Deloitte.

REPUBLIC OF MACEDONIA
AGENCY FOR
ELECTRONIC COMMUNICATIONS

Агенција за електронски комуникации

Почетен извештај за развој на Bottom-Up LRIC модел за битстрим услуги

СОДРЖИНА

1 ВОВЕД

1.1 Bottom-Up моделирање

1.1 Bottom-Up се базира на мрежни инженерски модели кои користат најнова технологија на ефикасен начин. Бидејќи bottom-up пристапот користи инженерски модели, не мора да се базира на постоечката мрежна топологија на операторот; најчесто и нема. Нема да има ни потреба да се подмири со сметките на операторот. Поради тоа, bottom-up пристапот не се базира врз основа на трошоци, односно, нема да се базира на фактичките трошоци направени од страна на операторот.

1.2 Бидејќи bottom-up пристапот се базира на мрежни инженерски модели кои користат најнова технологија, ја пресметува цената на основа на тековните трошоци. Тоа значи, трошоците за централа и опрема што спаѓаат во bottom-up моделите, се трошоци кои се подмируваатденес.

1.3 Треба да се напомене дека на почетокот на bottom-up пристапот се гради теоретски и многу упростен модел на мрежа. Не може да се очекува да се свати комплексноста на вистинска телекомуникациска мрежа. Нема да може ни да се тестира моделот на начин како што се тестира прототип на некоја кола, на пример. Единствениот тест што може да се изврши е дијагностички тест.

1.2 Капитални издатоци

1.4 Бидејќи bottom-up моделите градат целосно нова мрежа, не може да се користи традиционален сметководствен пристап за да се пресметаат капиталните издатоци. Тоа е така бидејќи кај сметководственото пристап за пресметување на капиталните издатоци треба првин да се пресмета амортизацијата. Но, во bottom-up модел нема амортизација бидејќи мрежата е целосно нова.

1.5 Ануитетниот пристап го пресметува трошокот за амортизација и трошоците за финансирање со поставување на трошоците, дека, по дисконтирањето, трошоците на средството обезбедуваат поврат во еднакви износи. Вкупниот трошок за капитални издатоци ќе биде заснован на моделот на бруто замена на трошоците - Gross Replacement Cost (GRC) на соодветното средство и ќе бидат засновани на годишна основа според следнава формула:

$$(1.1)\ \text{Annual capital charge} = \text{GRC x} \frac{\text{WACC}}{\left(1 - \left(\frac{1}{(1+\text{WACC})^{t}}\right)\right)}$$

каде t е животен век на средството, а WACC е пондериран просечен трошок на капиталот -Weighted Average Cost of Capital.

1.6 Поради тоа, ануитетот ќе биде еднаков во секој поединечен период и ќе ги содржи пред се, трошоците за финансирање на почетокот на периодот, пребивајќи се со трошоците за амортизација во подоцнежниот период (или со отплата на главницата).

1.7 Доколку се очекува цената на средството да расте во текот на определен временски период, подобро е да се примени ануитетниот пристап. Овој пристап го пресметува трошокот за ануитет во еднакви износи кои се во согласност со очекуваната промена на цената на средството. Ова резултира во опаѓачки ануитетни отплати, доколку се очекува трошоците да опаѓаат со тек на време.

$$(1.2)\ \text{Annual capital charge} = \text{GRC x}\ \frac{\text{WACC} - \text{p}}{\left(1 - \left(\frac{(1+\text{p})}{(1+\text{WACC})^{t}}\right)\right)}$$

каде p е рата на промена на цена.

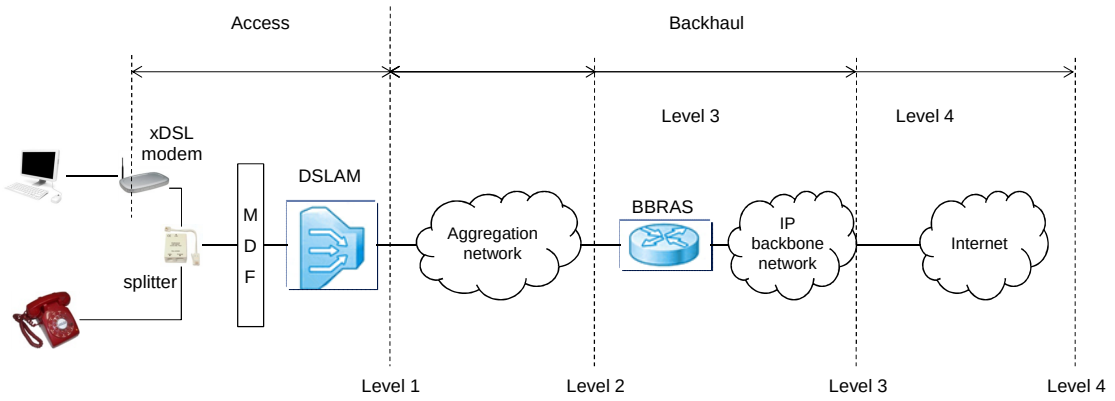
1.8 Предлагаме да се користи ануитетен пристап за пресметување на капиталните издатоци.

1.3 Покриени услуги

1.9 Овој дел ги опишува услугите кој ги покрива овој модел и ангажманот.

1.10 Моделот ќе поддржува LRIC и LRIC+ пресметка на трошоци за 4 (четири) нивоа на битстрим како што е дефинирано во основната позиција на ERG (ERG (03) 33rev2). Нивоата се прикажани и објаснети подолу.

Фигура-1.1 Различни нивоа на битстрим



Основната позиција на ERG ги опишува следните битстрим нивоа на пристап за големопродажба:

1) Ниво 1: DSLAM[1] пристап – операторот ги доставува DSL врските за пристап и го предава битстримот до новиот учесник директно преку DSLAM. Во оваа опција, учесникот е директно присутен кај DSLAM и го обезбедува произлезениот производ. Ова му овозможува да се разликува според производот, но потребни се големи инвестиции поради присутноста кај секој DSLAM.

[1] Иако јазолот за пристап може да биде и MSAN, за поедноставно, DSLAM се користи во ова поглавје.

2) Ниво 2: агрегациска мрежа – новиот учесник се поврзува со мрежата на операторот на агрегациска точка позади DSLAM со што се намалува бројот на точки кај кои учесникот мора да биде присутен. Во ова сценарио, новиот учесник користи поголем дел од мрежата на операторот, но сеуште може да го контролира квалитетот на услугата бидејќи користи свој BRAS сервер како дел од бекхаул.
3) Ниво 3: IP ниво – во ова сценарио, точката на демаркација се наоѓа кај/по IP мрежата. Сообраќајот поминува само преку менаџирана IP мрежа и операторот го контролира BRAS.
4) Ниво 4: неменаџиран IP – во ова сценарио учесникот само го брендира, продава и наплаќа производот. Нема контрола над техничките карактеристики и всушност само обезбедува препродажба.

1.11 Пред детално објаснување за моделираните услуги, потребно е да се забележи дека кабелската мрежа за пристап не ја покрива овој модел. Наместо тоа, цените за пристап преку кабли до DSLAM/MSAN јазолот за пристап ќе се базира на цени кои се претходно одредени од страна на Агенцијата.

1.12 Ниво 1 битстрим ќе се моделира на следниот начин:
- Точките за пристап до мрежата за алтернативен оператор ќе бидат на DSLAM и пристапниот линк на бекхаул услугата ќе се базира на Етернет технологија.
- Наплатата за пристап на крајните корисници во локалната јамка нема да се пресметува, туку ќе се земе од RUO.
- Сплитерите од корисничките простории и NTE за поголем пропусен опсег ќе ги достави алтернативниот оператор.

1.13 Ниво 1 битстрим ги содржи следните мрежни компоненти:
- Пристапен линк на битстрим од почетниот ODF до DSLAM
- DSLAM картичка на порта
- Мрежата за пристап во локалната јамка (цените се земени од RUO) без CPE

1.14 Врз основа на искуството од други земји, наше гледиште е дека ниво 1 битстрим не е економски прифатливо за алтернативите оператори ако не постои понуда за разврзување (ULL и заеднички пристап), а не е ни важно за пазарот. Ако се земат во предвид потенцијалните потреби за инвестиции од SMP, во рамките на овој процес нема да се опфати одредувањето на цената за битстрим ниво 1, иако моделот ќе ги поддржува и пресметува трошоците за него.

1.15 Ниво 2 битстрим ќе се моделира на следниот начин:
- Точките за пристап до мрежата за алтернативен оператор ќе бидат на агрегациската мрежа и битстрим врските ќе се базираат на Етернет технологија.
- Агрегациската мрежа ќе се наплаќа по потребниот капацитет за да се овозможи пристап до корисниците на алтернативниот оператор во соодветниот агрегациски дел од мрежата од точките за пристап до мрежата.
- Наплатата за пристап на крајните корисници во локалната јамка нема да се пресметува и ќе се земе од RUO.
- Сплитерите од корисничките простории и NTE треба да ги обезбеди алтернативниот оператор.
- BRAS серверот (Broadband Remote Access Server) го обезбедува алтернативниот оператор.
- Капацитетот на битстрим пристапниот линк ќе биде поголем или еднаков со резервираниот капацитет во бекхаул. Ова му овозможува на алтернатиовниот оператор да ги оптимизира трошоците во однос на планираното проширување. Нема да се претпостави сооднос на концентрираност за битстрим врските, па АО е

одговорен за најдобриот можен квалитет на интернет услугите кои треба да ги добијат крајните корисници.

1.16 Ниво 2 битстрим ќе се моделира со и без PSTN претплата (“самостоен битстрим”).

1.17 Ниво 2 битстрим ги содржи следните мрежни компоненти:

- Пристапен линк на битстрим од почетниот ODF до порта тата на јазлите на агрегациската мрежа
- Капацитет на агрегациската мрежа до DSLAM
- DSLAM (аплинк и картички на порта)
- Мрежата за пристап во локалната јамка (цените се земени од RUO) без CPE

1.18 Ниво 3 битстрим ќе се моделира на следниот начин:

- Точката за пристап до мрежата за алтернативниот оператор ќе се наоѓаат на основната мрежата и пристапниот линк на битстрим ќе се базира на Етернет технологија.
- Капацитивната мрежа (основната и агрегациската) ќе се наплаќа по потребниот капацитет за да се обезбедат услуги до крајните корисници од алтернативните оператори.
- Опционално, BRAS јазол посветен за алтернативниот оператор – види објаснување во следната точка.
- Наплатата за пристап на крајните корисници во локалната јамка нема да се пресметува, туку ќе се земе од RUO.
- Сплитерите и NTE ќе бидат обезбедени од алтернативниот оператор.
- Капацитетот на битстрим пристапниот линк ќе биде поголем или еднаков со капацитетот резервиран во бекхаулот. Ова му овозможува на алтернатиовниот оператор да ги оптимизира трошоците во однос на планираното проширување. Нема да се претпостави сооднос на концентрираност за битстрим пристапниот линк, па АО е само одговорен за најдобриот можен квалитет на интернет услугите кои треба да ги добијат крајните корисници.

1.19 Ниво 3 ќе се моделира во две варијанти: i) со BRAS јазол обезбеден од SMP; ii) со BRAS јазол обезбеден од алтернативниот оператор. Ова значи дека ниво 3 битстрим ќе се обезбедува како OSI stack Layer 2 услуга, но на ниво на основната мрежа. Достапноста на оваа услуга е предмет на техничките и безбедносните потреби на SMP операторот.

1.20 Ниво 3 битстрим ќе се моделира со и без PSTN претплата (“самостоен битстрим”).

1.21 Ниво 3 битстрим ги вклучува следните мрежни компоненти:

- Битстрим пристапен линк од почетниот ODF до порта на јазол на основната мрежа
- Капацитетот на основната и агрегациската мрежа до DSLAM
- BRAS јазол (опционално – види погоре)
- DSLAM (uplink and port cards)
- Мрежата за пристап во локалната јамка (цените се земени од RUO) без CPE

1.22 Моделот ги покрива трите основни класи на услуги: Интернет пристап, VoIP и IPTV.

1.23 Сите овие услуги ќе се моделираат со истиот QoS и факторите за пребукираност кои ги користи SMP за своите крајни корисници.

1.24 За Интернет пристап, единствената неопходна услуга за секој краен корисник, ќе биде услуга со најдобар можен квалитет.

1.25 VoIP услугата ќе се моделира како дополнителен канал по корисник со загарантиран QoS во агрегациската, основната и пристапната мрежа. VoIP услугата ќе се моделира на следниот начин:

- Терминална опрема ќе обезбеди алтернативниот оператор (пр. IP телефон, Софтфон).
- VoIP каналот ќе има капацитет од CBR 1000 ќелии по секунда во делот за пристап.
- 256kbps/256kbps (downlink/uplink) пропусност по корисник – агрегациска мрежа и, на ниво 3 битстрим, основна мрежа.
- Битстрим врска за пристап за VoIP ќе биде виртуелна врска овозможена преку истата физичка битстрим пристапен линк која се користи кај Интернет услугата. VoIP битстрим пристапен линк ќе биде симетрична врска со капацитет кој се пресметува на начинот опишан подолу. Овој капацитет ќе биде дополнителен капацитет на оној потребен за Интернет услугата.

- Факторот за пребукирање применет на пропусноста и VoIP битстрим пристапен линк ќе бидат 1:5. Оттаму, капацитетот резервиран за VoIP сообраќајот во бекхаул и преку битстрим пристапниот линк се пресметува според следната формула:

  BW = n*256kbps/5;

  каде n е бројот на претплатници кои користат VoIP услуги.

1.26 VoIP услугите ќе се моделираат за ниво 2 и 3 бистрим.

1.27 IPTV multicast услугите ќе се моделираат како дополнителен канал по корисник со загарантиран QoS во агрегациската, основната и пристапната мрежа. IPTV multicast услугата ќе се моделира на следниот начин:

- Терминална опрема ќе обезбеди алтернативниот оператор (e.g. STB).
- Содржината ќе ја обезбеди алтернативниот оператор.
- Вкупната резервирана пропусност во мрежата ќе се пресмета во зависност од бројот на SD и HD канали кои ќе ги обезбеди операторот.
- Резервираната пропусност по SD и HD канал ќе биде капацитетот да се овозможи пренос на TV каналите со ист квалитет каков што SMP им овозможува на своите корисници.
- Битстрим пристапниот линк за IPTV ќе биде виртуелна врска овозможена преку истиот физичка битстрим пристапен линк кој се користи кај Интернет услугата. Капацитетот на врската резервиран за IPTV ќе биде еднаков со основниот капацитет резервиран во бекхаул за IPTV. Овој капацитет е дополнителен капацитет на оној потребен за Интернет услугата.

1.28 IPTV multicast услугите ќе се моделираат за ниво 2 и 3 бистрим.

1.29 IPTV multicast SD каналите ќе се наплаќаат со зголемување од 10 и HD каналите со зголемување од 5 канали.

1.30 VoD услугата ќе се моделира како дополнителен канал по корисник и по канал со загарантиран QoS во агрегациската, основната и пристапната мрежа. VoD услугата ќе се моделира на следниот начин:

- Терминална опрема ќе обезбеди алтернативниот оператор (e.g. STB).
- Содржината ќе ја обезбеди алтернативниот оператор.
- Вкупната резервирана пропусност во мрежата ќе се пресмета во зависност од бројот на корисници и бројот на SD и HD канали кои ќе ги обезбеди операторот.

- Резервираната пропусност по SD и HD канал ќе биде со капацитет со цел да се овозможи пренос на TV каналите со ист квалитет каков што SMP им овозможува на своите корисници.
- Битстрим пристапен линк за VoD ќе биде виртуелна врска овозможена преку ист физички битстрим пристапен линк кој се користи кај Интернет услугата. Капацитетот на врската резервиран за VoD ќе биде еднаков со основниот капацитет резервиран за VoD. Овој капацитет е дополнителен капацитет на оној потребен за Интернет услугата.

1.31 VoIP, IPTV и VoD услугите ќе се моделираат како дополнителни услуги на Интернет услугата. Во однос на ова, дополнителните канали за VoIP, IPTV и VoD услугите нема да користат дополнителни физички елементи од мрежата освен дополнителна пропусност со загарантирано QoS.

1.32 Во согласност со претходните точки, формирање на цена за ниво 2 и 3 бистстрим ќе се структурира на следниот начин:
- Пристап по краен корисник во зависност од пропусноста
- Опционален дополнителен VoIP канал по корисник
- Опционален дополнителен IPTV канал по корисник со фиксен број на SD и HD канали
- Опционален дополнителен VoD канал по корисник и по SD и HD канал
- Врска за пристап до мрежата во зависност од пропусноста и оддалеченоста на врската (објаснето подолу)

1.33 Треба исто така да се забележи од претходните точки дека истиот физичка битстрим пристапен линк ќе се користи за сите услуги (Интернет услуга, VoIP, IPTV и VoD). Ова значи дека SMP операторот нема да наплаќа дополнително за овој VoIP, IPTV и VoD битстрим пристапен линк

1.34 Моделот ќе поддржува брзината на корисничкиот пристап од 1Mbps до 16Mbps со 1Mbps зголемувања за downlink, 256kbps до 1024kbps за uplink.

1.35 За битстрим пристапниот линк за алтернативниот оператор ќе биде формирана цена според брзината и должината на врската.

1.36 Брзини на линковите кои ќе се моделираат се следните:
- 100Mbps
- 1Gbps
- 10Gbps

1.37 Должините на линкот кои ќе се моделираат се следните:
- До 60m – во линкот на зградата
- Од 60m до 2km
- Од 2km до 10km со инкремент од 1km
- Од 10km до 60km со инкремент од 10km

1.38 Ниво 4 ќе биде имитација на SMP понудата, но ќе се обезбедува само брза интернет услуга без QoS гарантираните канали за VoIP, IPTV или VoD.

1.39 Формирањето на цените за ниво 4 ќе се моделира како еден елемент по корисник и профил за пристап.

1.40 Поддржаните профили за пристап ќе бидат оние кои се тековно во малопродажната понуда на SMP.

1.4 Пресметка на WACC

1.41 WACC нема да се пресметува за овој проект. Наместо тоа, WACC ќе изнесува 13.4% како претходниот WACC пресметан од страна на Агенцијата.

2 ДОЛГОРОЧНИ ИНКРЕМЕНТАЛНИ ТРОШОЦИ (LRIC)

2.1 Вовед

2.1 Трошоците кои се евидентирани во книгите на операторот се разликуваат од услугата која ја купува претплатникот. Најпрво, трошоците се капитализираат/евидентираат како фиксни средства и оперативни трошоци, соодветно. Потоа, овие трошоци се алоцираат на мрежните компоненти - Network Components (NC). NC се носечки блокови кои што ги градат малопродажни /големопродажни услуги. Овие трошоци се алоцираат на NC со примена на методот на трошок-волумен однос - Cost-Volume Relationships (CVR). Резултат од примена на овој метод е трошокот по NC. Како краен резултат, трошокот по единица NC (одн. трошокот по минута) се пресметува со примена на фактори за рутата. При пресметување на трошокот за услуга или сетот на услуги со примена на LRIC, најпрво се пресметува трошокот по единица NC (или сет од NC).

2.2 Што се подразбира под долгорочни а што под инкрементални трошоци? За да ги дефинираме долгорочните трошоци, најпрво треба да ги дефинираме краткорочните трошоци.

2.2 Краткорочни трошоци

2.3 Да земеме на пример фирма која произведува еден вид на услуга каде се содржани трошоците за директен труд, материјали и опрема. Краткорочен трошок се дефинира како временскиот период во кој барем еден влез е трошок од фиксен карактер. Најчесто, овој фиксен трошок е трошокот за опрема кој се поистоветува со капацитетот. Доколку на пример, фирмата земе зграда на 7-годишен лизинг, тогаш трошокот по метар квадратен е фиксен трошок а краткорочен трошок ќе се дефинира трошокот за седум години минус еден ден. Поради тоа, карактеристично е дека краткорочниот трошок е капацитет кој не може да се промени.

2.4 Влезот кој не е фиксен трошок, во моделот за краткорочниот трошок се смета за варијабилен трошок. Пример за варијабилен трошок е потрошокот на електрична енергија. Трудот пак, не секогаш е варијабилен трошок. Трошокот за труд вообичаено се мери со бројот на потрошени работни часови а варијабилниот карактер е во рамки на потрошените работни часови. Трошокот за работна сила кој се пресметува на годишна основа може да варира само во рамки на 2.000 работни часа и истиот се смета за инкрементален[2] трошок. Според тоа, во моделот short run, промените во излезниот производ (излез) може да се усогласат само со оние промени од влезни трошоци (влез) кои се од варијабилен карактер и каде што максималниот потенцијален волумен на излез е одреден од капацитетот на фиксниот инпут.

Краткорочни трошоци - Short Run

2.5 Со оглед на тоа што во краток временски период некои од влезните трошоци се од фиксен карактер, трошоците кои се однесуваат на фиксен влез се сметаат за фиксни трошоци - Fixed Costs (FC). Тие настануваат без оглед на волуменот на производство и не варираат во зависност од излезот.

[2] (8 часа/дневно) X (5 дена/неделно) = 2.000 работни часа годишно, по работник

2.6 Од друга страна пак, трошоците придружени со варијабилните инпути по дефиниција варираат со излезот. Значи, краткорочните трошоци кои варираат во зависност од излезот се краткорочни варијабилни трошоци - Short Run Variable Costs (SRVC). Просечните краткорочни варијабилни трошоци - Short Run Average Variable Costs (SRAVC) се одредуваат преку краткорочните варијабилни трошоци поделени со севкупниот волумен на аутпут.

2.7 Со оглед на тоа што ги дефиниравме фиксните и варијабилните трошоци, краткорочните вкупни трошоци - Short Run Total Costs (SRTC) се дефинираат како збир на фиксните и краткорочните варијабилни трошоци[3].

