 ONU нь хоёулаа нэг долгионы уртыг дэмжих тул ONU6 болон ONU8-уудад хуваарилагдсан зурвасын өргөний хэмжээг авч үзнэ. ONU8-д хуваарилагдсан байтын хэмжээ нь

ONU6-ийнхаас бага хэмжээтэй тул эхлээд ONU8 дараа нь ONU6 нэгдүгээр долгионы урт (λ1) дээр



Зураг 5. Дахин эрэмбэлэлтийн дараах хуваарилалт

хуваарилагдана. Харин бусад үлдсэн ONU-ууд (өөрөөр хэлбэл ONU2, ONU3, ONU5) нь бүгд олон долгионы уртыг дэмжих ( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ) WDM-ONU тул тэдгээрийг  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  долгионы уртуудын аль нэгнийг нь хамгийн боломжит хувилбаруудад хуваарилна.

Одоо ONU2-ээс эхлэн хуваарилъя.  $\lambda_1$  долгионы урт дээр хуваарилах боломжтой хэдий ч ONU8, ONU6 нь хэдийнээ  $\lambda_1$  дээр хуваарилагдчихсан байгаа. Харин бид Earliest Available Supported Channel (EASC)-г сонгох ёстой. Иймээс  $\lambda_1$  нь боломжгүй юм.  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  долгионы уртуудаас аль нь Earliest Available Supported Channel (EASC) болохыг нь тодорхойлж үзвэл  $\lambda_3$  нь  $\lambda_2$ -оосоо 10мксек-р хоцрогдолтой тул  $\lambda_2$  нь EASC болно. Ингээд ONU2-ийг  $\lambda_2$  дээр хуваарилна. Одоо EASC нь зөвхөн  $\lambda_3$  тул ONU3, ONU5-ууд нь  $\lambda_3$  дээр хуваарилагдана. Энэхүү хоёрдугаар шатны хуваарилалтыг зураг 4-т үзүүлэв.

Хоёр шатны хуваарилалт хийгдсэний дараа зурвасын өргөнийг үр ашигтай байлгах үүднээс долгионы урт тус бүр дээр хуваарилагдсан зурвасын өргөнүүдийг тухайн долгионы уртууд дээр RTT-ээр нь дахин эрэмбэлдэг. Дээрх жишээний хувьд  $\lambda_1$ ,  $\lambda_3$  долгионы уртын сувгууд дээр зурвасын өргөнүүдийг дахин эрэмбэлсэн байгааг зураг 5-аас харах боломжтой. Зураг 4-өөс харахад нийт 8 ONU-г хоёр шатны хуваарилалтын аргаар хуваарилсны дараа  $\lambda_1$  долгионы урт дээрх зурвас бусад долгионы уртууд дээрх зурвасын өргөнөөс хамгийн их байгаа нь харагдаж байна. Харин ONU тус бүрийн долгионы тархалтын саатлаар дахин эрэмбэлэгдсний дараа  $\lambda_1$  долгионы урт дээрх ONU1 болон ONU8 хоёрын хоорондох үр ашиггүй зурвасын хэмжээ багассаныг зураг 5-аас харж болно.

### ДҮГНЭЛТ

Өнөө үед мэдээлэл холбооны салбар асар хурдтай хөгжиж байна. Тиймээс хэрэглэгчдийн хэрэгцээ шаардлагад тулгуурласан үйлчилгээнүүд нь зурвасын өргөнийг ихээр шаардаж байгаа тул одоо хэрэглэгдэж байгаа зурвасын өргөний хуваарилалтын үр ашгийг дээшлүүлж, хэрэглэгчдийн үйлчилгээний төрөлд нийцүүлэн зурвасын өргөнийг тэгш хуваарилах, илүү уян хатан үр ашигтай хуваарилалт шаардлагатай байдаг. Иймээс оптик хэрэглэгчийн сүлжээнд ашиглагдаж байгаа динамик зурвасын өргөний хуваарилалт, илүүдэл зурвасыг хуваарилах алгоритмуудыг судалж тэдгээрээс хамгийн үр дүнтэй нь буюу илүүдэл зурвасыг тэгш хуваарилах алгоритмыг сонгон туршилт хийж гүйцэтгэв.