2.8 Понатаму ќе ги дефинираме:

- Краткорочните просечни инкрементални трошоци - Short Run Average Incremental Cost (SRAIC);
- Краткорочните маргинални трошоци - Short Run Marginal Cost (SRMC); and
- Краткорочните просечни трошоци - Short Run Average Cost (SRAC).

2.3 Краткорочни просечни инкрементални трошоци - Short Run Average Incremental Cost (SRAIC)

2.9 Краткорочните просечни инкрементални трошоци (SRAIC) за оваа цел ги дефинираме како инкрементално зголемување на излезот настанат како резултат на зголемените краткорочни вкупни трошоци, поделени со инкрементот.[4] Ова го означуваме со $SRAIC_{\Delta Q}$. Во случај кога вкупниот производ е инкремент, $SRAIC_{\Delta Q}$ го означуваме како $SRAIC_Q$. Бидејќи по дефиниција фиксните трошоци не се менуваат во зависност од произведената количина, $SRAIC_{\Delta Q}$ може да се дефинира како еквивалент на зголемениот SRVC кој произлегува од зголемениот излез на некој инкремент, поделен со истиот инкремент.

2.10 Краткорочните маргинални трошоци - Short Run Marginal Cost (SRMC) се дефинираат како зголемување на вкупните краткорочни трошоци - SRTC настанати како резултат на зголемен излез од една единица производство. Ова произлегува од дефиницијата на SRAIC дека $SRAIC_{\Delta Q}$ и SRMC се еквивалентни кога излезот е зголемен за една единица, така што $\Delta Q = 1$. На тој начин $SRMC = SRAIC_1$.

2.11 Краткорочните просечни трошоци - Short Run Average Cost (SRAC) за производство на вкупната количина на излез се дефинира како SRTC поделени со количината на произведените производи[5]. SRAC се разликува од $SRAIC_Q$ поради тоа што

[3] Ако Q означува излез, одн. произведена количина, FC фиксни трошоци и VC(Q) варијабилни трошоци настанати за производство на дадената количина – Q, тогаш вкупните краткорочни трошоци SRTC(Q) за производство на Q е определена од SRTC(Q) = FC + SRVC(Q).

[4] Под претпоставка фирмата да произведува количина Q_0 и планира зголемување на производството со инкрементот ΔQ to Q_1. Во тој случај $\Delta Q = Q_1 - Q_0$. Потоа, $SRAIC_{\Delta Q}$ е определен од $SRAIC_{\Delta Q} = (SRTC(Q_1) - SRTC(Q_0))/\Delta Q$.

[5] SRAC од Q е даден со SRTC(Q)/Q.

содржи и фиксни трошоци[6]. Во суштина $SRAIC_Q$ е еднаков на SRVC поделен со вкупниот волумен на излез; а тоа е $SRAIC_Q$ = SRAVC. Бидејќи SRAVC се секогаш пониски од SRAC, $SRAIC_Q$ е секогаш помал или еднаков со SRAC (еднаков е само доколку не содржи фиксни трошоци).

2.4 Долгорочни трошоци

2.12 Долгорочните трошоци се дефинираат како временски период во кој сите влезни ставки се од варијабилен карактер. Поради тоа, се смета дека не постојат фиксни трошоци. Кај долгорочните трошоци, фирмите мора да донесат две одлуки во поглед на производството. Прават е да донесат одлука која количина да ја произведат. Втората е да донесат одлука кој капацитет да го инсталираат.

Трошоци на долг рок

2.13 Бидејќи не постојат фиксни излези на долг рок, не постојат ни фиксни трошоци: сите трошоци се сметаат за варијабилни. Поради тоа Долгорочните вкупни трошоци - Long Run Total Costs (LRTC) се еднакви на Долгорочните варијабилни трошоци - Long Run Variable Costs (LRVC). Дефиницијата за инкрементални, маргинални и просечни трошоци прикажани погоре, се однесува и за долгорочните трошоци. Пооделно, ќе ги разгледуваме следниве :

- Долгорочни просечни инкрементални трошоци -Long Run Average Incremental Cost (LRAIC);
- Долгорочни маргинални трошоци - Long Run Marginal Cost (LRMC); и
- Долгорочни просечни трошоци - Long Run Average Cost (LRAC).

2.5 Долгорочни просечни инкрементални трошоци

2.14 Долгорочните просечни инкрементални трошоци - Long Run Average Incremental Cost (LRAIC) се дефинираат аналогно како краткорочните - SRAIC. Поради тоа, дефинирањето на овие трошоци е резултат на зголемените долгорочни вкупни трошоци - LRTC кои произлегуваат од зголемениот излез од некој инкремент поделен со истиот инкремент. Ова го означуваме со $LRAIC_{\Delta Q}$. Кога предметниот инкремент претставува целокупно произведената количина, означуваме дека $LRAIC_{\Delta Q}$ е всушност $LRAIC_{Q.}$

2.15 Слично на претходното, Долгорочните маргинални трошоци - Long Run Marginal Cost (LRMC) се дефинирани како зголемување на LRTC кој произлегува од порастот на излезот од само една единица. $LRAIC_{\Delta Q}$ и LRMC се еднакви во случај кога излезот се одразува на единица производ. На тој начин, $LRAIC_1$ = LRMC.

2.16 И последно, Долгорочните просечни трошоци - Long Run Average Cost (LRAC) за производство на вкупна количина на излез се дефинира како долгорочни вкупни трошоци

[6] $SRAIC_Q$ кога вкупната количина на излез е дадена со $SRAIC_Q$ = (SRTC(Q) - SRTC(0))/Q = VC(Q)/Q = SRAVC < SRAC(Q) = (FC + VC(Q))/Q.

- LRTC поделени со количината на произведениот излез. Разликата од краткорочните трошоци е тоа што LRAC е еднаков на $LRAIC_Q$ бидејќи не се содржани долгорочни фиксни трошоци.

2.17 Долгорочно, може да има фиксни трошоци. Тие настануваат на многу ниски нивоа (претплатници или сообраќај). На пример, за фиксен оператор, мора да се обезбеди национална комутаторска и преносна мрежа за да може да се пренесе една минута сообраќај од една до било која друга линија. Трошоците за оваа мрежа настануваат без разлика на бројот на претплатници или количина на сообраќај и претставуваат (долгорочни) фиксни трошоци.

2.6 Општи против заеднички трошоци

2.18 Економистите прават разлика помеѓу општите и заедничките трошоци. Општите трошоци се распределуваат пропорционално во зависност од произведената количина, што во принцип овозможува да се алоцираат настанатите општи трошоци на поединечните услуги. Наспроти ова, заедничките трошоци се оние трошоци кои се поврзани со услугата која може да биде произведена во фиксен сооднос. Пример за заеднички трошоци е локален приклучок од определениот сообраќај во зафатениот час кој обезбедува "дневни" и "ноќни повици". Без оглед на капацитетот кој е на располагање во тек на ден или ноќ, повиците не можат де се категоризираат како дневно-ноќни повици. Локален приклучок исто така може да биде пример за општ трошок. Локалните, меѓународните и националните приклучоци можат да се произведат пропорционално еден со друг, и на тој начин општите трошоци можат да бидат алоцирани врз основа на степенот на употреба. Разликата помеѓу општите и заеднички трошоци е во функција со дефинирањето на обезбедената услуга.

2.19 Нереално е да се претпостави дека фирмата ќе обезбедува само еден вид на услуга но тоа е вистинито кога се работи за оператори во телекомуникациите. Доколку операторот обезбедува две или повеќе услуги, настанатите општи трошоците може да се алоцираат на повеќе услуги. Дефиницијата за краткорочни и долгорочни инкрементални трошоци се однесува за фирма која обезбедува повеќе видови на услуги.

2.20 Доколку ги дефинираме LRIC од аспект на услуги од малопродажен/големопродажен карактер, тогаш е очигледно дека многу трошоци ќе бидат општи и заеднички. Сепак, доколку ги дефинираме LRIC од аспект на мрежни компоненти, тогаш големината на општите или заеднички трошоци значајно ќе се намали. Во тој случај, трошоците ќе бидат општи или заеднички во зависност од тоа дали се однесуваат на две или повеќе мрежни компоненти. Тоа е чест случај кога се работи за заедничка зграда и опрема за вентилација. Но тоа е помалку веројатно кога се работи за примарна централа како што е Network Termination Point (NTP) или каблите.

3 LRIC МЕТОДОЛОГИЈА ЗА МОДЕЛИРАЊЕ

3.1 Генерално прифатлива методологија за распределба на трошоците во мрежата признаена од Европската комисија и националните регулаторни тела (NRA) е (i) да се групираат трошоците во хомогени ценовни категории - Homogeneous Costs Categories (HCCs), (ii) да

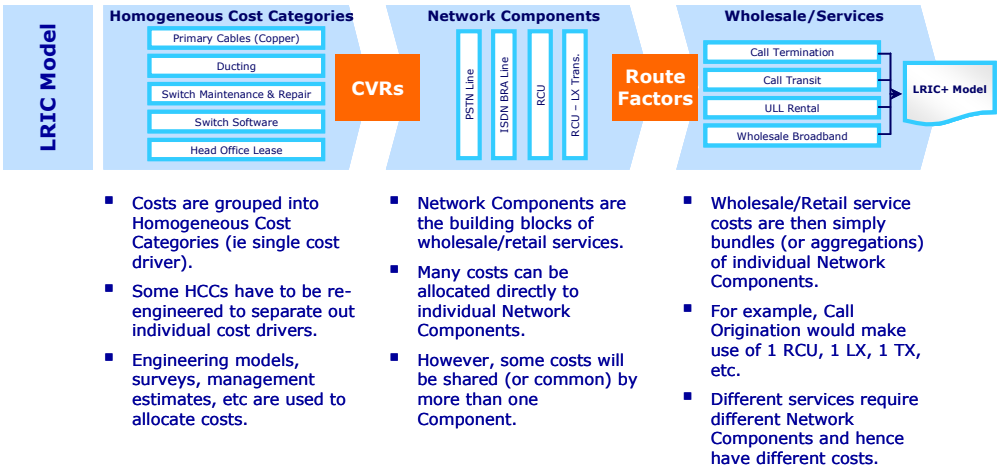
се алоцираат овие трошоци на основните мрежни компоненти (NC) и (iii) да се изгради цената на поединечни услуги од основните компоненти на мрежата. Под комплетна алокација на трошоци се подразбира на алокациите што се постигнати при користење на техники за определување на трошоци врз основа на активноста - Activity Based Costing (ABC).

3.2 Истиот пристап важи за LRIC. Тоа е дека, (i) да се групираат трошоците во грануларни, (ii) овие трошоци да се алоцираат на NC и (iii) да се изгради цената на поединечни услуги од основните компоненти на мрежата. Главната разлика е во тоа што трошоците се алоцираат на мрежните компоненти со користење на однос помеѓу трошок и обем - Cost Volume Relationships (CVR). Ова е прикажано во Фигура-3.1.

3.3 Пред да се подразбира алокацијата на трошоците за Bottom-Up LRIC, како прв чекор, да се изгради ефикасна мрежа за операторот. Пристапот се базира на мрежните инженерски модели кои користат најнова технологија на ефикасен начин.

3.4 Треба да се забележи дека bottom-up пристапот гради теоретски и многу поедноставен модел на мрежа.

Фигура-3.1 Методологија за распределба на трошоци



3.1 Целосна наспроти мрежно покривање

3.5 GSM инженерските модели на Deloitte пресметуваат две мрежи: целосно и мрежно покривање.

3.6 Целосна мрежа е мрежа која што може да ги снабди претплатниците на операторот со пристап до мрежата и притоа да ги задоволува сите инженерски влезни параметри (како оцена за услуга, сигналирање на TS, итн.).

3.7 Мрежнаното покривање, од друга страна, е мрежа дизајнирана да овозможи една претплатничка линија во секоја главна област за дистрибуција.

3.2 Greenfield наспроти Scorched Node методологија

3.8 За да се пресмета LRIC потребно е првин да се дизајнира основната мрежа, односно топологијата на мрежата. Генерално, постојат две мрежни топологии:

- Greenfield мрежна топологија; или
- Scorched Node мрежна топологија.

Greenfield мрежна топологија

3.9 Под оваа опција, топологијата на мрежата може да биде било што да е потребно, да се обезбеди пристап до претплатникот по најмал трошок. Greenfield мрежната топологија е ефикасна мрежа. Под Greenfield опцијата, мрежната топологија може да се разликува од постоечката мрежа на операторот.

3.10 Цената на мрежата со Greenfield мрежна топологија не може никогаш да биде поголема од таа мрежа каде што јазлите не е дозволено да се променат. Со тоа, со Greenfield пристап за одредување на мрежната топологија значи дека сигурно ќе се добие помал трошок во споредба со која било друга мрежна топологија.

Scorched Node мрежна топологија

3.11 Под оваа опција, локацијата на постоечките мрежни јазли не смее да се промени.

3.12 Под географска scorched node мрежа се подразбира дека географската локација на јазлите на постоечката мрежа не е дозволена да се промени. Ова значи дека јазлите во мрежата треба да останат на нивната постоечка географска локација. Исто така, географската топологија на мрежата не треба да се промени. Но, постоечката опрема може да се замени со опрема од помал капацитет.

3.13 Под логичка scorched node мрежа се подразбира дека логичката локација на опремата од постоечката мрежа не треба да се промени. Ова значи дека опремата мора да остане на постоечката логичка локација. Секое делче од опремата во мрежата треба да има уникатен (логички) идентификатор, а исто така и топологијата на мрежата не треба да се менува. Во оваа мрежа секое делче од постоечката опрема мора да остане на својата тековна локација, но и тука опремата може да се замени со опрема од помал капацитет.

3.3 Хомогени трошковни категории

3.14 За да се пресмета трошокот од поединечни големопродажни услуги, потребно е да се групираат трошоците во множество од хомогени трошковни категории Homogeneous Cost Categories (HCC). Телекомуникациските мрежи се карактеризираат со стотици (ако не и илјадници) категории на централи и опрема. Поради тоа, пожелно е да се групираат слични трошоци за мрежни централи во помал број на HCC. Тоа што го одредува нивото на хомегоноста (или грануларноста) е потребата да се идентификуваат:

(1) Индивидуалните трошоци;

(2) Индивидуалните ценовни трендови; и

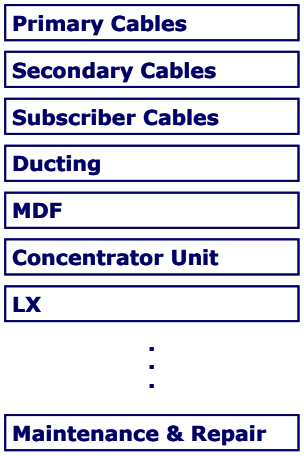
(3) Индивидуалните односи помеѓу трошок и обем (CVR).

3.15 На пример, трошоковниот драјвер за главниот разделник–(Main Distribution Frames (MDF)) е бројот на кабелски конекции, кој се добива од бројот на линии. Од друга страна, количината на опремата за струја во централите зависи од потребната количина на струја во вати за опремата што се наоѓа во централата.

3.16 Ако се стават MDF и опремата за струја во една трошковна категорија наречена "секундарна централа", нема да може да се идентификуваат индивидуалните трошоци. Затоа, ќе биде многу тешко да се дознае како трошоците на "секундарната централа" варираат како што се променуваат бројот на линии и обемот на сообраќај. Додека MDF е трошок зависен само од бројот на линии, опремата за струја е општ трошок кој не зависи само од бројот на линии, но и од сообраќајот. Ова е бидејќи опремата за струја сместена во централите дава AC и DC струја за да се снабдат индивидуалните телефонски линии со струја (за да се овозможи сигнал за бирање и да ѕвони телефонскиот уред) како и комутаторската опрема и опремата за линиските системи сместени во централата.

3.17 Ако трошковните категории се зависни од повеќе од еден фактор, тогаш трошокот се дели на повеќе под-категории така што секоја категорија претставува HCC со еден и само еден фактор за трошок.

Фигура-3.2 Хомогени ценовни категории

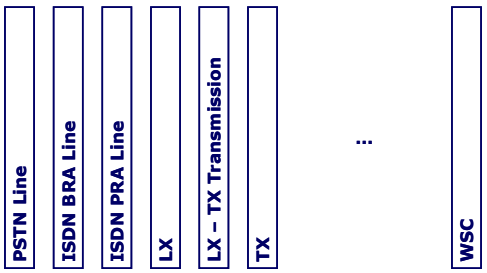


3.4 Мрежни компоненти

3.18 Големопродажните услуги произлегуваат од мрежните компоненти. Овие мрежни компоненти го формираат темелот на кој се основаат големопродажните услуги. Важно е да се одреди, на оперативно ниво, мапирањето на мрежните компонентите за големопродажните услуги. Услугите за големопродажба/малодпродажба се групи од мрежните компоненти. Поради тоа, услугите мора да се дефинираат за основните мрежни компоненти. На пример, големопродажната услуга оригинирање на повик се состои од разни мрежни компоненти вклучувајќи и концентратор. Сите не-VoIP повици кои оригинираат од мрежна линија потекнуваат од концентраторската единка. Поради тоа, концентраторската единката е мрежна компонента за оригинирање на повиците.

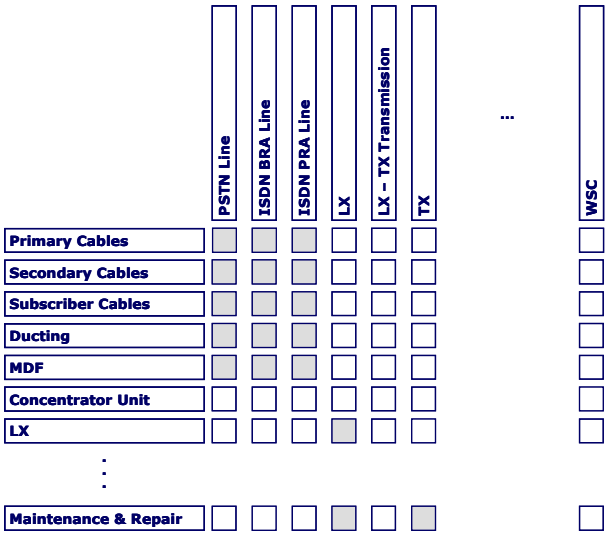
3.19 Примери за мрежни компоненти се ISDN, ISDN BRA линија, локална централа – сообраќај (LX-T), локална централа – воспоставување на повик (LX-CSU), итн. Исто така, и HCC може да биде мрежна компонента. Тоа е бидејќи може да има еден спрема еден мапирање од HCC до мрежните компоненти. Како што може да се види, постојат многу компоненти и се прикажани во Фигура-3.3. WSC означува кратенка за трошок на големопродажната услуга (Wholesale service cost). .

Фигура-3.3 Мрежни компоненти



3.20 Кај LRIC, HCC се алоцирани на NC преку CVR. За CVR се дискутира подоле. Затоа, трошоците се алоцирани на NC. Ова е прикажано во Фигура-3.4. Во Фигура-3.4, примарните кабли се алоцирани на ISDN линиите, ISDN BRA и ISDN PRA линиите.

Фигура-3.4 HCC-NC алокација



3.21 Откако ќе се пресмета годишниот трошокна секоја мрежна компонента, следниот чекор е да се претвори трошокот во трошок по минута. Во реалноста, ниту една услуга или бизнис единка (големопродажба или малопродажба) не ја користи мрежната компонента целосно. Со тоа, трошокот за секој елемент треба да се подели со обемот на сообраќај за да се добие трошокот по минута. Основните елементи се следните:

- Трошок на комутаторот по минута Switch Switched Minute (= Цена на комут./мин. на сообр.);
- XDSL линија (= Цена на XDSL опрема/XDSL линии); и
- Пренос за километар на минута (= Цена на пренос на километар/мин. на сообраќај)

3.22 Ова се постигнува со примена на матрици за фактори нарутирање. За да стане дискусијата поконкретна, ќе се фокусираме на завршување на националните повици. Табела-3.1 прикажува четири (4) можни рути на национален повик кој потекнува надвор од мрежата, може да се пзаврши на мрежата на компанијата. Табела-3.1 е чисто илустративна и не прикажува вистински рутирања. Секоја рута користи различна комбинација од мрежните компоненти за да заврши повик. На пример, рута 3 не користи концентраторски единки (CU), а користи една локална централа (LX), две тандем централи (TX) и 100km преносни врски помеѓу локалните и тандем централите.

Табела-3.1 Фактори за рутата

Национален повик	Тандем централа	Локална	Концентраторска

	(TX)	централа (LX)	единка (CU)
Рута 1	1	1	0
Рута 2	1	1	1
Рута 3	2	1	0
Route 4	2	1	1

3.23 Следно, треба да ја пресметаме веројатноста да се користи секој тип на рута. Оваа информација може да се примени со користење на правила за рутирање или со земање примери од повиците како што се рутираат низ мрежата. Ова е прикажано во Табела-3.2.

Табела-3.2 Фреквенции на рутите за национални повици

Национален повик	Рутирање	Фреквенција
Рута 1	TX – LX	20%
Рута 2	TX – LX – CU	30%
Рута 3	TX – TX – LX	15%
Рута 4	TX – TX – LX – CU	35%

3.24 Ако го помножиме факторот за рутата со нејзината веројатност ќе го добиеме просечното рутирање за завршување кај националните повици. Оттаму, просечно, национален повик што се завршува поминува низ 1,50 тандем централи, 107km на TX - LX преносни врски, 1.00 локална централа, 4.30km на LX - CU преносни врски и 0.65 CU. Ова е прикажано во Табела-3.3.

Табела-3.3 Фактори за рутата

Национален повик	Тандем централи (TX)	Локална централа (LX)	Концентраторска единка (CU)
Рута 1	0.20 (= 1 x 0.20)	0.20	0.00
Рута 2	0.30 (= 1 x 0.30)	0.30	0.30
Рута 3	0.30 (= 2 x 0.15)	0.15	0.00
Рута 4	0.70 (=2 x 0.35)	0.35	0.35
Просек	1.50	1.00	0.65

3.25 Последниот чекор е да се земат просечните фатори за рутите заедно со вкупните минути на сообраќај за да се претвори годишниот трошок на мрежните компоненти во трошок по минута. Ова се прави на тој начин што прво ќе се пресмета вкупната побарувачка на компоненти за секоја мрежна компонента. Тоа е производ од секој тип на повик помножен со неговиот просечен фактор за рутата. Потоа, ова се дели по вкупни трошоци соодветни за таа мрежна компонента за да се постигне трошок по минута. Треба да се забележи дека трошоците за централите се мерат во трошок на комутаторите по минута додека трошоците за пренос се мерат во километри на минута.

Табела-3.4 Цена по единка на мрежните компоненти

Чекор		Сообраќај (m min)	LX	CU

1	Завршување на повик	50,000	1.00	0.65
2	Започнување на повик	10,000	1.50	1.00
	Вкупно	60,000	NA	NA
3	Побарувачка на компоненти		65,000	42,500
4	Цена на компоненти		5,500m	2,500m
5	Цена по единка		8.46/min	5.88/min

3.26 Овие чекори се повторуваат за секој тип на повик.

3.5 Односи помеѓу трошок и обем

3.27 Односите помеѓу трошок и обем - Cost Volume Relationships (CVR) се само применети репрезентации на LRTC функцијата спомената погоре. Главната разлика е во тоа што CVR се пресметуваат за секој HCC, наместо вкупно (како што е случај кај функцијата за вкупниот трошок).

3.28 CVR се основата за развивање на LRIC. Тоа е, LRIC фундаментално зависи од CVR бидејќи CVR:

- Ги идентификуваат сите променливи трошоци,
- Ги идентификуваат сите фиксни трошоци,
- Ги идентификуваат сите општи и заеднички трошоци,
- Означуваат како индивидуалните трошоци варираат согласно означениот трошковен драјвер.

3.29 Во главно, CVR означуваат како трошоците се разликуваат од основните трошоци. Основните трошоци или зависат од барањата за линии или барањата за повици. На пример, трошокот за каблите со оптички влакна се добива од парови кабли по километар. Колку повеќе оптички кабли се потребни помеѓу преносните јазли, толку поголем е и соодветниот трошок. Бројот на парови оптички кабли помеѓу јазлите зависи од бројот на кола, кои се функција од количината на сообраќај. Со варирање на износот на сообраќај, и оттаму бројот на кола што се носат преку мрежата, можно е да се најде уделот што го има на паровите кабли по километар, а воедно и трошокот за оптичките кабли.

3.30 Variable Cost (VC), променлив трошок, значи дека константно варира. За секое HCC, променливите трошоци се придадени на компонентата врз основа на обемот на тој трошок распределен на таа компонента.

3.31 Под фиксен трошок подразбираме Специфичен Фиксен Трошок на Компонентата, Component Specific Fixed Cost (CSFC). Тоа значи, трошок што е фиксен може директно да се придаде на одредена компонента. Од друга страна, општ и заеднички трошок Common and Joint Cost (CJC) е исто така фиксен трошок, но опфаќа две или повеќе компоненти. Централите имаат CJC во форма на паркиралипта, коридори, итн. Овие простори не можат да се алоцираат на компонентите на некој значаен начин. Централите што имаат меѓусебно поврзана опрема е друг пример за CJC.

3.32 За секое HCC потребно е CVR. Но, не е потребно еден према еден мапирање од CVR до HCC. Тоа значи, некои CVR може да бидат сврзани со повеќе од едно HCC.

3.6 Зависни/независни HCC

3.33 Ценовните категории се класифицираат на два типа:

- Зависни; и
- Независни.

3.34 Независни ценовни категории – трошокот од независните ценовни категории е директно поврзан со побарувачката за линии или побарувачката за повици. Пример за тоа се T-S-T комутаторските блокови на локалните комутатори или преносниот кабел.

3.35 За независните ценовни категории, трошокот за основните мрежни компоненти може да се пресмета директно. На пример, за мрежа за пристап – бакарни кабли, количината на парови кабли поврзана со ISDN линиите е дадена со бројот на ISDN линии кој се мери со бројот на парови бакарни кабли што се користат да снабдат една ISDN линија (два).

3.36 Друг пример за независни HCC е цената на зградата за централата. Директен трошок за зградата се квадратните метри (m^2). Типично, локална централа содржи мешавина на опрема за пристапна мрежа (кабли/MDF), комутаторска мрежа (процесор/комутаторски матрици) и преносна мрежа (линиски систем). Оваа опрема завзема одредена површина, и како резултат на тоа, преку спроведување на анализа на просторот може да се одреди просторот што го зафаќаат компонентите на мрежите за пристап, комутаторската мрежа и преносната мрежа.

3.37 Зависни ценовни категории – трошковниот драјвер на зависните ценовни категории, од друга страна, е индиректно поврзан со побарувачката на линии или повици. Трошковните драјвери на зависните ценовни категории не можат да се пресметаат за NC на ниту еден значаен начин. Пример за зависен HCC се трошоците за мрежниот IT хардвер. Ако трошоците за мрежниот хардвер се класифицираат како независно HCC, тогаш операторот ќе треба да превземе соодветни мерки за да пресмета колку компјутери во мрежата се користат за поддршка на локалните централи наспроти тоа колку се користат за поддршка на преносот. Ова во принцип може да се направи, но не во пракса.

3.38 Наместо тоа, за независните ценовни категории, количината се занемарува за прво да се пресмета LRIC на трошковната категорија (или категории) од кои зависат. Може да се земат во предвид трошоците за мрежен IT хардвер, како што е споменато погоре. Трошоците за мрежниот IT хардвер зависат од бројот на PC, кој пак, зависи од бројот на персонал. Бројот на персонал е поврзан со платежните трошоци (или, платежните трошоци се поврзани со бројот на персонал). Оттаму, може да се изгради однос помеѓу трошок и обем каде што плаќањето е главна основа (индиректно) за трошоците кај мрежниот IT хардвер.

3.39 Постои природен редослед при пресметувањето на LRIC. Најпрво, треба да се пресметаат LRIC за сите независни ценовни категории. Овие независни LRIC потоа можат да се користат за да се пресметуваат обеми и LRIC на зависните ценовни категории.

3.7 Цена на опрема

3.40 Клучен трошок е цената на опремата. Поточно кажано, LRIC бара да се користи опрема со најниска можна цена. За да се максимизира профитот на операторот треба да се сведат трошоците на минимум. Ова важи исто така за кабли, кули, возила, итн. Стоката, по дефиниција, е стандардизирана и заменлива.

3.41 Но, ова не е така кај електронската опрема. Операторите често формираат стратешки партнерства со одредени производители како Cisco, Juniper Networks, Huawei, итн. Дополнително, најчесто е тешко да се пресмета цената на опремата од различни производители. Сите производители користат различни (и сложени) механизми на чинење со што ја отежнуваат споредбата.

3.42 Кога мрежната централа и опрема (фиксни средства) се капитализираат на регистарот за фиксни средства на операторот – Fixed Asset Register (FAR), некои или сите од следните трошоци најчесто се капитализираат[7].

Капитализирани трошоци за централа и опрема

Ref	Трошок
(i)	(Мрежа) Планирање (персонал и трошоци)
(ii)	Оддел за набавка
(ii)	Увозни давачки
(iv)	Складирање
(v)	Транспорт и достава
(vi)	Инсталација/Конструкција
(vii)	Тестирање
(viii)	Предавање

[7] За некои класи на средства, овие дополнителни трошоци може да бидат значајни, земјаќи ги во предвид 50% од трошоците евидентирани во FAR.

3.43 За секоја моделирана класа на средство посебно се идентификуваат планирањето, данокот, трошоците за транспорт, итн. за да се пресмета целокупната цена на опремата.

3.8 Резервен капацитет и правила за обезбедување на мрежа

3.44 Bottom-Up пристапот се базира делумно на мрежните инженерски модели кои користат најнова технологија на ефикасен начин. Ова во пракса се постигнува со моделирање на оптимизацијата на опремата. Оптимизацијата на опремата и минимизирањето на трошоците се различни страни од истата паричка. Во овој контекст важно е да се разликуваат резервниот капацитет од вишокот капацитет. Ефикасна мрежа, на пример, би содржела резервен капацитет, но не и вишок капацитет.

3.45 Под резервен капацитет се подразбира дополнителниот капацитет инсталиран денес за да се задоволат потребите утре[8]. Вишокот капацитет потоа се дефинира како помалку ефикасен капацитет кој треба да ги задоволи денешните потреби и намалено за резервен капацитет за да се задоволат потребите утре.

3.46 За да се оптимизира опремата, најпрво е потребно да се дефинира следната рамка за оптимизација:

(a) Период за дизајн;

(b) Пораст на бизнисот и оперативниот капацитет;

(c) Животен придонес;

(d) Врзување во пакет;

(e) Финансирање на продавачот; и

(f) Оцена за услуга/Квалитет на услуга.

3.47 Факторите прикажани погоре наведуваат дека минимизирање на трошоците не претставува едноставна математичка програма за оптимизација. Бројни сложени фактори треба да се земат во предвид. Многу е важно сите овие фактори да се истражат кога се изведува минимизација на трошоците.

Период за дизајн

3.48 За да се задоволи зголемувањето на бројот на корисници и сообраќајот вообичаено е да се обезбеди мрежна централа во модуларни единки за да се задоволи побарувачката.

[8] Го користиме терминот ‘‘утре’’ фигуративно.

Временскиот период во кој инкрементот на централата е планирано, нарачано и инсталирано се нарекува период на дизајн. Факторите кои влијаат на овој период се:

- Фиксни трошоци како централи и цевководни мрежи; и
- Варијабилни трошоци како кабли и IP рутери.

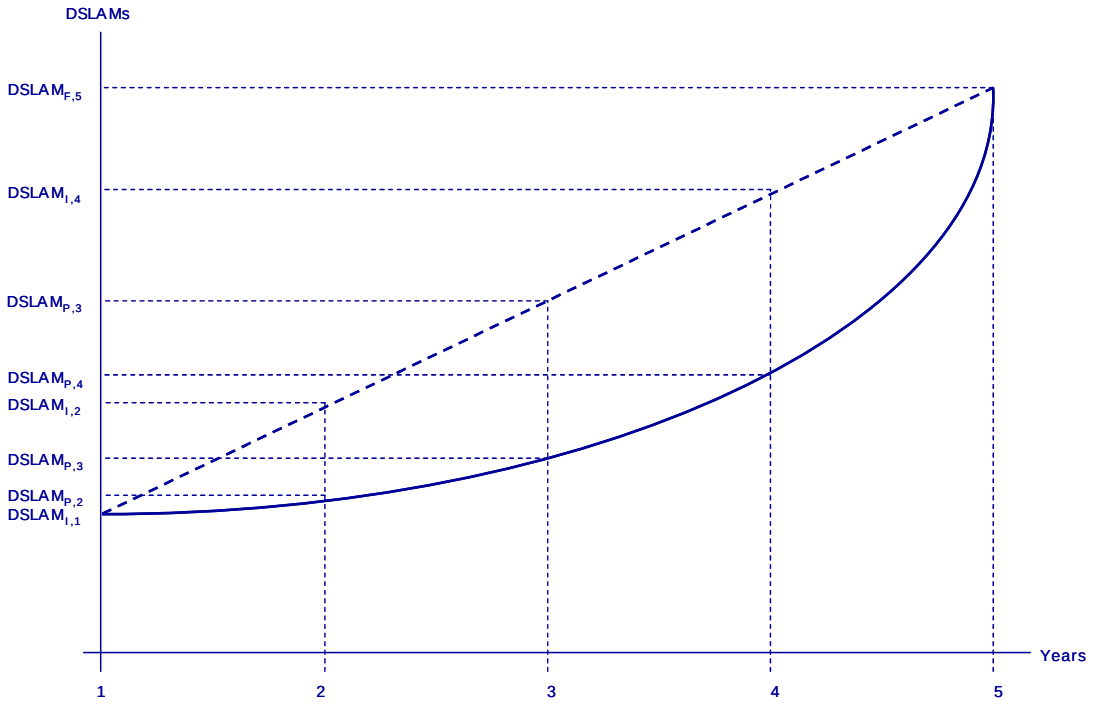
3.49 Обезбедувањето на опрема и централи во голем капацитет резултира со помала цена по единка, ретки прекини кај услугите, како и предност доколку порастот е поголем од предвиденото. Но, високиот иницијален капацитет резултира кон имање на вишок опрема/предимензиониран капацитет кој не генерира никаков приход. Од друга страна, кратките периоди на дизајн доведуваат кон помали капацитети со што резултира кон поголеми цени по единка, постојан прекин кај услугите и зголемена веројатност дека нема да се задоволи бараната оцена за услуга. Но, има помалку вишок опрема и централи.

3.50 Важен дел од периодот на дизајн е планирање на водечките времиња. Тие се времиња потребни за планирање, набавка и инсталација за да се овозможи навремена достава на големи проекти во циклусот на планирање и да се задоволат датумите на "пуштено-во-употреба".

Пораст на бизнисот и оперативниот капацитет

3.51 Порастот на бизнисот и оперативниот капацитет се поврзани со периодот за дизајн. Ова се дефинира како прогноза за бројот на претплатници (или обем на сообраќај) во следните три (3) до пет (5) години заедно со соодветниот оперативен капацитет за изградба на мрежата. Ова е прикажано во фигурата подолу. Фигурата подолу ги зема DSLAM како пример и е само за илустративни цели.

Пораст на бизнисот наспроти оперативен капацитет



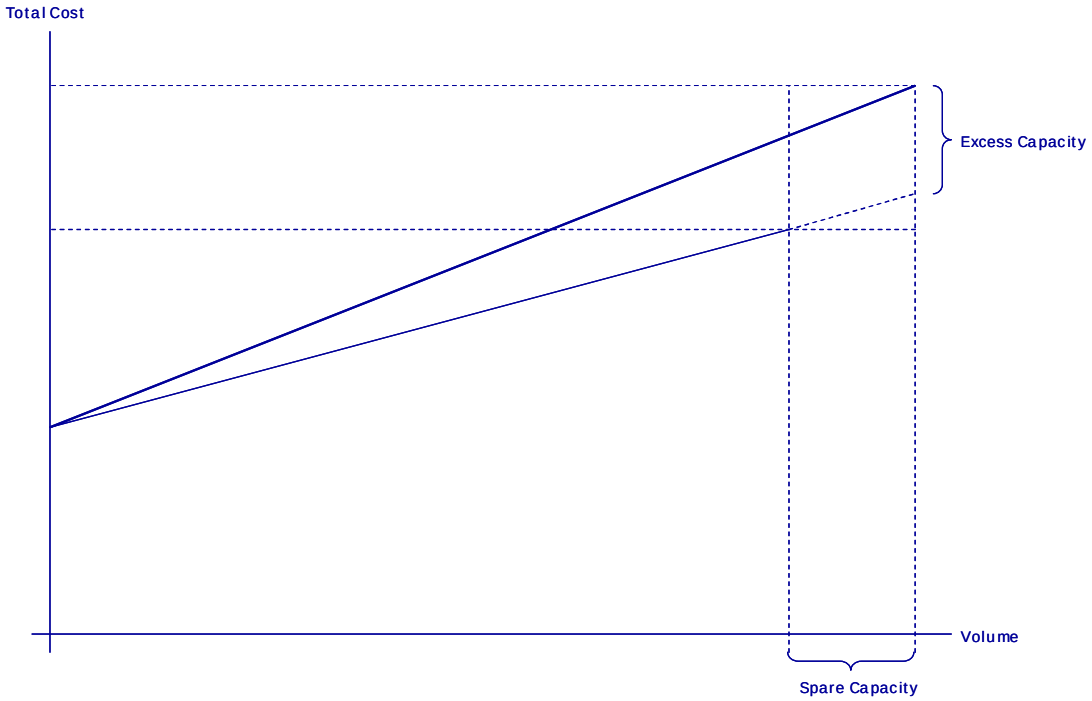
3.52 Во фигурата, јасната линија ја претставува прогнозата за бројот на бродбенд претплатници во период од пет (5) години. Како што може да се види, порастот на бродбенд претплатници се проектира да биде експоненцијален преку прогнозираниот период: порастот почнува полека, но се зголемува се повеќе секоја година.

3.53 Во втората година порастот се очекува да биде $DSLAM_{P,2} – DSLAM_{I,1}$, каде $DSLAM_{i,j}$ = или Инсталиран (I) или Проектиран (P) и j = Година (1,2,...,5). Но, во година 5, порастот се очекува да биде $DSLAM_{P,5} – DSLAM_{P,4}$. За жал, овој очекуван пораст го надминува оперативниот капацитет на операторот за да инсталира $DSLAM_{P,5} – DSLAM_{P,4}$ (=$DSLAM_{I,4}$) DSLAMs во година 5[9]. Во фигурата погоре, испрекинатата права линија го претставува максималниот оперативен капацитет на операторот да инсталира DSLAM. За поедноставно, ова се претпоставува дека е исто секоја година. Како што може да се види, $DSLAM_{I,2} – DSLAM_{I,1} > DSLAM_{P,2} – DSLAM_{P,1}$, $DSLAM_{I,5} – DSLAM_{I,4} < DSLAM_{P,5} – DSLAM_{P,4}$.

3.54 За да се избегне оваа ситуација, операторите имаат избор да користат константен број на DSLAM секоја година (дадено со $DSLAM_{I,2}$, $DSLAM_{I,1}$). Но, ова резултира со резервен капацитет во претходните години. Иако капацитетот може да биде вишок во однос на побарувачката во таа година, не е вишок за побарувачката низ сите пет (5) години. Концептот на резервен и вишок капацитет е прикажан на фигурата подоле.

[9] Оперативниот капацитет се однесува на фактори како (i) време на порачка, (ii) време на испорака (заедно со инсталација и тестирање), (iii) ограничување на потрошен капитал, итн.

Резервен наспроти вишок капацитет



3.55 Предлагаме да се вклучи и залиха кога се планира резервниот капацитет. Ова ги зема во предвид корисничките влезни параметри кои претставуваат максимален годишен капацитет за сите главни класи на средства (како DSLAM шасии, линиски картички, итн).

Придонес за време на животниот век на средството

3.56 Овој двигател за оптимизација на опремата се однесува на целото време на очекуваниот рок на траење на средството (динамичка оптимизација), а не само на оптимизацијата во дадено време (статичка оптимизација). Ваквата оптимизација може да користи намалување на готовински прилив - Discounted Cash Flow (DCF) при динамичка, стохастичка програма на оптимизација.

3.57 Ние нема да го моделираме овој тип бидејќи не е подложен на статичко алгоритмичко/оптимизационо/аналитичко моделирање.

Врзување во пакет

3.58 Се однесува на вообичаената пракса за врзани во пакет опрема и услуги со различни трошковни динамики. На пример, повеќето електронска/телекомуникациска опрема бара софтвер, како и хардвер. Додека трошоците за хардвер најчесто се плаќаат однапред, софтверот е најчесто лиценциран и се плаќа еднаш годишно за таа лиценца.

3.59 Како друг пример, продавачите можат да ги спојат капиталните трошоци за опрема со оперативните трошоци како одржување и поправка. Повторно, ова ја трансформира статичката програма за оптимизација во динамичка оптимизација.

3.60 Повторно, ние нема да го моделираме врзани во пакет бидејќи не е подложен на статичко алгоритмичко/оптимизационо/аналитичко моделирање.

Финансирање на продавач (vendor)

3.61 Финансирањето на продавачот може да доведе до вишок капацитет. На пример, да претпоставиме дека комутаторот има инсталиран капацитет од 1,024 E1 порти. Можеби операторот ќе го финансира продавачот во зависност од тоа колку E1 се искористени. Ова е прикажано во табелата подолу.

Финансирање на продавач

Активни E1 порти	Плаќање
1 E1 – 511 E1s	25% (Δ = 25%)
512 E1s – 717 E1s	50% (Δ = 25%)
718 E1s– 1,024 E1s	100% (Δ = 50%)

3.62 Како што може да се види, операторот плаќа само 25% од трошоците на комутаторот до 511 E1, иако има веќе инсталирано 1,024 E1[10].

3.63 Предлагаме да не се моделира (можното) влијанието на финансирањето на продавачот за големопродажните битстрим трошоцит. Ова е поради тоа што може да се јават комплексни меѓусебни влијанија со клучните двигатели, и притоа да се добијат невистинити резултати.

Параметри на искористување

3.64 Честа методологија која се користи во Bottom-Up моделите за моделирање на резервниот капацитет е да се користи стапка на искористување. Да ги земеме DSLAM како пример. Да претпоставиме дека максималниот капацитет на DSLAM е 24 (ADSL2+) линиски картички и секоја линиска картичка има максимум 48 порти[11]. Оттаму, максималниот капацитет на еден DSLAM е 1,152 ADSL конекции. Понатаму, да претпоставиме дека тековно има 65,000 претплатници и искористеноста на опремата е на 75%.

3.65 Табелата подолу го прикажува ефикасниот број на DSLAM, линиски картички и порти за да се користи 75% од капацитетот и каде што бројот на искористени порти е 65,000.

[10] Производителите на опрема нудат вакво финансирање од неколку причини. Во примерот, продавачот може да го заведе GBV на целиот комутатор како приход во годината иако плаќањето е можно да се одвива неколку години.

[11] Ова е едноставен пример само за илустративни цели. Дизајниран е да прикаже едноставна пресметка и не е наменет да претставува вистински DSLAM.