Тогтмол хуваарилалтын алгоритм нь зурвас хуваарилалтын хамгийн энгийн шийдэл бөгөөд зурвасын ашиглалт сул талтай байдаг. Энэ хязгаарлагдмал хуваарилалтын алгоритмын зурвасын хуваарилалт нь хялбар боловч зурвас үр ашиггүй

зарцуулагдах, ашиглах боломжтой илүүдэл зурвасыг ашигладаггүй байна. Зөвшөөрөгдсөн хуваарилалтын алгоритм нь хэрэглэгчийн хүссэн зурвасыг хангаж чадах боловч циклийн дамжууллын дундаж саатал ихсэх ба дараагийн циклийн хүсэлт саатдаг дутагдалтай.

Илүүдэл зурвасыг хяналтгүй хуваарилах (UE) алгоритм нь их ачаалалтай ONU-ууд тэдгээрийн өндөр шаардлагыг хангаж чадахуйц хангалттай зурвас оноох мөн зарим их ачаалалтай ONU-д их эсвэл бага зурвас оногдох учраас зурвас ашиглалт үр ашиггүй зарцуулагдана.

Харин илүүдэл зурвасыг тэгш хуваарилах (FE) алгоритм нь зурвас ашиглалт хамгийн үр ашигтай, зурвасыг тэгш хуваарилах ба дамжууллын циклийн дундаж саатал хамгийн бага байдаг зурвас хуваарилалтанд хамгийн тохиромжтой арга юм. Энэхүү хуваарилалт нь хэрэглэгчийн хүсэлтийг бүрэн хангаж чадах хамгийн зөв шийдэл бөгөөд их ачаалалтай ONU-уудын хүсэлтэнд илүүдэл зурвасын өргөнийг тэгш хуваарилах, сувгийн зурвасын ашиглалт үр ашигтай зарцуулагдах ба тухайн циклийн дундаж саатал нь хамгийн бага байдаг байна.

Динамик долгионы урт ба зурвасын өргөнийг хуваарилах алгоритмыг боловсруулж хөгжүүлэх нь төрөл бүрийн PON сүлжээнд бүх долгионы уртын сувгуудад хандах, улмаар сүлжээний дээш урсгалын зурвас ашиглалтыг нэмэгдүүлж, үйлчилгээний чанарыг сайжруулах явдал юм.

Энэхүү судалгаагаар динамик долгионы урт ба зурвасын өргөнийг хуваарилах алгоритмуудыг судалж, тэдгээрээс зурвасын өргөнийг хуваарилахад илүүдэл зурвасыг тэгш хуваарилах алгоритм, мөн долгионы уртыг хуваарилахад 2 шатны хуваарилалтын арга нь хамгийн оновчтой алгоритмууд гэдгийг санал болгож байна.

### АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Ahmad R.Dhaini and Chadi M.Assi, "Dynamic Wavelength and Bandwidth Allocation in Hybrid TDM/WDM EPON Networks" Journal of Lightwave Technology, Vol, 25, No.1, January 2007
- [2] Ganbold Shagdar, Junsu Kim, Chang-Soo Park, "Wavelength Channel Minimization-based Energy-aware Mechanism in a Multichannel EPON", Photonic Network Communications, Vol 32, August 2016
- [3] Chengjin Li et.al., "An Enhanced DWBA Algorithm in Hybrid WDM/TDM EPON Networks with heterogeneous propagation delays" Proc. of SPIE-OSA-IEEE Asia Communications and Photonics, SPIE Vol.8310, 2011
- [4] Z.Zeng et.al., "An Enhanced Dynamic Wavelength and Bandwidth Allocation Method in WDM-EPON", Proc.of SPIE-OSA-IEEE Asia Communications and Photonics, 2009