Инсталиран/искористен/резервиран капацитет

DSLAM компонента	Инсталиран капацитет	Искористен капацитет	Резервен капацитет
Шасии	76	57	19
Линиски картички	1,807	1,355	452
Порти	86,736	65,000	21,696

3.66 Во овој пример, прикажан е искористениот капацитет потребен за да се обезбедат 65,000 ADSL конекции (порти) под претпоставка дека опремата е 100% искористена.

3.67 Додека ова е јасно од перспектива на моделирање, тешкото прашање е ‘‘што е дефиниција за искористеност и како таа се пресметува во реалноста?’’

3.68 Табелата подолу ги прикажува стапките на искористеност, како и линиските картички/порти, за мрежа од 120 DSLAM. 120-те DSLAM се лоцирани во 20 централи. Но, само 100 DSLAM се користат (односо, имаат активни конекции). Исто така, инсталирани се 2,100 линиски картички. Табелата подолу го прикажува инсталираниот/максималниот капацитет на мрежата.

DSLAM стапки на искористеност

DSLAM компонента	Инсталиран капацитет	Максимален капацитет	Искористеност
Шасии	80	120	67%
Линиски картички	2,100	2,400	73%
Порти	100,800	138,240	73%

3.69 Како што може да се види, искористеноста на шасијата е пресметана на 67%. Искористеноста на портите/картичките е 73%. Овие рати на искористеност можат да се искористат за да се пресмета капацитетот на шасиите и портите/картичките слично како погоре. Ова е прикажано во следната табела.

Инсталиран/искористен/резервиран капацитет

DSLAM компонента	Инсталиран капацитет	Искористен капацитет	Резервен капацитет
Шасии	86	57	29
Линиски картички	1,859	1,355	504
Порти	89,232	65,000	24,192

3.70 Стапките на искористеност во табела-Х.7 не се единствените можни вредности. Да ја земеме искористеноста на портите на пример. Стапките на искористеност од 73% е дадена со инсталираните порти/максималниот број на порти (= 100,800/138,240). Но, вистинската стапките на искористеност на портите може да се пресмета како активни порти/инсталирани порти (= 65,000/100,800 = 64%).

3.71 На прв поглед може да изгледа дека разликата помеѓу инсталираниот капацитет и вистинскиот капацитет може да се интерпретира како вишок капацитет.

Инсталиран/искористен/резервиран капацитет

DSLAM	Вистински	Моделиран	Вишок капацитет

компонента	капацитет	капацитет	
Шасии	120	86	34
Линиски картички	2,100	1,859	241
Порти	100,800	89,232	11,568

3.72 Додека вишокот капацитет е една интерпретација, не е и единствена. Зошто операторот би инсталирал 120 DSLAM шасии, а да користи само 80? Зошто би инсталирал 100,800 порти, а да користи само 65,000? Од дискусијата погоре (i) порастот на бизнисот и оперативниот капацитет и (ii) финансирањето на продавачот се можни причини за резервниот капацитет. Не смее да се мешаат вишокот со резервниот капацитет.

3.73 Предлагаме да се моделира резервниот капацитет со користење на (a) правила за димензионирање на мрежа наместо стапки на искористеност заедно со (b) ограничување на залихата. На пример, да претпоставиме дека тековните правила на операторот за димензионирање/обезбедување на мрежата се две (2) години за шасии и една (1) година за линиски картички. Ова значи дека инсталираниот капацитет на шасијата денес ќе ја задоволи побарувачката за бродбенд за две години од сега и инсталираниот капацитет на портите ќе ги задоволи и потребите за една година од сега. Но, со ова се претпоставува дека ниту едно ограничување не е фиксно.

3.74 За да се види како ограничувањата меѓусебно влијаат со побарувачката и со димензионирање на мрежата-/обезбедување на правила е прикажано во табелата подолу. Во табелата, ограничувањето е 15,000 порти годишно.

Ограничувања во проширување

Пристап	Година 1	Година 2	Година 3	Година 4	Година 5	Вкупно
BOC	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	75,000
NDR	3,000	6,000	12,000	20,000	25,000	66,000
Разлика	12,000	9,000	3,000	(5,000)	(10,000)	9,000
Вистинско проширување	6,000	15,000	15,000	15,000	15,000	66,000

BOC = ограничување во проширување – build-out constraint
NDR = правило за димензионирање на мрежата

3.75 Оттаму, максималниот број на порти што може да се инсталираат во период од пет (5) години е 75,000. Правилото за димензионирање на мрежата пак, бара да се инсталираат 66,000 порти во истиот временски период.

3.76 Но, во година 4 и година 5, бројот на порти што треба да се инсталираат го надминува ограничувањето за проширување од 15,000 ($NDR_t > BUC_t$). Ова значи дека дополнителни порти треба да се инсталираат во година 1 – 3. Ова е прикажано во табелата во редот Вистинско проширување. Треба да се забележи дека во година 1, искористеноста на портите е 50%: 6,000 се инсталирани, но само 3,000 се користат[12].

[12] Поточно кажано, оваа рата на искористување се однесува на промената во капацитетот, а не на нивото на капацитет.

3.77 Во табела-X.10, BOC не е фиксно. Тоа значи, ограничувањето на капацитетот од 75,000 го надминува правилото за димензионирање на мрежата од 66,000. Но, можно е BOC да биде фиксно (т.е. $\Sigma BOC_t > \Sigma NDR_t$). Ова е можно ако побарувањето е како Gompertz (дифузиска) крива со тек на време.

3.78 Во овој случај, побарувачката ја надминува залихата и пазарот е неурамнотежен.

3.9 Проекции на побарувања

Економија на обем

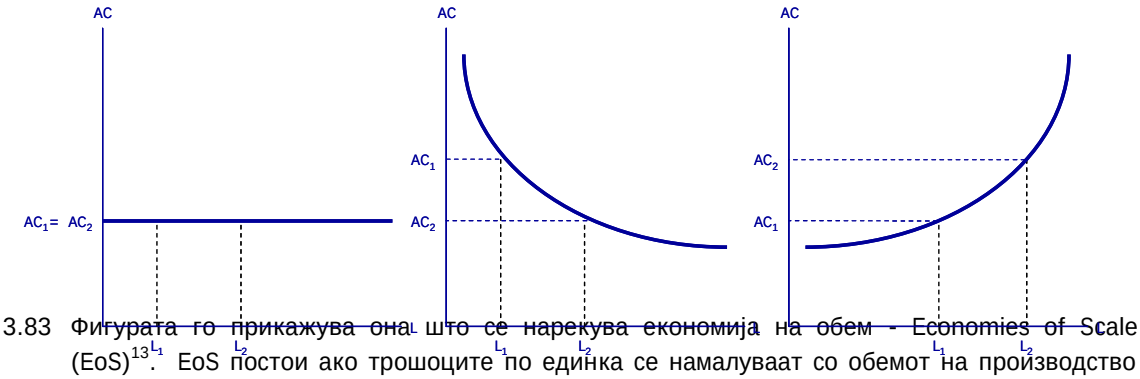
3.79 При пресметка на месечниот трошок за кирија за, да речеме, 2048kbit/s асиметрична широкопојасна конекција, трошокот се добива по број на конекции. Треба да биде јасно дека вкупниот трошок - Total Cost (TC = TC(L), каде L = број на 2048kbit/s конекции (линии)) се зголемува како што се зголемува бројот на конекции L.

3.80 Но, тоа што не е толку јасно е дали просечниот трошок - Average Cost (AC = AC(L) = TC(L)/L се зголемува, намалува или останува константен со зголемување на бројот на конекции L.

3.81 Ако AC(L) е константно без разлика на бројот на бродбенд конекции, тогаш нема да има потреба да се прават детални проекции на побарувања. Моделирањето на трошоците е доволно. Од друга страна пак, ако AC(L) е променливо тогаш треба да се направат проекции на побарувањата бидејќи тогаш AC(L) зависи од бројот на конекции.

3.82 Ова е прикажано во следната фигура.

Економија на обем



3.83 Фигурата го прикажува она што се нарекува економија на обем - Economies of Scale (EoS)[13]. EoS постои ако трошоците по единка се намалуваат со обемот на производство на услугата. За фирма која нуди повеќе од една услуга, трошоците по единка не се јасно дефинирани. Во овој случај, EoS постои ако фирмата го зголеми производството за сите услуги во еднаков размер со различно зголемување во трошокот.

[13] Фигура-X.1(c) го прикажува она што се нарекува не-економија на обем - Diseconomies of Scale (DoS).

3.84 Постојат повеќе извори на EoS:

(1) Фиксни трошоци;

(2) Фиксен капацитет на компонентите;

(3) Различни технологии на различни скали од производството; и

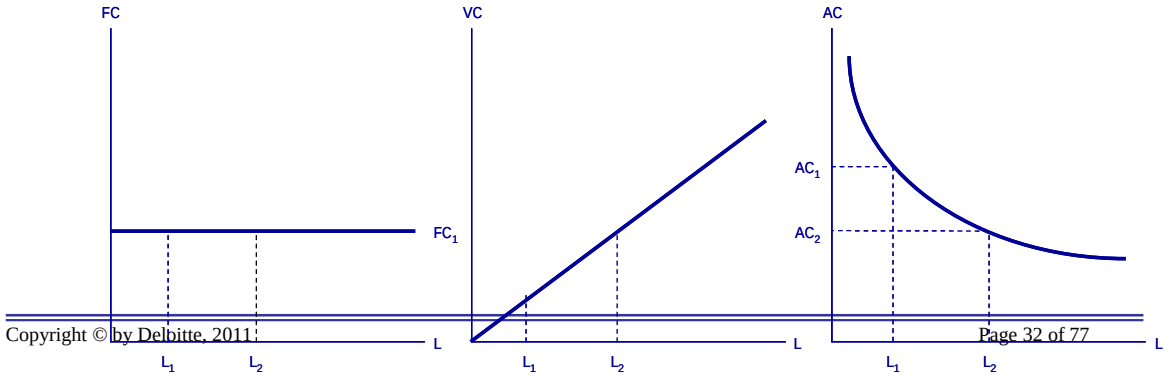
(4) Економија на куповна моќ.

3.85 Секој од овие извори се однесува на телекомуникациите. Подолу, ќе го дискутираме секој извор посебно.

Фиксни трошоци

3.86 Фиксните трошоци се очигледен извор на економијата на обем. Како што се зголемува волуменот, просечниот фиксен трошок по единка се намалува. Ако варијабилните трошоци се константни, тогаш просечната цена по единка опаѓа. Големината на EoS генерирана од фиксните трошоци зависи од големината на фиксните трошоци во однос на варијабилните. Ова е прикажано во следната фигура.

Фиксни против варијабилни трошоци



3.87 Во фигурата погоре, повисоките фиксни трошоци водат кон повисоки просечни трошоци/трошоци по единка за ниски широкопојасни конекции. Но, за високи широкопојасни конекции, просечните фиксни трошоци - Average Fixed Costs (AFC(L) = FC/L) тежат кон нула и просечните трошоци се приближуваат кон просечните варијабилни трошоци - Average Variable Costs (AVC(L) = VC(L)/L).

3.88 Минималниот ефикасен обем - Minimum Efficient Scale (MES) се дефинира како нивото на производство (мерено по претплатници) каде што EoS се исцрпени.

3.89 Телекомуникациските мрежи се карактеризираат со големи фиксни инвестиции и заеднички централи за две или повеќе услуги. Повеќето трошоци се фиксни. На пример, една од главните трошковни компоненти при градење на цевководна мрежа е капитализираниот цивилен инженерски трошок за работна сила потребна да се ископаат и пополнат подземните ровови. Овој трошок мора да се направи без разлика дали се работи за еден или повеќе парови на кабли. Оттаму, повеќето од трошоците за цевководната мрежа се фиксни по природа.

3.90 Слично, локалната централа обезбедува конекции до PSTN, како и комутирање на локални, национални и интернационални повици. Оттаму, трошоците за планирањето, инсталацијата и сместувањето (имот и зграда) на локалната централа се фиксни и се обезбедуваат најчесто четири категории на услуги.

Фиксен капацитет на компонентите

3.91 Телекомуникациските средства најчесто се долготрајни. Поради високиот трошок за телекомуникациската централа, опремата најчесто се дизајнира во модуларни единки со фиксен капацитет за кога капацитетот ќе се зголеми да се задоволи моменталната побарувачка, наместо да се инсталира целиот капацитет одеднаш за да се задоволи евентуалната побарувачка. Секоја опрема со фиксен капацитет е извор на EoS бидејќи фиксниот капацитет дава пораст на фиксниот трошок.

3.92 Голем дел од компонентите во една централа имаат фиксни капацитети и поради тоа се дополнителен извор на EoS. На пример, SI3000 MSAN[14] шасијата на Искрател има максимален капацитет од 18 линиски картички. За возврат, ADSL2+ картичка има 48 порти. Отаму, секоја шасија има максимален капацитет од 864 (= 18x48) ADSL2+ широкопојасни конекции. Всушност речиси сите модерни архитектури на комутатори користат модуларни компоненти со фиксни капацитети. Кога бројот на линии или волуменот на сообраќај ќе го надмине капацитетот на компонентата, се додава нова компонента.

Различни технологии на различни скали од производството

3.93 Други извор на EoS е користење на различни технологии на различни скали од производството. Ова особено се однесува на опремата за пренос. Табелата подолу го прикажува капацитетот во поглед на 64 Kbit/s канали за SDH опрема за пренос.

SDH капацитет на линија[15]

Капацитет	STM - 1	STM - 4	STM - 16	STM - 64
64 Kbit/s канали	2,422	9,688	38,752	155,008

3.94 Иако бројот на канали се зголемува за фактор од четири од едно ниво на наредното, цената на опремата од производителот не се зголемува. Оттаму трошокот за 620 Mbit/s (STM – 4) систем е помал од трошокот за четири 155 Mbit/s (STM – 1) системи. Оттаму, што повеќе канали се потребни, толку е поефтино по канал. Повеќе сообраќај бара повеќе канали што значи дека трошокот по минута за сообраќај се намалува со обемот на сообраќај.

3.95 Слично на тоа, каблите доаѓаат во различни големини. На пример, оптичките кабли доаѓаат во 8, 16, 24, 28 и 96 пара[16]. Исто како и претходно, 96 парови кабли чинат помалку од два 48 парови кабли по метар.

Куповна економија

3.96 Друг извор на EoS е куповната моќ. Поголемите оператори најчесто договараат поголеми попусти за централи и опрема со производителите. На пример, BT може да договори големи намалувања во трошокот по автомобил поради бројот на возила која го купува.

Проекции на побарувања

[14] Искрател е Словенски производител на телекомуникациска опрема. Неговата веб страна е: www.iskratel.com.

[15] Вистинскиот капацитет на линиите на SDH се малку помали од тие претставени во табела-3.6 поради потребата на Path Overheads (POH).

[16] Можни се и други големини.

3.97 За крај, прашањето дали широкопојасните услуги се предмет на EoS или DoS е прашање кое ќе го одговори моделот. Но, постојат повеќе причини со кои широкопојасните услуги се предмет на EoS во Републиката. Тие се: (a) присуството на фиксни трошоци поради потребата да се обезбедат услугите на национално ниво без разлика на побарувачката и (b) присуството на фиксен капацитет на компонентите.

3.98 Поради тоа, за моделот е потребна 5-10 годишна проекција на побарување. Како што е дискутирано и на друго место во овој документ, предлагаме да се моделира географска scorched node мрежна топологија. Ова значи дека DSLAMS ќе се наоѓаат кај постоечката локална централа - Local Exchange (LX) (види фигура подолу).

Мактел LE локации

3.99 Како резултат на тоа, проекциите на побарувачка треба да се подготват на регионална или на база на областа на локалната централа - Local Exchange Area (LEA).

3.100 Табелата подолу е пример за пет (5) годишна проекција на побарувачка. Важно е да се разбере дека ова е само за илустративни цели. Очигледно, оваа табела се повторува за секоја LEA.

3.101 Табелата подолу се однесува на побарувачката на пазарот. Но, потребни се две дополнителни проекции. Првата дополнителна проекција се акциите на пазарот. Тоа значи дека за секоја LEA е важно да се подели побарувачката помеѓу малопродажбата на МакТел и големопродажниот битстрим. Ова е важно бидејќи МакТел си обезбедува бистрим за себеси на ERG ниво 4. Но, другите оператори ќе одберат микс од точки на

предавање - Point of Handovers (PoH) од ниво 2 – ниво 4. Ова имплицира на тоа колку капацитет е потребно и во агрегациската мрежа и во основната мрежа.

3.102 Второ, за секоја LEA е важно да се определи какви PoH (или микс на PoH) се потребни.

3.103 Проектирањето на миксот на PoH за секоја LEA е многу предизвикувачко, особено со оглед на ниската застапеност на широкопојасност/битстрим во Републиката. Поради тоа, ќе го земеме миксот на PoH како кориснички дефиниран параметар за моделот. Ова му овозможува на корисникот да го одреди миксот на PoH на индивидуално ниво за секоја централа или заеднички.

Проекции на побарувачка на пазарот за LEA ABC

Пропусност	Почетна година	Година 1	Година 2	Година 3	Година 4	Година 5

Проекции на сообраќај во зафатен час за LEA ABC

Пропусност	Почетна година	Година 1	Година 2	Година 3	Година 4	Година 5

Кориснички дефиниран микс на PoH

PoH	Mix
ERG Level 2	0%
ERG Level 3	100%
ERG Level 4	0%

3.104 Проекциите за побарувачка за широкопојасен пристап и проекциите на уделот на пазарот се директен влез во моделот. Овие проекции се одговорност на Агенцијата. Агенцијата ќе ја објави методологијата за проекции на побарувачка посебно, во соодветно време.

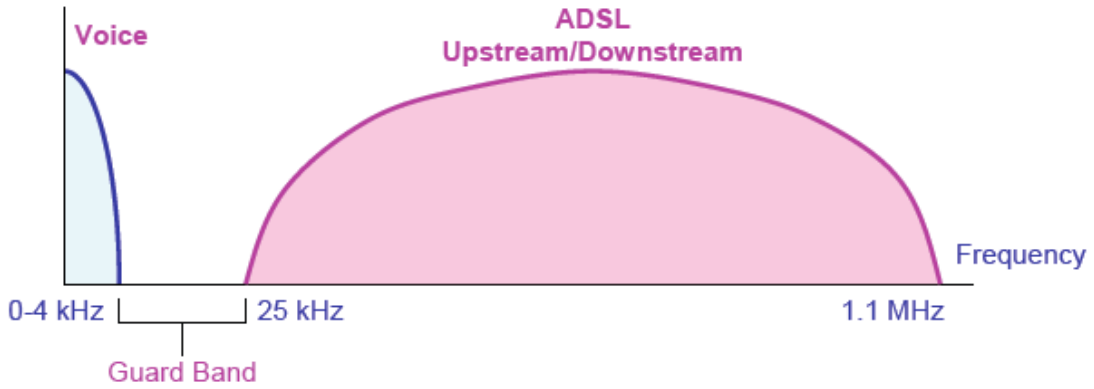
4 ЈАЗЛИ ЗА ПРИСТАП

4.1 DSL технологија

4.1 Дигитална претплатничка линија - Digital subscriber line (DSL) е широкопојасна технологија за пристап која овозможува брз пренос на податоци низ постоечките бакарни телефонски жици (“локални јамки”) кои ги поврзуваат домовите на претплатниците со нивната локална телефонска компанија - Central Offices (COs).

4.2 Спротивно на пристапот до мрежа со аналоген модем кој користи до 4kHz фреквенции на сигнал и е ограничено на 56Kbps, може да постигне брз пренос на податоци со користење на напредна технологија за модулација на сигнал со фреквенција од 25kHz до 1.1Mhz.

4.3 Со користење на DSL модеми, дигиталните сигнали можат да пренесуваат податоци заедно со аналогниот гласовен сигнал на истата жица. Сигналите можат да се одвојат и притоа да нема никакви пречки меѓу нив.



4.4 Постојат повеќе DSL стандарди дефинирани од American National Standards Institute (ANSI) и European Telecommunications Standards Institute (ETSI) и прифатени од страна на индустријата. Овие варијанти на DSL технологии најчесто се карактеризираат со различни големопродажни/малопродажни стапки на испраќање и примање на податоци (upstream and downstream), максимална должина на жица и соодветни кориснички апликации – домашни, за мала канцеларија или бизнис ориентирани. Колективно, DSL стандардите се нарекуваат xDSL.

4.5 Отприлика, xDSL стандардите можат да се поделат во следните три групи:

- Симетричен DSL – има иста стапка на испраќање и примање на податоци
- Асиметричен DSL – има поголема стапка на примање на податоци отколку на праќање
- Симетричен и асиметричен DSL – може да пренесува податоци симетрично и асиметрично

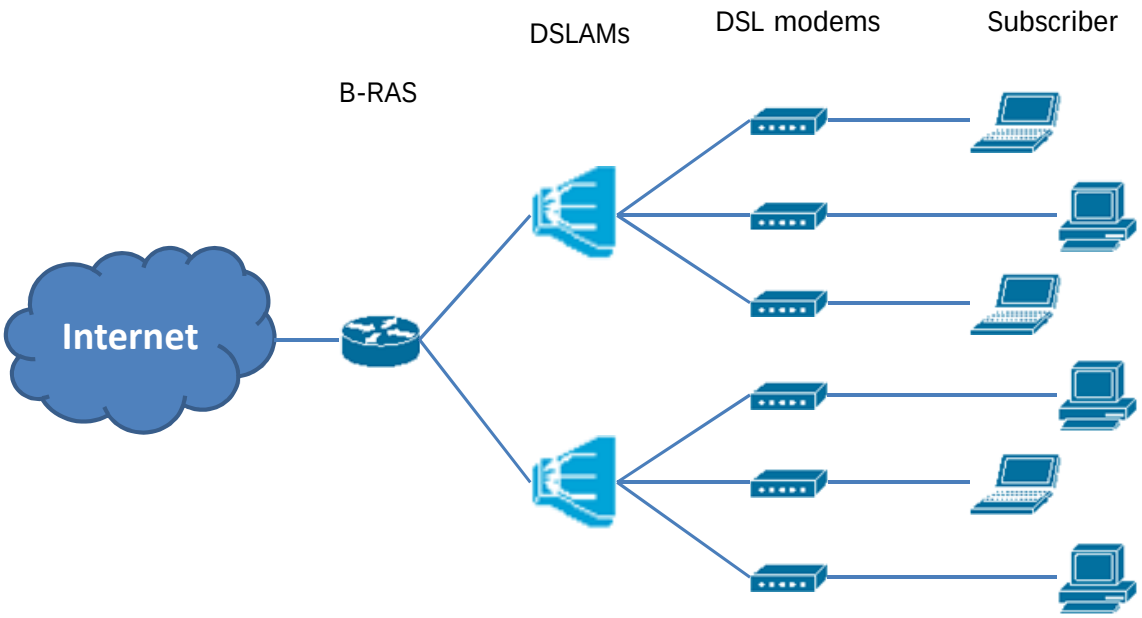
4.6 Асиметрична дигитална претплатничка линија - Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) варијантите се најпопуларни имплементации на DSL највеќе поради погодноста за Интернет сурфање бидејќи има доста поголема стапка на примање на податоци (download).

4.7 DSL не е единствената широкопојасна технологија за пристап на пазарот што е способна да им овозможи висока стапка на пренос на претплатниците. Најзначајните алтернативи се кабелската мрежа, сателитската мрежа и останатите безжични технологии како WiMax.

4.8 Кабелските мрежи и операторите претставуваат најголема конкуренција на DSL мрежите и провајдерите на услуги (кои најчесто се телефонски компании).

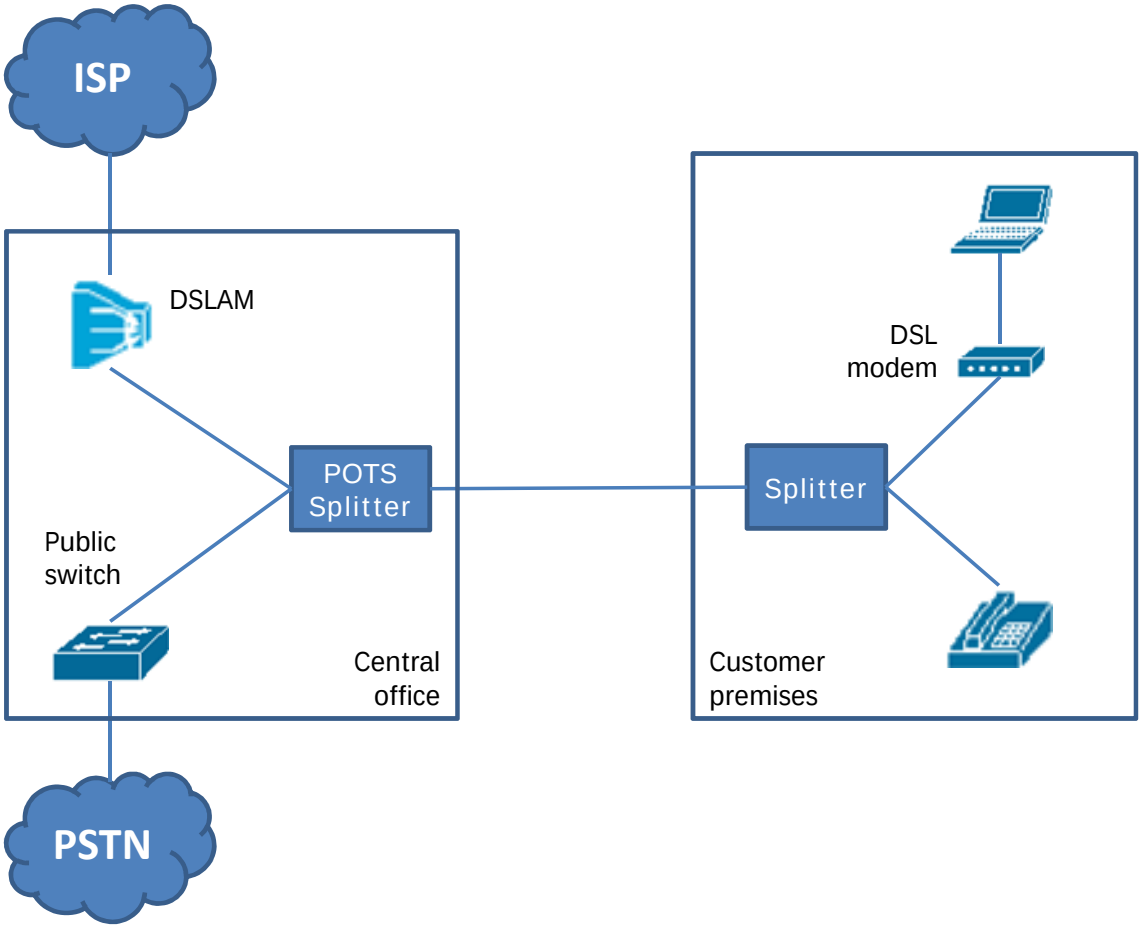
4.9 Иако алтернативните технологии имаат свои предности, DSL е најефикасната опција поради способноста да се искористат постоечките телефонски кабли насекаде низ светот без големи и скапи надградби на инфраструктурата.

4.10 Кога дигитални податоци се праќаат од DSL претплатник, тие патуваат низ компјутерот или мрежата преку DSL модем се до другиот крај до CO на телефонската компанија. На CO крајот (локална јамка) податоците се примаат преку мултиплексер на дигитална претплатничка линија за пристап - Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM). DSLAM ги агрегира дигиталните приливи на податоци од бројни корисници на еден висококапацитетен аплинк (ATM или Gigabit Ethernet) се до провајдерот на Интернет. Кај ISP агрегираните податоци се процесираат од страна на широкопојасен сервер за далечински пристап - Broadband Remote Access Server (B-RAS) кој ги идентификува ингеренциите на претплатникот, ги валидира корисничките полиси за пристап и ги рутира податоците до нивната соодветна дестинација на Интернет.



4.11 Ова е многу прост преглед за текот во DSL мрежата за пристап, но ја кажува потребната порака околу тоа што го прави DSL, а тоа се DSL модемите, DSLAM и B-RAS серверите.

4.12 Подетален преглед на DSL конекцијата е прикажано на следната слика.



4.13 Патеката која ја преземаат податоците до DSLAM ги инволвира следните чекори:

- Локација на претплатник: DSL модем каде што завршува ADSL, SHDSL или VDSL коло
- Локална јамка: жиците на телефонската компанија од претплатникот до централната канцеларија на телефонската компанија, а најчесто се нарекува “последната милја”
- Централна канцеларија
    - Главна дистрибуциска рамка: ги поврзува надворешните претплатнички линии со внатрешните. Се користи за да ги поврзат јавните или приватните линии кои доаѓаат до зградата со интерните мрежи.
    - xDSL филтери: DSL филтерите се користат во централната канцеларија за да ги раздвојат податочните од гласовните сигнали. Гласовниот сигнал може да се рутира до POTS провајдер или да се остави неискористен додека податочниот сигнал се рутира до ISP DSLAM преку HDF
    - Дистрибуциска рамка за предавање - Handover Distribution Frame (HDF): дистрибуциска рамка која ја поврзува последната милја со DSLAM на провајдерот на услугата
    - DSLAM: направа за DSL услуга. DSLAM портата каде што е поврзана локалната јамка на претплатникот ги конвертира аналогните електрични сигнали во податочен сообраќај и обратно.

4.2 DSLAM

4.14 Мултиплексерот на дигитална претплатничка линија за пристап - Digital Subscriber Line Access Multiplexer или DSLAM е опремата која вистински го овозможува DSL. DSLAM работи со високобрзинските податочни текови од бројните модеми кој што доаѓаат од бројните кориснички на DSL модеми и се агрегираат во високо-капацитетни аплинк – ATM или Гигабитен Етернет до ISP.

4.15 DSLAM ги "собира" податоците од неговите порти и го агрегира сообраќајот од овие порти во еден "композитен комплексен сигнал" преку мултиплексирање.

4.15.1 Современите DSLAM најчесто поддржуват повеќе DSL типови на пренос – ADSL, SDSL, итн како и различен протокол и технологии за модулација за ист DSL тип.

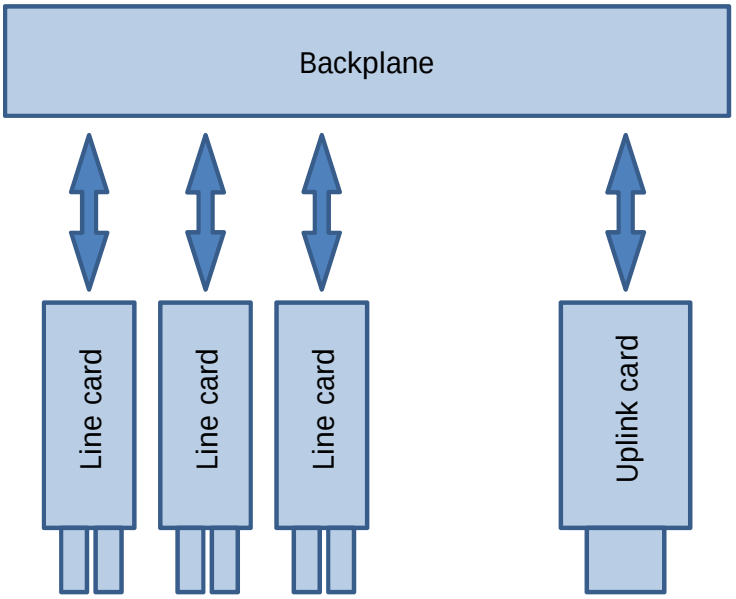
4.16 За да се задоволат побарувањата на широкопојасната мрежа за услуги како VoDSL и IPTV, DSLAM, во прилог на DSL функциите за агрегација, се овозможени дополнителни функционалности како менаџирање на сообраќај, QoS и слично.

4.17 Мултилексирањето може да се базира на TDM (Time Division Multiplexing) шема, или на комутаторска шема како Frame-Relay, IP или ATM. Комутаторските шеми имаат предност со тоашто ја ограничуваат брзината на аплинк до основната мрежа до вредност помала од збирот на сите брзини на пристап на сите крајни корисници. Овој сооднос е мерка за квалитетот на услугата.

4.18 DSLAM имплементациите базирани на комутаторска технологија во главно се користат кај услугите за Интернет пристап, додека DSLAM имплементациите базирани на TDM се почести за услугите за изнајмени линии и поврзување до инфраструктурата на основната мрежа .

4.19 Од висока перспектива, DSLAM архитектурата вклучува голем број на xDSL линиски картички кои завршуваат до локалната јамка на претплатникот и една или повеќе ATM OC-3/12/48 или Етернет/Гигабит Етернет аплинк картички за сообраќај. Линиските и аплинк картичките се меѓусебно поврзани со агрегациска плоча со висок капацитет која може да игра улога и на ATM, Етернет мост или комутатор. Поголемиот дел од модерните DSLAM поддржуваат повеќе услуги и DSL технологии – т.е. ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL и VDSL, итн и поради тоа овие направи можат да имаат повеќе типови на xDSL линиски картички.

4.20 Следната слика ја опишува DSLAM архитектурата.



4.21 Од перспектива на процесирање на сообраќај, се појавија два различни модели на архитектура – централизирана и дистрибуирана.

4.22 Во централизираниот модел цело комплексно процесирање на сообраќајот (пр. класификација, филтрирање, QoS, итн) се врши на единствена централна аплинк картичка. Линиските картички во централизираниот модел се "глупави" и ефтини и ги содржат само основните компоненти потребни за предавање на сообраќајот до аплинк картичката. Централизираната архитектура се смета најдобра за големи DSLAM со висока густина и агрегациски-центрирани со умерена потреба за процесирање на сообраќај. Пример за централизирани DSLAM имплементации се производите базирани на Intel IXP2400 NP дизајнот.

4.23 Во дистрибуираниот модел, дел или целото комплексно процесирање на сообраќајот се истоварува на паметните линиски картички - smart line cards базирани на програмабилни мрежни процесори (процесори на сообраќај на линиска картичка - Linecard Traffic Processors или LTP). Аплинк картичката со ваква архитектура може да биде едноставна колку Етернет комутатор или пак да бара полно опремен мрежен процесор за покомплексни сценарија како IPoMPLS.

4.24 Дистрибуираниот модел преовладува кај DSLAM со способности за комплексно процесирање на сообраќај – како IP-DSLAMs со ниво-3 IP функционалност, AAA, QoS и спроведување на безбедност.

4.25 Дистрибуираната DSLAM архитектура има доста предности над централизираниот модел – како способност за процесирање на локален сообраќај на линиските картички (локално мултикастирање и локално peer-to-peer комутирање на сообраќај) и тршоци за линеарна експанзија на DSLAM полица (т.е. делумно пополнетите DSLAM полици со ефтини

аплинкови можат да бидат мал почетен трошок и може кога било да се прошират со инсталација на дополнителни линиски картички).

4.3 Принципи на моделирање

4.26 Јазлите за пристап ќе се моделираат со користење на географски scorched node пристап. Ова значи дека географските локации на DSLAM опремата ќе останат исти и опремата кај секој јазол ќе се моделира по потреба.

4.27 Опремата со која операторот моментално располага ќе се користи за моделирање, но секоја локација ќе се конфигурира оптимално и ќе се користи најефтина конфигурација на опремата.

4.28 Моделот ќе ги земе во предвид ограничените функционалности на DSLAM опремата што се користи, како максимален број на IPTV претплатници, максимален број на линиски картички и максимален број на порти по линиска картичка.

4.29 Карактеристики на опремата потребна за моделирање се следните:

- Број на уреди кои може да ги собере во една решетка (rack) за секој тип на уред кој се користи
- Напојување за опремата
- Број на слотови по тип на уред
- Број на порти по тип на уред

4.30 Минимална мрежа ќе се дефинира како најмалата можна мрежа која може да се направи за да се задоволи минималната побарувачка (способноста да се поврзе барем еден претплатник) за секој географски јазол.

4.31 Односот трошок обем ќе се направи со покачување на побарувачката за претплатници и дизајн на оптимална конфигурација на опрема. За оваа конфигурација се пресметува бруто трошок за замена и, заедно со покачената побарувачка, служи како основа за градење на CVR.

4.4 Параметри за моделирање

4.32 Клучни трошковни двигатели за широкопојасните мрежи се:

- Бродбенд претплатници – потребна е порта на DSLAM линиската картичка за секој претплатник
- Пропусност на услугата – ја одредува потребната технологија
- Сообраќај во зафатен час – го одредува дизајнот на мрежата.

4.33 Клучни параметри за сообраќајот и претплатниците се:

- Тековен број на претплатници по услуга (ADSL, изнајмени линии, Етернет пристап, битстрим, итн.)
- Проектиран број на претплатници по услуга
- Сообраќај во зафатен час и проекција за вкупно сообраќај по услуга

4.34 Претпоставуваме дека овие параметри ќе ги постави или операторот или агенцијата.

4.35 Параметрите кои се однесуваат на опремата и трошокот за замена на таа опрема ќе се базираат на добиените податоци од операторот.

5 АГРЕГАЦИСКА МРЕЖА

5.1 Агрегациска мрежа е дел од телекомуникациската мрежа што се протега од јазлите за пристап до широкопојасниот сервер за далечински пристап - Broadband Remote Access Server (BRAS). BRAS е широкопојасен мрежен портал и е агрегациската точка за корисничкиот сообраќај. Овозможува агрегациски способности (пр. IP, PPP, Етернет) помеѓу мрежата за пристап и давателот за мрежни услуги или давателот за апликациски услуги. Покрај агрегацијата, исто така е и точка на инјектирање за менаџирање на полиси и IP QoS во мрежата за пристап.

5.2 При поставувањето на DSL се користело ATM за да се агрегира мрежата за пристап во регионалната широкопојасна мрежа. При вакво поставување, јазолот за пристап функционира како ATM агрегатор и за вкрстување, ги мултиплексира корисничките ATM PVC и ги демултиплексира назад.

5.3 Агрегираниот сообраќај од јазлите за пристап се насочува кон IP јазол, односно BRAS серверот. BRAS може физички да се наоѓа или во регионалната мрежа или во мрежата на провајдерот и е воглавно вклучен во PPP прекинување и тунелирање. BRAS исто така може да се наоѓа на работ на регионалната мрежа и неговата функционалност се зголемува за да може да се вклучи и менаџирањето на претплатниците, напредно IP процесирање, вклучувајќи IP QoS и напредни способности за менаџирање на сообраќај.

5.4 Модерната топологија на мрежата за пристап ја базира поврзаноста помеѓу јазлите за пристап и широкопојасниот мрежен портал на Етернет. Јазлите за пристап можат да бидат директно поврзани или да одат преку агрегацискиот слој пред да дојдат до широкопојасниот мрежен портал.

5.5 Агрегациските слоеви зависат од употребената технологија и од големината на широкопојасната мрежа.

5.1 Асинхрон режим на пренос

5.6 Асинхрониот режим на пренос - Asynchronous Transfer Mode (ATM) е стандардна техника за комутирање која користи Time Division Multiplexing (TDM) и ги кодира податоците во мали ќелии со фиксна големина. Ова е различно од пристапите како Интернет протокол или Етернет кои користат пакети или рамки со различна големина.

5.7 ATM овозможува услуги на податочното ниво кои минуваат низ голем број на OSI физички врски и е дизајниран за мрежа која мора да се справи со високопропусен сообраќај и real time содржини со ниска латентност како глас и видео.

5.8 ATM мрежите се конекциски ориентирани и мора да се постават виртуелни кола помеѓу двете крајни точки за да може да се почне со размената на податоци.

5.9 ATM е cell-switching и мултиплексирачка технологија која ги комбинира предностите на комутирање на кола - circuit switching (гарантиран капацитет и константно каснење во преносот) со предностите на комутирање на пакети (флексибилност и ефикасност за наизменичен сообраќај). Овозможува скалабилна пропусност од неколку мегабити во секунда (Mbps) до многу гигабити во секунда (Gbps). Поради асинхроната природа, ATM е

поефикасен од синхроните технологии како TDM. Со TDM, секој корисник се назначува на временски слот и ниту една друга станица не може да праќа во тој временски слот. Ако станицата има многу податоци што треба да се пренесат, може да праќа само кога ќе дојде нејзиниот временски слот, дури и ако сите други временски слотови се празни. Но, ако станицата нема ништо да пренесе кога ќе дојде нејзиниот временски слот, временскиот слот е празен и залудно потрошен. Бидејќи ATM е асинхрон, временските слотови се достапни по потреба и изворот на преносот се одредува според заглавјето на секоја ATM ќелија.

5.10 ATM пренесува информации преку единки со фиксна големина наречени ќелии. Секоја ќелија се состои од 53 октети (бајти). Првите 5 бајти го содржат заглавјето, а останатите 48 го содржат "товарот" (корисничката информација). Малите ќелии со фиксна големина се погодни за пренесување на гласовен и видео сообраќај затоа што кај ваквиот сообраќај не се толерира каснење и не мора да се чека за да се симне некој поголем податочен пакет.

5.11 ATM мрежата се состои од ATM комутатори и ATM завршетоци. ATM комутаторот е одговорен за транзитот на ќелијата низ ATM мрежата. Работата на ATM комутаторот е јасно дефинирана: ги прифаќа ќелиите што доаѓаат од ATM завршетоците или друг ATM комутатор. Потоа, ги чита и ажурира заглавјата на ќелиите и брзо ги носи кон интерфејс до дестинацијата. ATM завршетокот (или краен систем) го содржи интерфејс адаптерот за ATM мрежата.

5.12 ATM мрежата се состои од сет на ATM комутатори меѓусебно поврзани со point-to-point ATM врски или интерфејси. ATM комутаторите поддржуваат два примарни типа на интерфејси: UNI и NNI. UNI ги поврзува ATM крајните системи (како хостови и рутери) до ATM комутатор. NNI поврзува два ATM комутатори.

5.13 Во зависност од тоа дали комутаторот е во сопственост и се наоѓа кај корисникот или е во јавна сопственост и управуван од страна на телефонската комапнија, UNI и NNI можат дополнително да се поделат на приватни и јавни UNI и NNI. Приватниот UNI го поврзува ATM завршетокот со приватен ATM комутатор. Јавниот UNI го поврзува ATM завршетокот со приватен или јавен комутатор. Приватниот NNI поврзува два ATM комутатори во истата приватна организација. Јавниот поврзува два ATM комутатори во истата јавна организација.

5.14 Постојат три типа на ATM услуги: перманентни виртуелни кола - permanent virtual circuits (PVC), комутирани виртуелни кола - switched virtual circuits (SVC), и безконекциска услуга (слично на SMDS). PVC овозможува директна поврзаност помеѓу сајтови. На овој начин, PVC е слично на изнајмена линија. Предност на PVC е тоа што гарантира конекција и не бара подесување помеѓу комутаторите. Маните на PVCs се статичка конекција и рачно подесување. SVC се креира и испушта динамички и се користи се додека се пренесуваат податоци. Во овој смисол, слично е на телефонски повик. Динамичката контрола за повик бара сигнален протокол помеѓу ATM завршетоците и ATM комутаторот. Предностите на SVC се конекциска флексибилност и подесување на повик кои може да се направи автоматски преку мрежен уред. Маните се дополнителното време и режиските трошоци за да се постави конекција.

5.15 ATM мрежите се конекциски ориентирани, што значи дека мора да се постави виртуелен канал - virtual channel (VC) низ ATM мрежата пред каков било трансфер на податоци. (Виртуелниот канал е скоро ист со виртуелното коло.)

5.16 Постојат два типа на ATM конекции: виртуелни патеки, кои се идентификуваат со идентификатори за виртуелна патека VPI, и виртуелни канали, кои се идентификуваат со комбинација од VPI и идентификатори за виртуелен канал - virtual channel identifier (VCI).

5.17 Виртуелната патека е пакет од виртуелни канали, од кои сите се транспарентно комутирани низ ATM мрежата на база на заедничко VPI. Сите VCI и VPI, имаат само локална значајност за одредена врска и одново се мапираат кај секој комутатор.

5.18 Патеката за пренос е пакет од VP. Следната слика прикажува како VC се конкатенираат за да се креира VP, кои пак, се конкатенираат за да се формира патека за пренос.

5.2 Етернет

5.19 Етернетот е LAN протокол дизајниран од страна на Xerox корпорацијата во соработка со DEC и Intel во 1976

5.20 Етернет, физичкиот слој од LAN технологијата, е најкористената LAN технологија поради брзината, нискиот трошок, и релативната леснотија за инсталација. Поддржан е од скоро целиот компјутерски пазар и ги поддржува повеќето мрежни протоколи.

5.21 Robert Metcalfe, инженер на Xerox, прв ја опишал Етернет мрежата како систем 1973. За тоа време, иновативниот, но и напреден систем, се користел за да се поврзат компјутерски работни станици за праќање податоци помеѓу работни станици и печатари.

5.22 Етернетот на Metcalfe е моделиран според мрежата на Aloha развиена во 60-титена Универзитетот на Хаваи. Но, овој систем открил колизии помеѓу симултано пратени рамки и имал процес на слушање пред да се пратат рамките, со што многу се намалила колизијата.

5.23 Иако Metcalfe и неговите соработници добиле патенти за Етернетот и Етернет репетиторот, и Етернетот бил целосно во сопственост на Xerox, Етернетот не бил дизајниран да биде комерцијален систем. Подоцна станал светски стандард.

5.24 Додека 10 Mb/s било многу брзо во средината на 80-тите, потребата за брзина резултирала со нов стандард во 1995 (IEEE 802.3u) за 100 Mb/s Етернет низ бакарни или оптички кабли. Иако 100Base-T стандардот бил сличен со 10Base-T, дизајнерите на мрежа морале да одредат кои корисници имале потреба од повеќе пропусност. Бидејќи имало избор на пропусности, стандардот исто така поддржувал опрема за усогласување на двете брзини.

5.25 Со други зборови, ако етернет направата пренесува или прима од 10 Mb/s мрежа, ја поддржува таа мрежа. Ако таа мрежа е 100 Mb/s, истиот уред може автоматски да се промени кон повисоката стапка на пренос. Етернет мрежите тогаш можеле да бидат 10 Mb/s или 100 Mb/s (брз Етернет - Fast Ethernet) и поврзани со 10/100 Mb/s Етернет уреди кои автоматски ќе ја менуваат брзината на мрежата.

5.26 Гигабит Етернет - Gigabit Ethernet работи слично како 10 Mb/s и 100 Mb/s Етернет, само побрзо. Го користи истиот IEEE 802.3 формат на рамка, full duplex, и методи за контрола на тек. Дополнително, користи CSMA/CD во half-duplex режим, и поддржува алатки за едноставни протоколи за менаџирање на мрежа simple network management protocol (SNMP).

5.27 Гигабит Етернетот користи големи рамки за да се намали стапката на рамки до крајниот хост. Стандардните Етернет рамки се помеѓу 64 и 1518 бајти. Големите рамки се помеѓу 64 и 9215 бајти. Бидејќи големите рамки можат се состојат од повеќе мали, користењето на големи рамки за Гигабит Етернетот значително го намалува бројот на пакети (од повеќе од 80,000 до помалку од 15,000 во секунда) кои се примаат и процесираат од крајниот хост.

5.28 Гигабит Етернетот може да се пренесува преку CAT 5 кабелот и оптички кабли како следните:

- 1000Base-CX—Транспорт со кратко растојание (бакар)
- 1000Base-SX—850 nm бранова должина (оптика)
- 1000Base-LX—1300 nm бранова должина (оптика)

5.29 Работењето на 10 Гигабит Етернет е слично со Етернети со побавна брзина. Ги користи истите IEEE 802.3 Етернет рамки и протоколи. Но, 10 Гигабит Етернет работи само на point-to-point врски во full-duplex режим. Дополнително користи само повеќе режимски или оптички кабли со единечен режим за транспорт на Етернет рамки.

5.30 10 Гигабит Етернет стандардот (IEEE 802.3ae) дефинира две мрежни апликации на физичкиот слој:

- LAN PHY
- WAN PHY

5.31 Етернетот најчесто се опишува како систем на достава за пакети. Во реалноста, Етернет рамката е составена од сите потребни делови за да се задоволи побарувачата и дефиницијата за пакет. Етернет рамката има заглавје (Preamble - должина), товар (LLC -

Pad), и trailer (Секвенца на проверка на рамки - Frame Check Sequence) кои се спакувани заедно како специфично организиран начин на пренос.

5.32 CSMA/CD стандардот дефинира како Етернет рамките одат на Етернет мрежата. Бидејќи само еден сигнал може да се пренесува во дадено време на Етернет мрежата, секој Етернет уред слуша дали друг уред пренесува во тој момент. Ако патеката е чиста, кој било Етернет уред може да пренесува поради повеќекратниот пристап до мрежата. Но, сите уреди, дури и тој што пренесува, продолжуваат да слушаат бидејќи се обидуваат да откријат колизии. Рамките кои се судираат мора одново да се пратат.

5.33 Етернетот е заеднички медиум и колизиите се очекувани. Некогаш ако преносот не го поддржува Етернет уредот и уредот праќа на зафатена линија. Некогаш два или повеќе уреди (откако ќе одредат дека патеката е чиста) праќаат симултано со што резултира во колизија некаде во мрежата. Но, имаењето на премногу колизии не е добро, па биле поставени правила за да се минимизираат овие конфликти и да се заштити интегритетот на пдоатоците.

5.34 Покрај константното слушање, додадено е минимално тивко време од 9.6 микросекунди помеѓу пренос на рамки. Мора да има прекин во сообраќајот за да се им се овозможи и на другите уреди да ги пратат податоците.

5.35 Ако се случи колизија, повторниот пренос се одредува од алгоритам кои бира уникатни временски интервали за одново праќање на рамките. Етернет интерфејсот го чека одбраниот број на милисекунди и потоа автоматски почнува со пренос ако нема никаква активност. Процесот се повторува за таа рамка ако се случи нова колизија. Всушност, ако одново се случи колизија за истата рамка, процесот се повторува до 16 пати, а потоа се отфрла.

5.36 CSMA/CD протоколот е дизајниран за да се овозможи фер пристап на сите уреди за пренос до заедничките мрежни канали. Овој протокол вели дека иако сите елементи работат правилно, сепак може да се случат колизии. За нормално ниво на Етернет сообраќај, се мисли дека ако помалку од 5% од сообраќајот се праќа одново или отфрла, тогаш Етернет мрежата е здрава.

Мостови

5.37 Мостовите ги праќаат MAC-слој пакетите од една до друга мрежа. Тие служат како чувари помеѓу мрежите и го пуштаат само неопходниот сообраќај помеѓу мрежите кои ги поврзуваат. Мостовите го контролираат сообраќајот со проверување на изворот и дестинацијата и со доставување само на сообраќајот специфичен за мрежата. Мостовите исто така проверуваат за грешки и го отфрлаат сообраќајот кој е корумпиран, погрешно подреден и излишен.

5.38 Мостовите помагаат при превенција на колизии и креираат посебни колизиски домени со држење и испитување на сите Етернет пакети пред да ги достават. Ова овозможува мрежата да покрива големи растојанија и да се додадат повеќе репетитори на мрежата.

5.39 Повеќето мостови можат да ги научат и зачуваат Етернет адресите со градење на табели за адреси со информацијата од сообраќајот што проаѓа низ нив. Ова е голема предност за корисниците кои се селат, но може да предизвика проблеми кога повеќе мостови започнуваат мрежни јамки. Spanning Tree алгоритамот се користи за превенција од овие јамки.

Комутатори

5.40 Етернет комутаторите го користат мост концептот и го прават поголем со поврзување на повеќе мрежи. Комутаторите можат да ги зголемат перформансите на мрежата со елиминирање на ирелевантниот сообраќај на мрежните сегменти.

5.41 Два типа на комутатори се најчесто во употреба:

- Cut through
- Store and forward

5.42 Cut through комутаторите користат алгоритми кои ја читаат адресата на дестинацијата од заглавјето на рамката и веднаш ја доставуваат рамката до портата на комутаторот за која е закачена MAC адресата на дестинацијата. Ова е многу брзо бидејќи штом се прочита заглавјето, остатокот од рамката се праќа без никакво испитување.

5.43 Store-and-forward комутаторите, како мост, ја држат рамката додека не се испита целиот пакет. Овој тип на комутатори се осигурува дека рамката е во ред да патува пред да се прати. За среќа, store and forward комуттаорите се скоро исто брзи како cut-through комутаторите, па дополнителната работа не одзема многу време.

Етернет топологии

5.44 Мрежна топологија е геометриската распределба на јазли и кабли во LAN. Уредите на Етернет мрежата се најчесто организирани во bus или ѕвезда - star топологија.

5.45 Bus топологијата се подесува на тој начин што сите уреди на мрежата се поврзани со еден trunk кабел. Овој тип на распределба е лесен за подесување и инсталирање и е релативно ефтин. Bus топологиите не бараат опрема за појачување или регенерација и сите уреди на мрежата имаат пристап до bus-от. Откако ќе се чека да се ослободи линија, сигналот може да се прати од кој било уред во мрежата. Се очекува дека секој сигнал се прекинува на крај од trunk-от.

5.46 Еден потенцијален трошок за оваа ефтина топологија е тоа дека сите уреди се засегнати ако се расипе trunk кабелот. Поради ова, Етернет мрежите се конфигурирани како ѕвезда.

5.47 Одделни кабли го поврзуваат секој уред во ѕвезда топологијата со централен уред - најчесто hub. Поради посебната потреба за каблирање, само еден уред за пренос е засегнат ако се расипе кабелот. Други предности на ѕвезда наспроти bus се:

- Лесно за проширување
- Локализирани проблеми
- Поддршка за повеќе типови на кабли

5.48 Централизираниот hub може да биде пасивен или активен. Ако е активен, hub-от го регенерира сигналот и ја зголемува должината на мрежата. Инсталацијата на централизиран hub е направено полесно бидејќи може да се чува заедно со телефонската опрема и каблите поврзани со hub-от може да минуваат низ каналите за телефонски линии.

5.49 Градењето на прстен - ring топологија со користење на Етернет врски е ограничено поради традиционалниот spanning tree.

5.50 Првиот проблем со spanning tree се времињата за конвергенција. Традиционалните spanning tree тајмери (15 сек. за слушање, 15 сек. за учење, и 20 сек. за max-age истек на време) не дозволуваат брзо време на конвергенција потребно за денешниот сообраќај. Кога провајдер на услуги ќе се обиде ги додаде тие 30 или 50 секунди, конвергенцијата е неприфатлива. Провајдерите на услуги преферираат оптичко време на конвергенција од 50ms, а тоа е и она што го очекуваат од нивните DWDM прстени.

5.51 Вториот проблем е максимумот од 7 скока за spanning tree. Вообичаените STP тајмери се подесени со очекување дека дијаметарот не е поголем од 7 скока. Овој лимит од 7 скока за Spanning Tree не треба да се меша со 5-4-3 правилото на палец за 10Mbps Етернет (5 вкупно сегменти, 4 скока на репетиторот, и 3 кориснички сегменти).

5.3 Миграција од ATM на Етернет

5.52 Значителна предност во поглед на трошокот нудат Етернет мрежите, стандардизацијата и достапноста на Етернет услугите и големиот трошок за високобрзински ATM BRAS интерфејси со што ја приближуваат миграцијата на агрегациската мрежа кон Internet Protocol (IP)/Етернет.

5.53 DSL архитектурите се трансформирани од мрежа со ниска брзина за најдобра можна достава во инфраструктура способна за повисока бит рата и услуги кои бараат QoS, мултикастирање, и потребите за достапност кои не се возможни за една чиста ATM околина. Етернет е технологија која ќе ги задоволи и идните DSL мрежи преку подобрен транспортен механизам кој поддржува повисоки брзини, QoS за пакети, поедноставно обезбедување, мултикастирање и редундантност на ефикасен начин.

5.54 Кај апликацискиот слој, DSL провајдерите бараат да поддржуваат појачани услуги покрај основниот Интернет пристап како видео услуги (Broadcast TV и VoD), видео конференции, VoIP, играње, и биизнис класа на услуги (пр. ниво 2 VPN и IP VPN). Многу од овие услуги бараат значително поголема стапка на синхронизација која е постигната кај денешните ADSL. Најсигурниот начин за да се подобри максималната рата на синхронизација за DSL е да се намали должината на локалната јамка, со што се менува тековната поставеност и густина на јазлите за пристап. Вака, бројот на јазлите за пристап во мрежата значително ќе се зголеми со што јазлите се носат поблиску до корисникот. Гигабит Етернет и GPON овозможуваат високоефикасни технологии за транспорт за доставување на голема пропусност до високодистрибуирана топологија за мрежни јазли, како и овозможување на основните QoS карактеристики потребни за апликациите.

5.55 Промената во динамиката на пазарот за ATM комутатори направила доста проблеми за поддршката. Со банкротирањето на Nortel, иднината на нивната Passport серија на ATM комутатори и поддршка за Passport производи е во прашање. Статусот на веќе скапите договори за услуги и достапноста на резервни делови ги загрижува некои од провајдерите на услуги бидејќи критични кориснички услуги сеуште работат на мрежа каде што идната поддршка е ограничена и зголемувањето е ограничено.

5.56 Дополнително, другите ATM продавачи ги откажале дополнителните планови за поддршка на ATM комутатори. Cisco прекинал со производство на IGX 8400 и BPX 8600 ATM платформите и Ericsson прекинал со развојот на Ericsson AXD. Ова значи дека значителен обем на сообраќај сеуште минува низ ATM комутаторите кои немаат подобрувања, понатамошен развој и миграција кон поддршката на Етернет услугите.

5.4 Принципи на моделирање

5.57 Јазлите за пристап можат директно да бидат врзани со BRAS серверот или преку ниво(а). Точното моделирање на агрегациската мрежа ќе зависи од добиените податоци од операторот.

5.58 Моделирањето на комутаторите на агрегациската мрежа ќе се базира на принципот на географски scorched node.

5.59 Технологијата ќе се базира на Етернет и ќе се користат Етернет комутатори кои, врз основа на добиените податоци од операторот, ќе служат како агрегациски комутатори.

5.60 Конфигурацијата на комутаторите на секоја географска локација ќе се базира на опремата која ја користи операторот и ќе се дизајнира на оптимален начин, што значи дека бруто трошокот за замена се сведува на минимум.

5.61 Редундантноста во агрегациската мрежа ќе се моделира врз основа на добиените податоци од операторот.

6 IP МРЕЖА

6.1 Интернет протокол

6.1 Интернет протоколот - Internet protocol – IP – е протокол од третото ниво. Обезбедува две главни услуги до погорните нивоа: i) Идентификација на хост и адресирање преку хиерархискиот IP систем на адресирање; ii) Рутирање на пакети – доставување на пакети од изворот до дестинацијата со праќање на пакетите до следниот јазол.

6.2 За разлика од податочните нивоа (пр. Етернет) кои овозможуваат конекција помеѓу уреди на истиот LAN, IP овозможува конекција помеѓу различни LAN. Додека L2 комутаторите се

нарекуваат само комутатори, L3 комутаторите се нарекуваат рутери бидејќи се разликуваат според функционалноста.

6.3 IP адресите се нумерички лабели. Првично тие биле дизајнирани како 32 bit број – овој формат се наракува IPv4 адреси. Но, ова овозможува адресен простор од 2^32 адреси. Со големиот пораст на Интернетот, бројот на адреси станал недоволен и бил дизајниран нов формат кој користи 128 bit адреси. Новиот формат се нарекува IPv6.

6.4 IPv4 адресите биле иницијално наменети да бидат уникатни за секој мрежен хост. Но, уникатни адреси се потребни само за хостови поврзани на Интернет, а хостот што не е поврзан на Интернет може да ја користи истата адреса. За оваа цел, неколку опсега на адреси биле дизајнирани како приватни и не се рутираат преку Интернетот, туку само преку LAN. Останатиот адресен простор е дизајниран како јавен и алокацијата на овие јавни адреси е контролирана. IPv6 адресирањето има слични одредби за јавни и приватни адреси.

6.5 За да го разбереме IP рутирањето, мора првин да се разберат IP адресите. IPv4 адресите се претставени како четири бајти во нотација од A.B.C.D каде A, B, C, D го претставуваат секој бајт кој може да има вредност од 0-255 (пр. 123.045.056.078). IPv6 користи слична нотација, но бајтите се групирани во парови, одделени со “:” и се претставени во хексадецимална нотација (пр. 0123:4567:89AB:CDEF: 0123:4567:89AB:CDEF)

6.6 IP адресите се логички структурирани во две групи на битови: i) идентификатор за (под) мрежа; ii) идентификатор за хост. Идентификаторот за мрежата почнува од најзначајниот бит и претставува префикс за идентификаторот за хостот.

6.7 IP рутирањето се извршува со користење на метод од of CIDR – Classless Inter-Domain Routing – безкласно меѓудоменско рутирање. CIDR ги користи префиксите и маските за да го рутира сообраќајот. Со користење на префикси и маскирање CIDR ги групира IP адресите во блокови и адресите кои припаѓаат на истиот блок го имаат истото рутирање на сообраќај. На овој начин целиот сообраќај е наменет за иста (под) мрежа – претставено со CIDR блок – може да се рутира на истиот начин без да се грижи за секој хост на таа мрежа.

6.8 CIDR блоковите (за IPv4) се напишани во нотација A.B.C.D/N каде A.B.C.D ја имаат истата интерпретација како за IPv4, а N е должината на префиксот. Адресата припаѓа на блок ако го има истиот префикс (првите N битови) како CIDR блок. На пример, адресите што припаѓаат на 128.126.255.255/16 блокот се адреси што почнуваат со 128.126.

6.9 Поради променливата должина на префиксот (N), една адреса може да припаѓа на повеќе блокови кои може да имаат назначено различни рутирања. Во овој случај, за адресите се вели дека припаѓаат на најдолгиот префикс со кој се исти што одговара на најспецифичното рутирање на информации.

6.10 Секој рутер содржи листа на CIDR блокови заедно со информацијата за тоа кој е следен јазол за пакетот кој се совпаѓа со даден блок и интерфејсот преку кој треба да се прати пакетот. Оваа листа се нарекува табела на рутирање.

6.11 Табелите на рутрање се прават на два начини: i) рачно ii) автоматски. Рачната конструкција е валидна само за мали мрежи кои ретко се менуваат. За секоја поголема мрежа, овој пристап е непрактичен. Автоматското се базира на протоколи кои ја откриваат топологијата на мрежата и конфигурацијата, и според тоа соодветно се конструираат табелите.

6.12 Протоколите за автоматско рутирање можат да се класифицираат во две групи: i) distance-vector протоколи за рутирање; ii) links-state протоколи за рутирање.

6.13 Distance-vector протоколите бараат рутерите повремено да ги информираат соседите за промените во топологијата со делење на табелите на рутирање. Со комбинирањето на добиената информација од табелите за рутирање, рутерите можат да пресметаат кој скок ќе биде најкратката патека преку која ќе се достави пакетот.

6.14 Link-state протоколите ја делат нивната конектираност со сите рутери преку механизмот на преплавување (праќање пораки "сите" јазли). Со ова, секој рутер ја пресметува целата мрежна топологија.

6.15 Distance-vector протоколите имаат поедноставни пресметки и помалку праќање на пораки, но споро се спојуваат и детектираат пад на јазлите. Од друга страна, link state протоколите се спојуваат релативно брзо, но бараат многу поголема компјутерска моќ.

6.2 Повеќепротоколно комутирање на лабели

6.16 MPLS – Multiprotocol Label switching – повеќепротоколно комутирање на лабели, е протокол чие создавање е поттикнато од два елементи: пресметувачка сложеност кај IP ритирање и VPN – virtual private networks – виртуелни приватни мрежи.

6.17 Конектираноста е станата се поголема неопходност во модерните компании и се повеќе и повеќе компании сакале да ги интегрираат нивните географски дистрибуирани LAN во еден единствен виртуелен LAN. Ова е постигнато со креирањето на VPN. Првично, VPN е базирано на кола на изнајмените линии кои најчесто не го користат целосно нивниот капацитет. Потоа, VPN било поставено околу приватните кола на ATM или IPSEC каналите. Но, во двата случаи, конекцијата е Point-to-Point и поради тоа потребен е барем едно коло/канал за да може секој сајт да се интергрира. Секое од овие кола/тунели мора рачно да се подеси.

6.18 MPLS ги надминува овие проблеми со користење на лабели: пакетите се комутираат врз основа на кратки лабели кои се додаваат во заглавјето. Ова ја намалува комплексноста бидејќи комутирањето се врши само врз основа на лабелата која е 20-bit индентификатор. Во времето кога било дизајнирано, 20-bit комутирањето на лабели можело да се имплементира во VLSI колата, додека во IP рутирањето не можело. Следно, лабелирањето овозможува рутирање на сообраќај помеѓу далечни јазли во мрежата наместо мрежни завршетоци.

6.19 MPSL е протокол од ниво 2.5 што значи дека е позициониран помеѓу традиционалното ниво 2 (пр. Етернет) и ниво 3 (пр. IP). Бил дизајниран за да може да носи секакви пакети од различни протоколи. Ова вклучува протоколи од повисоко ниво (пр. IP), но и од пониско (пр. Ethernet). MPLS може да се носи преку Етернет, SDH и му овозможува на мрежниот провајдер да ги менаџира MPLS "рутите" независно од податочното ниво.

6.20 MPLS работи со ставање на префикси на пакетите во форма на лабели. Како што е кажано погоре MPLS нема потреба од проверка на пакетите. Со ова, пакетот што треба да се комутира може веќе да биде пакет со MPLS префикс.

6.21 За време на патувањето низ MPLS мрежата, пакетите имаат префикс од куп на лабели. Редењето на лабели овозможува енкапсулација и хиерархии при комутирањето. Кога пакетот ќе излезе од MPLS мрежата, сите лабели се тргаат и пакетот се рутира преку

излезниот мрежен интерфејс на рутерот со користење на комутирање/рутирање што не е MPLS.

6.22 Пакетите влегуваат и излегуваат од MPLS мрежата со Label Edge Routers – LER – додека рутерите кои го извршуваат комутирањето на база на само на лабели се нарекуваат Label Switch Routers. Патеката помеѓу две LER се нарекува Label Switch Path – LSP. За разлика од IPSec каналите или ATM колата, LSP се еднонасочни – потребни се две за двонасочна комуникација.

6.23 LSP се користат од страна на мрежниот провајдер најчесто за да се креираат VPN. Сообраќајот од секој корисник што треба да се вклучи во VPN, се прикачува на LER. Сообраќајот може да се рутира преку еден или повеќе LSP кои завршуваат кај друг корисник и притоа се обезбедува одделување на сообраќајот/виртуелни кола.

6.24 Треба да се забележи дека еден рутер може да служи како краен рутер од повеќе VPN на повеќе корисници. Доделувањето на лабели за различни пакети најчесто се врши врз основа на различни атрибути од дојдовниот сообраќај – пр. дојдовна порта, IP адреса итн.

6.25 Поради напредокот во технологијата, една од главните предности на MPLS пред IP рутирањето е значително ја загубила важноста. Имено, IP рутирањето може да се изврши на хардверски домен, иако е бара многу повеќе ресурси од MPLS рутирањето.

6.26 Една особина што го прави MPLS рутирањето поповолно од IP рутирањето е механизмот за реставрација на мрежата кај MPLS, кој се нарекува механизам на брзо одново рутирање - Fast Reroute. Механизмот е, всушност, продолжение на протоколот кој се користи во MPLS мрежата и овозможува креирање на резервна патека која овозможува заштита од пад на еден јазол или врска. Бидејќи механизмот е локален по природа, овозможува реставрација за помалку од 50ms што е главна особина за апликации кои не толерираат каснење како VoIP.

6.27 Важно е да се напомене дека MPLS има и свои мани за друга форма на VPN, пред се IPSec. MPLS базираниот VPN не овозможува енкрипција на податоци и механизам па меѓусебна автентикација, додека IPSec овозможува. Поради тоа, за чуствителни податоци, IPSec е подобра технологија.

6.28 И покрај тоа, MPLS сеуште многу се користи од страна на операторите поради сообраќајот и out-of-band контролните бенефициии, како и полесно обезбедување на VPN.

6.3 Сервери за пристап

6.29 Бидејќи IP адресите се ограничени, тие се распоредени помеѓу корисниците. ISP и мрежните провајдери распределуваат опсег на адреси и привремено ги назначуваат на корисници кога тие сакаат да се поврзат на Интернет.

6.30 Пред доделувањето на адреса на корисник, корисниците мора да се автентицираат за да им се дозволи пристап. За време на пристапот, мора да се направи пресметка за да се наплати на корисникот за добиените услуги.

6.31 Сите овие функции се поддржани од сервери за пристап кои, за широкопојасен пристап, се нарекуваат широкопојасни сервери за далечински пристап - Broadband Remote Access Servers – BRAS.

6.32 За полесно одржување и наплата, BRAS серверите најчесто функционираат како интерфејс до РАДИУС сервери кои потоа извршуваат централизарана AAA (authentication - автентикација, authorization - авторизација и accounting - пресметка) функција.

6.33 BRAS серверите можат да се користат и како централизирана и како дистрибуирана мрежна архитектура.

6.34 Централизираните BRAS се полесни за одржување но можат да станат точка на единечна грешка. Ако BRAS се поставени како самостојни мрежни елементи, а ова е најчесто случај за да се поддржуваат постарите јазли за пристап, BRAS треба да бидат на истиот домен на Етернет, кој што тешко се проширува.

6.35 Мрежната архитектура кај дистрибуираните BRAS може да воведе повисок OPEX поради одржувањето, но е сепак почесто застапена архитектура. Дистрибуираната околина каде што еден BRAS опслужува еден (или повеќе) помали домени и почесто се користи поради тоа што е полесна за проширување.

6.36 Поновите јазли за пристап сами поддржуваат BRAS функции. Очигледно, ова значи дека ќе се користи дистрибуирана BRAS архитектура.

6.4 Мрежни архитектури

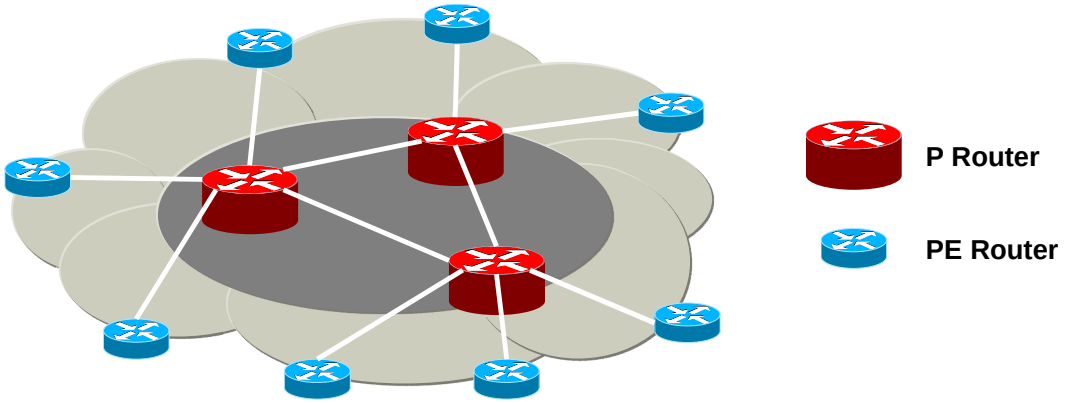
6.37 MPLS рутерите можат да се поделат во CE – customer edge – кориснични крај, PE – provider edge – крај на провајдер и P – provider routers – рутери на провајдер. Рутерите на корисничкиот крај се под контрола на корисниците и се поврзани со рутерите на крајот на провајдерот кои се под контрола на провајдерот. Прикачено значи дека два рутери се peer во OSI мрежниот слој. Рутерите на мрежниот провајдер кои не се прикачени за CE рутерите се нарекуваат P рутери.

6.38 Слично на поделбата на рутерите, IP/MPLS мрежата се дели на слоеви. Најчесто има два или повеќе слоеви, во зависност од големината на мрежата. Првиот слој и надолниот слој служат за да се обезбеди агрегациски пристап до IP мрежата на операттотот. Внатрешните слоеви и/или рутираат сообраќај помеѓу рутерите помеѓу рутерите на повисоките слоеви. Бројот на слоеви во мрежата зависи од големината на мрежата и сообраќајот.

6.39 Слоеви се прават поради две причини: i) за да се структурира рутирањето на сообраќај и за да се подобри менаџирањето на мрежата ii) за да се намали трошокот. Бидејќи поголемиот дел од трошокот за рутерите е поврзан со портите, агрегацијата на порти со помала пропусност и рутирање на пониските слоеви е попожелно за да се намали бројот на порти за најчесто поголема пропусност во повисоките нивоа.

6.40 Мрежа со две нивоа е прикажана во фигура 6.1.

Фигура-6.1 IP/MPLS мрежа со два слоја



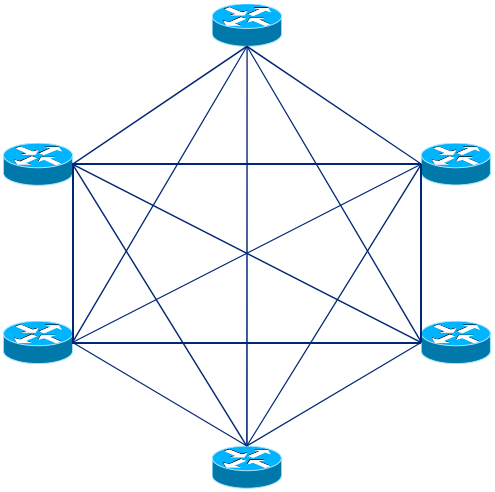
6.5 Мрежни топологии

6.41 Како што IP/MPLS комутирањето не е базирано на кола, туку на пакети, пакетот може да земе произволна патека од изворот до дестинацијата. Како што е објаснето погоре, пожелно се алгоритми за рутирање кои се адаптираат и нивната улога е да се осигураат дека пакетот ќе си ја најде патеката од изворот до дестинацијата без разлика на мрежната топологија. Поради тоа, IP/MPLS може да се постави на разни топологии. Но, поради причини за еластичност, проширување и менаџирање на IP/MPLS мрежи, најчесто се поставува на одреден број на тополошки форми.

6.42 Прстен топологијата најчесто се користи кај агрегацискиот дел од мрежата поради релативно нискиот сообраќај и можноста за брзо опоравување во случај на пад на јазол со MPLS Fast Reroute механизмот. За разлика од SDH мрежите, со IP/MPLS не е потребна резервација за пропусност и сообраќајот тече во една насока. Недостатокот на прстен топологијата е тоа што размената на сообраќај помеѓу дијаметрално спротивни јазли мора да ги помине половина од јазлите со што се прави дополнителен товар на тие јазли. Поради ова прстен топологијата се користи само за области со понизок сообраќај.

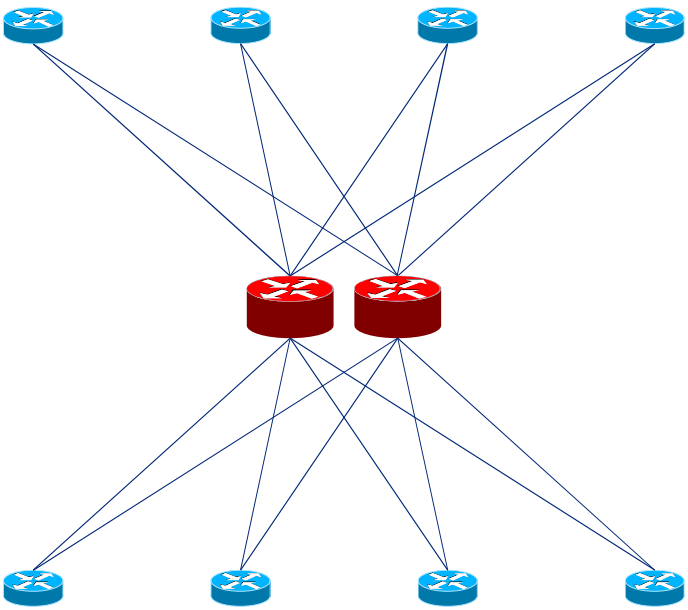
6.43 Мрежа – mesh топологијата го поврзува секој со секој јазол со што се осигурува дека ќе има само еден скок помеѓу кои било два јазли. Оваа топологија има најбрзо рутирање, но е прилично скапа поради бројот на врски. Најчесто се користи за основниот слој со помал број на јазли. Топологијата е прикажана во фигура 6.2.

Фигура-6.2 Mesh мрежна топологија



6.44 Ѕвезда - star топологијата и особено двојна ѕвезда топологијата се адекватни за нивоата на основната мрежи поради ограниченият број на скокови помеѓу кои било два јазли – односно 2 скока. Двојна ѕвезда топологијата е прикажана во фигура 6.3. Ѕвезда топологијата понекогаш се нарекува hub-and-spoke.

Фигура-6.3 Двојна ѕвезда мрежна топологија



6.6 Принципи на моделирање

6.45 Нашиот модел ќе користи географски scorched node пристап за моделирање на IP основната мрежа. Ова значи дека IP/MPLS ќе останат онаму каде што се географски лоцирани.

6.46 Моделот ќе користи MPLS рутери бидејќи ова е стандардот што преовладува за IP основна мрежа и овозможува брзо опоравување за VoIP услугите.

6.47 Scorched node пристапот кажува дека рутерите ќе ја задржат нивнат функција во мрежата – т.е. PE рутерите ќе останат PE, P рутерите ќе останат P. Ефективно, тековната способност за обезбедување на услуга ќе остане иста.

6.48 Во случај мрежата да не се разликува помеѓу агрегациските (PE ниво) и основните (P ниво) рутери, моделот ќе ги претпостави потребните промени за да се разликуваат овие два слоја. Агрегацискиот слој ќе ги содржи PE рутерите и интерфејсот со клиентите, Етернет агрегацијата и другите оператори, додека P рутерите само ќе рутираат сообраќај помеѓу јазлите на агрегацискиот слој.

6.49 Моделот ќе користи двојна ѕвезда топологија во IP/MPLS мрежата за да ги поврзе PE и P рутерите.

6.50 Во случај операторот да користи целосно дистрибуирана BRAS мрежна архитектура, моделот ќе претпостави дека алтернативниот оператор е поврзан со Етернет мрежата, за која се поврзани јазлите за пристап. Во ниво 3 бистстрим услугите ова значи дека BRAS серверите на јазлите за пристап ги агрегираат и доставуваат барањата за пристап низ Етернет мрежата до BRAS серверите на алтернативните оператори.

6.51 Моделот ќе го оптимизира бројот на порти/картички на IP/MPLS јазлите, како и самиот број на јазли.

6.52 Поради очекуваниот пораст на податоци, минималниот капацитет на врските во IP основната мрежа ќе биде 10Gbit/s. PE рутерите може да користат 1Gbit/s порти за да ја поврзат агрегациската мрежа, но конекцијата до и помеѓу јазлите во основната IP мрежа (P рутери) ќе се моделираат како 10Gbit/s врски.

7 ПРЕНОСНА МРЕЖА

7.1 Преносните мрежи обезбедуваат кола помеѓу централите и се состојат од линиска опрема и кабли.

7.2 Основен блок од преносни мрежи е составен од предавател на сигнал, медиум преку кој се носи сигналот и приемник на сигналот. Овој состав се нарекува преносен лик и овозможува пренос на сигнал (информација) од испраќачот до примачот.

7.3 За duplex комуникација, каде двете страни примаат и праќаат информации во исто време, потребен е предавател на двата краја од врската. Тој предавател ќе има функција на предавател и приемник.

7.1 Хиерархии на мултиплексирање

7.4 Ако преносната врска има поголема пропусност [17] од сигналите што ги пропушат, може да се искористи да носи повеќе од еден канал. Кај испраќачкиот јазол, сигналите од различни канали се комбинираат за да формираат композитен канал со поголема пропусност. Кај примачкиот јазол, композитниот сигнал се разлага на индивидуалните основи канали. Овој процес е познат како мултиплексирање и демултиплексирање соодветно. Одделните канали се нарекуваат baseband канали, додека композитниот канал се нарекува широкопојасен канал или носечки канал.

7.5 Мултиплексирањето резултира со даден број на канали што се пренесуваат преку помалку кабли без загуба во бројот на каналите.

7.6 На секое наредно ниво на мултиплексорот, неколку baseband канали (наречени tributaries) се комбинираат во широкопојасен канал на иста основа како и погоре.

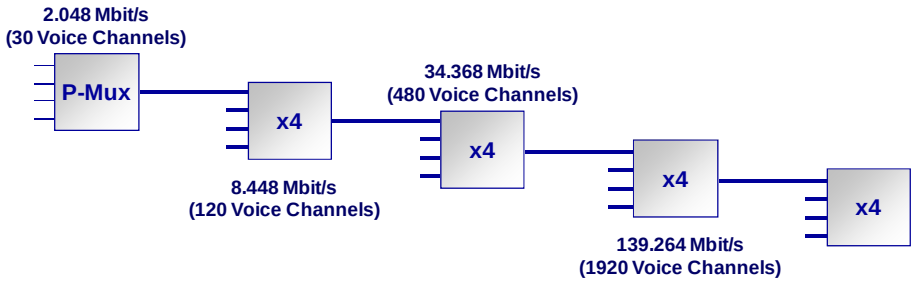
7.7 Композицијата од неколку нивоа на мултиплексирање се нарекува хиерархија. Досега, постојат неколку хиерархиски нивоа за индустриските стандарди.

7.8 Првиот општоприфатен стандард за мултиплексирачки хиерархиски систем бил дизајниран за пренос преку бакар и се нарекува плесиохрона дигитална хиерархија - Plesiochronous Digital Hierarchy - PDH. За жал, постојат три некомпатибилни стандарди што се користат во цел свет за плесиохрон дигитален пренос (Европа, Јапонија и Северна Америка) – ние ќе се фокусираме на Европската верзија.

7.9 Пропусноста на секоја фаза во хиерархијата е за 4 пати поголема од таа на претходното ниво (види 7.1). Основната стапка на пренос на податоци е 2Mbit/s дизајнирана да носи до 32 гласовни канали со 64kbit/s бит стапка.

Фигура-7.1 PDH хиерархија

[17] Иако терминот пропусност воглавно има различно значење, низ овој документ терминот пропусност се користи за бит стапка бидејќи се фокусираме само на дигитални сигнали.

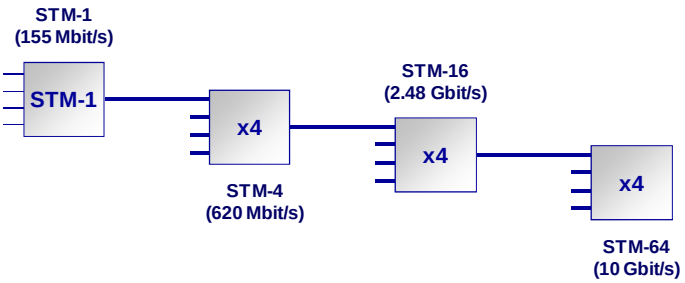


7.10 Зборот плесиохрон се однесува на фактот дека baseband каналите (или tributaries) потекнуваат од несинхронизирани мултиплексори. Во ваков систем, иако секој tributary ќе има иста номинална бит стапка во секунда, тие најчесто ќе потекнуваат од различни кристални осцилатори (или кварцни саати), кои може да варираат до одреден степен.

7.11 Втората (и тековна) генерација на мултиплекс системи од повисок ред се нарекува синхрона дигитална хиерархија - Synchronous Digital Hierarchy (SDH). Како што кажува самиот назив, SDH multiplexors се синхронизирани (во границите веќе одредени со стандардниот опис на SDH).

7.12 Опсегот на секое скалило во SDH хиерархијата е исто така 4 пати од претходното ниво (види фигура 7.2.). Но, SDH е дизајниран за да носи многу поголема пропусност и основната стапка на пренос на податоци е 155Mbit/s наречена STM-1, кратенка за синхрон транспортен модул - Synchronous Transport Module, ниво 1. Следното ниво се нарекува STM-4, следното STM-1, итн.

Фигура-7.2 SDH хиерархија



7.13 STM-1 е рамка со 9 сегменти од кои секој содржи 270 ќелии со 8 бита по ќелија. Траењето на секоја рамка е 125μs согласно со 8000 рамки во секунда да биде основната гласовна стапка на пренос. Ова води кон 9 * 270 * 8 * 8000 = 155,520 Mbit/s. Очигледно, SDH е дизајнирано за пренос и на гласовни податоци.

7.14 Иако е дизајнирана да носи гласовен сигнал, SDH одамна се користи за да носи и податочен сообраќај, благодарение на транспортните можности и протоколарната неутралност. Низ годините, се појавиле неколку други повисоки нивоа на протоколи и биле успешно мапирани за да ги собере во STM рамките. Тие се Ethernet/IP и ATM протоколите.

7.15 Поради зголемената побарувачка на пропусност и висок трошок за SDH мултиплескирање за бит стапка повисоки од 10Gbit/s, потребни се други начини на пренос на сигнал. Кај PDH и SDH, мултиплексирањето се извршува само во електричниот домен, иако SDH сигналите најчесто се праќаат преку оптички медиум (оптика).

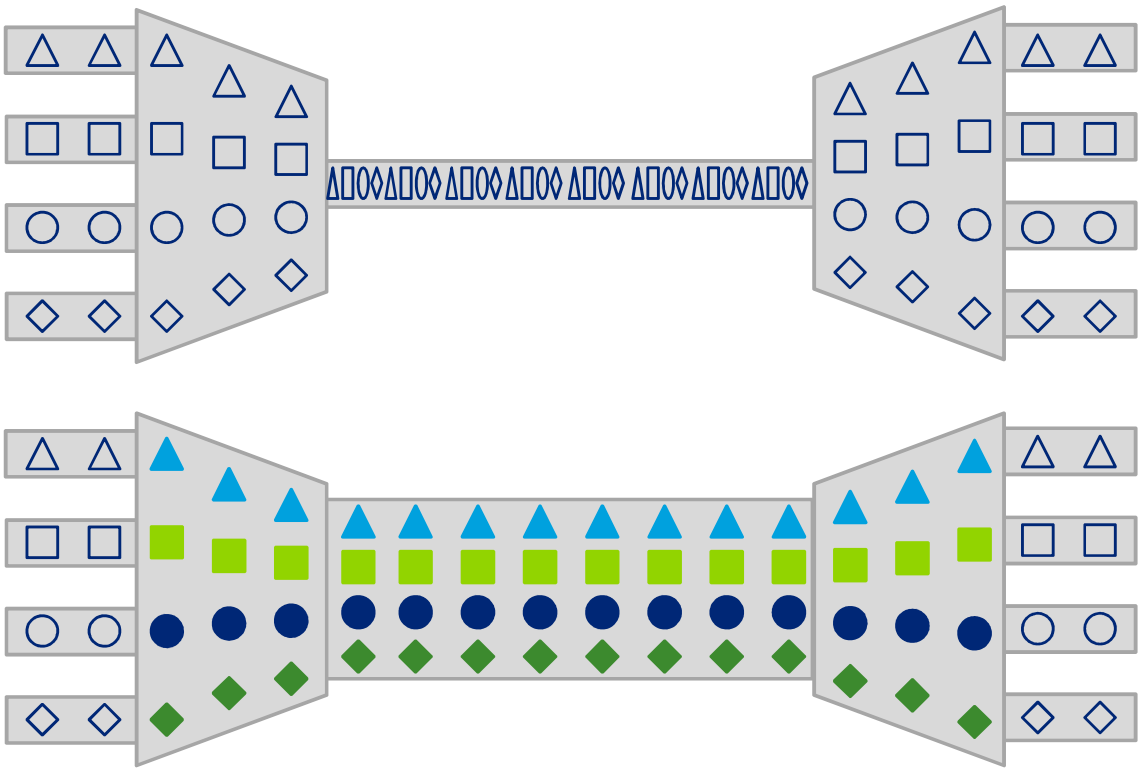
7.16 PDH и SDH користат механизам наречен time-division мултиплексирање. Со TDM, се постигнуваат повисоки бит стапки со притискање на битови во истата рамка, со што се праќаат повеќе секоја секунда. Рамката се дели на слотови и на секој мултиплексиран канал му се доделуваат еден или повеќе временски слотови. Повисоки бит стапки бараат побрзи (и поскапи) тајмери и електронска опрема.

7.17 Форма на мултиплексирање е Wavelength Division Multiplexing (WDM). WDM е форма на Frequency Division Multiplexing (FDM) во оптичкиот домен. FDM најчесто користи радиобранови фреквенции, а WDM користи фреквенција на светлосни бранови. Бидејќи фреквенцијата и брановата должина се обратно прпорционални, овие концепти го опишуваат истиот принцип.

7.18 WDM е различно од TDM со тоа што не е потребна побрза електронска опрема за поголеми брзини.

7.19 WDM комбинира одделни оптички сигнали на различни бранови должини (бои) на еден оптички кабел. Притоа, кај WDM, сите влезни канали се пренесуваат во исто време, но на различна бранова должина. Брановите должини се нарекуваат lambda. Разликата помеѓу TDM и WDM е прикажана на фигура 7.3.

Фигура-7.3. TDM (горе) и WDM (доле) мултиплексирање



7.20 Во зависност од просторот помеѓу брановите должини, WDM системите се поделени на: (i) Крупен - Coarse WDM (CWDM) и (iii) Густ - Dense WDM (DWDM). WDM овозможува до 80 канали на фреквенција на оператор од 1550nm.

7.21 CWDM користи крупна поделба на достапниот спектар за да креира канали со што се зголемува просторот меѓу каналите и притоа може да се користат поефтини оптички трансивери за да се овозможат 18 канали на еден CWDM и се користи целиот фреквентен опсег помеѓу 1300nm и 1550 nm.

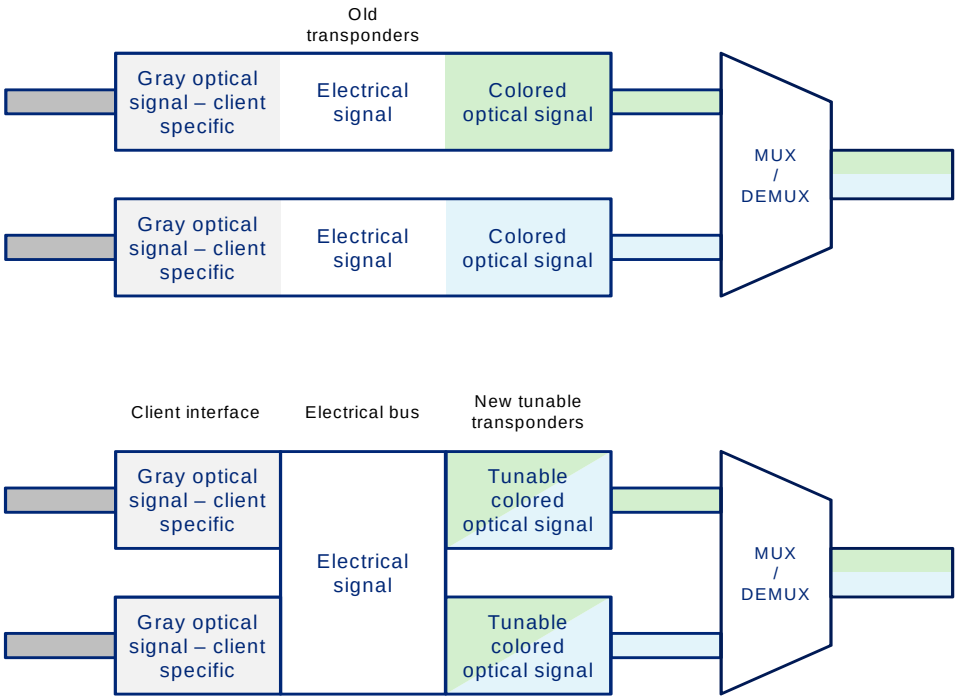
7.22 DWDM ја користи истата фреквенција, но со помал меѓуканален простор. Каналите варираат, но типичен систем би користел 40 канали на 100 GHz растојание или 80 канали со 50 GHz растојание. Некои од технологиите се способни 25 GHz растојание, наречени ултра густи - Ultra Dense WDM (UDWDM).

7.23 WDM, CWDM и DWDM се базирани на истиот концепт на користење на различни бранови должини на светлина на едно оптичко влакно, но се разликуваат во растојанието на помеѓу брановите должини, бројот на канали и способноста да се засилат мултиплексираните сигнали во оптичкиот простор.

7.24 Како што WDM се извршува во оптичкиот домен, WDM не диктира структура на рамка (во временскиот домен) на сигналите што се праќаат. Поради ова WDM опремата е независна од дојдовните сигнали што треба да се мултиплексираат и овозможува одново искористување на постоечката опрема (пр. SDH, Етернет, IP/MPLS), со што се намалува трошокот за зголемување на пропусноста на мрежата.

7.25 Основните компоненти на WDM систем се прикажани на фигура 7.4. Интерфејсот на транспондерот служи како мост кој го трансформира влезниот сигнал во WDM интерфејс. Очигледно, транспондерите се зависни од технологијата на влезниот сигнал. Но, поради напредокот на технологијата и поделбата на должности, транспондерите можат да се подесат за различни влезни сигнали во поглед на технологијата и брзината на сигналот.

Фигура-7.4. Транспондери и поделба на клиентски интерфејс



7.26 Релативно новиот стандард е оптичката транспортна мрежа - Optical Transport Network – OTN станува се почест во индустријата. OTN е наменет да ги комбинира предностите на SDH со способност за зголемување на опсегот на DWDM со што се подобрува работењето, администрацијата, одржувањето и поддршката за SDH преку DWDM, но и за други протоколи (IP/Етернет).

7.27 Во рпинцип, OTN има три клучни елементи: i) Оптичка транспортна хиерархија - Optical Transport Hierarchy – OTH; ii) функционалност за поддршка на оптички мрежи со различна бранова должина; iii) структура на рамки, бит стапка, и формати за мапирање на клиентските сигнали.

7.28 OTN дефинира повеќе слоеви и единки кои проаѓаат низ нив, но за нашата дискусија само неколку се значајни. Првата е Optical Channel Payload Unit - OPU која директно го енкапсулира клиентскиот товар. Транспортот на клиентскиот товар е бит транспарентен што значи дека не се испитува или менува. OPU е важно бидејќи ги дефинира бит стапките видливи за клиентските сигнали.

7.29 Втората единка што не интересира е Optical Transport Unit – OTU. OTU е последната единка во електричниот домен и поради тоа ги дефинира различните брзини на транспорт (треба да се забележи дека OTU не е директен содржател на OPU). Овие брзини на транспорт ја диктираат бит стапката за клиентските сигнали.

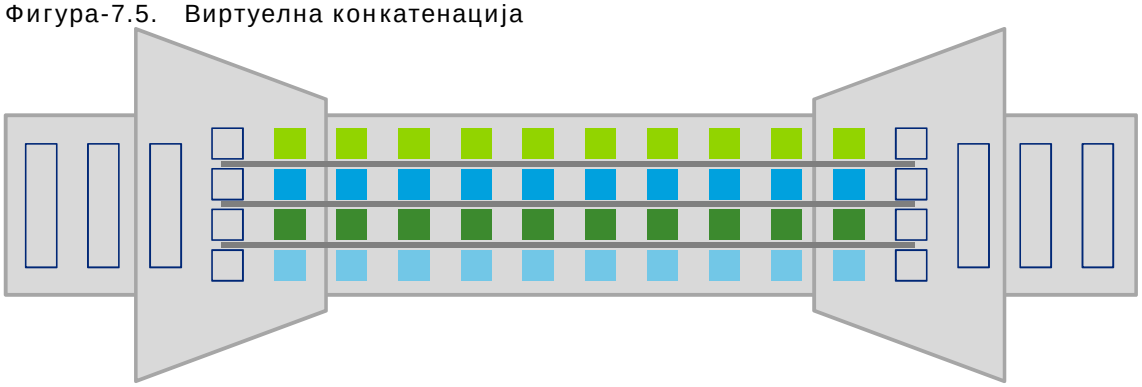
7.30 OTN станардот дефинира четири OTU (наречени OTUn) со номинални бит стапки од:

i. OTU1: 255/238 × 2 488 320 kbit/s ~ 2.67 Gbit/s;
ii. OTU2: 255/237 × 9 953 280 kbit/s ~ 10.71 Gbit/s;
iii. OTU3: 255/236 × 39 813 120 kbit/s ~ 43.02 Gbit/s;
iv. OTU4: 255/227 × 99 532 800 kbit/s ~ 111.81 Gbit/s

7.31 Иако OTH дефинира само четири OTU, механизмот на мапирање за различни брзини на клиентот е овозможено. Ова овозможува OTN да биде обратно компатибилно со разните технологии како SDH/SONET, ATM, Етернет, IP, MPLS и други, со дополнителна корист за OAM&P способности за OTN. Ова им овозможува на операторите да ја зголемат пропусноста без зголемување на постоечката опрема и притоа да се прават огромни инвестиции.

7.32 Следно, виртуелната конкатенација е исто така дел од стандардот. Тоа е механизам кој овозможува поголема пропусност да се носи низ канали со помала пропусност. Виртуелната конкатенација е прикажана во фигура 7.5. Ова дополнително ја зголемува економската ефикасност на OTN бидејќи операторот може да користи 2.67Gbit/s lambda и да овозможи 10Gbit/s брзини без надградба опремата.

Фигура-7.5. Виртуелна конкатенација



7.2 Оптички пренос

7.33 Оптичките кабли многу се користат во последните 15 години. Но, пред 15 години, цената на еден оптички кабел била околу 10 пати поголема од бакарен пар. Оттогаш, (i) цената на оптичките кабли паѓа континуирано и (ii) се зголемува цената на бакарните кабли. Денес оптичките парови се поефтини од бакарните.

7.34 Оптичките кабли имаат неколку предности во однос на металните. Во главно:

1 Оптичките системи може да работат на многу високи фреквенции (пример 60000GHz) и со тоа можат да обезбедат бескрајна пропусност.

2 Ослабнувањето е значително помало.

3 Преносот не е засегнат од електричната радијација, за разлика од металните кабли и радио системите.

4 Светлосната енергија се задржува во оптичкиот кабел, со што се елиминира мешање на сигналите.

7.35 Но, оптичките кабли не се и без мани. Тие се:

1 Оптичките кабли мораат да имаат многу мал дијаметар. Како резултат на тоа, ја немаат затегнувачката сила на металните кабли.

2 Многу е потешко да се соединат оптичките кабли.

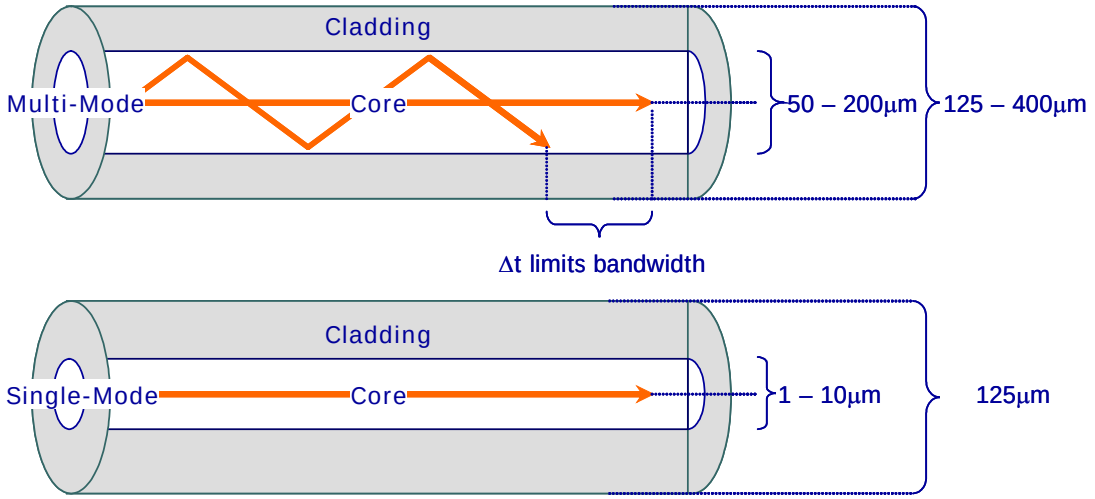
3 Не може да пренесуваат струја.

4 Дефектите се тешки за наоѓање.

7.36 Светлосните бранови можат да се пропагираат на кабел кој се состои од диелектрик (или внатрешно јадро) споен со уште еден диелектрик (или cladding) за помала дозволивост. Јадрото служи да ги води светлосните бранови, а cladding се користи да ги минимизира површинските загуби.

7.37 Бидејќи брановата должина на светлината е многу кратка, светлосниот бран може да заземе повеќе патеки ако дијаметарот на јадрото е поголем од брановата должина. Ова претставува ограничување на опсегот од каналот бидејќи multi-path тајмингот треба да се земе во предвид. Воглавно, раните оптички кабли (наречени multi-mode индексни кабли) биле прозведени со релативно големи јадра (50 – 60μm со стандарден 125μm cladding, но понекогаш и 200μm јадро), со што се зголемува дисперзијата. Со време, техниките за производство се подобриле и оптичките кабли сега се произведуваат со помали внатрешни јадра (наречени single-mode индексни кабли).

Фигура-7.6 Оптички кабел



7.38 Додека цената на оптичките кабли се намалува, преносот на оптичките сигнали бара софистицирана опрема и скапи оптички предаватели и приемници.

7.39 Општо кажано, постојат две класи на оптички приемници: ласерска диода (LD) и светлосна диода (LED). Направите работат во опсег од 650μm – 1550μm, со клучни оперативни фреквенции на 850μm, 1300μm и 1550μm. Овие бранови должини се доста долги во споредба со дискусијата погоре за оптичките кабли. Но, тоа што е важно е всушност спектралната ширина на брановата должина.

7.40 Табелата подолу ја прикажува спектралната ширина на одбрани бранови должини на типични LED направи.

Табела-7.1 Карактеристики на спектралната ширина

LED Performance		
Wavelength	Spectral Width	Fibre Type
800nm - 900nm	50nm	MM
1280nm - 1300nm	80nm - 140nm	MM
1280nm - 1300nm	60nm - 80nm	SM

7.41 Регистрирана е пропусност до 1Gbit/s за LED направите, но перформансите се типично во регионот околу 200Mbit/s. Табелата подолу ја прикажува спектралната ширина на одбрани бранови должини на типични LD направи. Перформансите на LD се типично во регионот од 200Mbit/s – 1Gbit/s.

Табела-7.2 Спектрална ширина на одбрани бранови должини

LD Performance		
Wavelength	Spectral Width	Fibre Type
820nm - 850nm	1.50nm - 3.00nm	MM
1280nm - 1350nm	1.50nm - 5.00nm	MM/SM
1500nm - 1550nm	0.01nm - 0.30nm	SM

7.42 Регенератор е потребен кога, поради големото растојание помеѓу милтиплексерите, нивото на сигналот во кабелот станува премногу ниско.

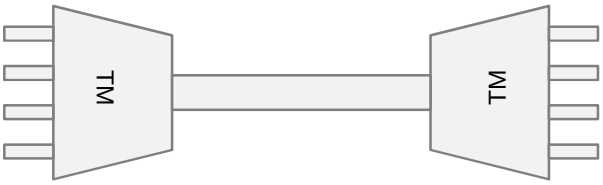
7.43 Регенераторите вршат обновување на сигналите (појачување, преструктурирање) и opto/electro/opto коверзија. ADM и DCC исто така имаат функционалност на регенератори.

7.36 Мрежни топологии

7.44 Оптичките мрежи можат да point-to-point, линеарна конфигурација, мрежна топологија или прстен и топологија од повеќе прстени.

7.45 Во point-to-point топологијата терминалните мултиплексери се лоцирани на секој крај од врската како што е прикажано во Фигура-7.7.

Фигура-7.7 Point-to-Point мрежна топологија

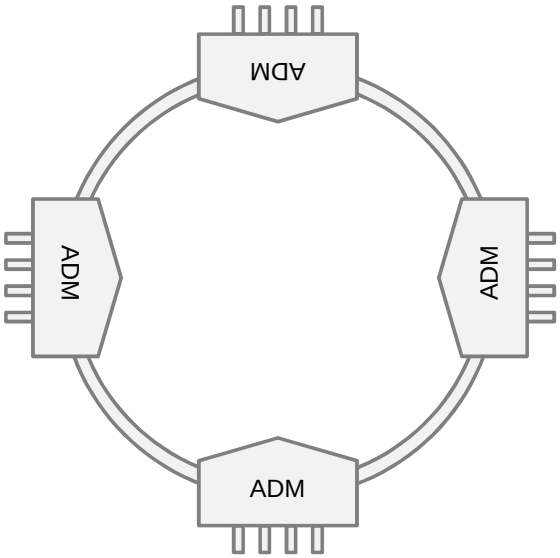


7.46 Кај линеарните мрежи, ADM јазлите се поврзани линеарно и два терминални мултиплексери се лоцирани на двата краја на топологијата, а ова е прикажано во Фигура-7.7. Топпологијата овозможува способност за внесување и испуштање за сите мрежни елементи. Врските во оваа топологија можат да бидат заштитени и незаштитени, а незаштитените врски имаат само две влакна помеѓу двете ADM, додека заштитените имаат четири конекции, од кои две работат, а другите две служат како резервен или заштитен пар.

Фигура-7.8 Линеарна мрежна топологија

7.47 Кај линеарните мрежи, дури и ако две влакна се користат за заштита помеѓу две ADM, можно е сите четири влакна да се прекинат во исто време. Поради тоа, прстенот е најчестата користена мрежна топологија бидејќи обезбедуваат алтернативна патека за комуникација помеѓу кои било два јазли, како што е прикажано во Фигура-7.8. Тие се преферираат пред мрежа (mesh) топологијата поради едноставноста и побрзо комутирање, како и помал трошок за имплементација.

Фигура-7.9 Прстен мрежна топологија



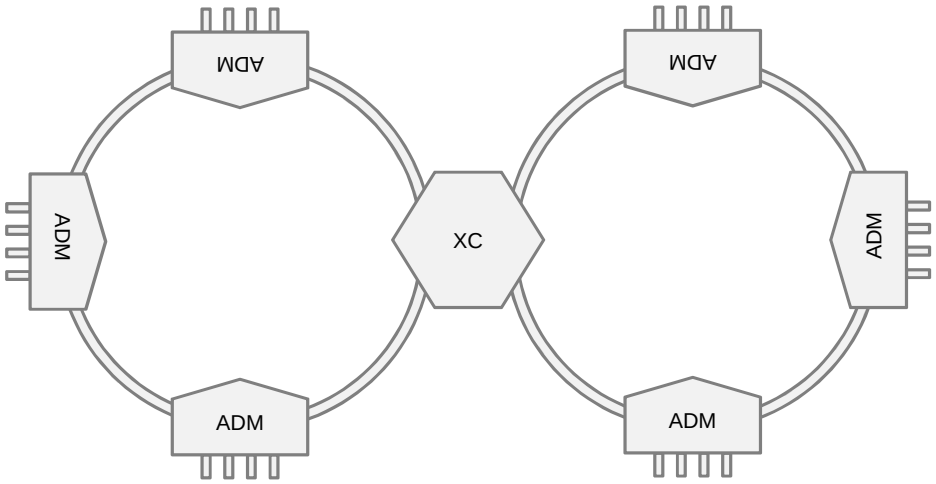
7.48 Прстен со две влакна може да работи како еднонасочен прстен или двонасочен. Кај прстен архитектурата, може да се изберат или две или четири влакна за заштита.

7.49 Кај еднонасочните прстени, сообраќајот е ограничен на едно влакно и се одвива само во една насока околу прстенот. Второто влакно служи како заштитно и се користи за обновување.

7.50 Кај двонасочен прстен, сообраќајот се одвива низ двете влакна, со што двете работат. За да се овозможи обновување во случај на дефект, половина од капацитетот на двете влакна е резервиран, или се додаваат две нови влакна само за заштита.

7.51 Два или повеќе прстени можат да се поврзат со користење на топологија од повеќе прстени, како што е прикажано во Фигура-7.9. Во оваа топологија, DXC опрема е потребна кај јазлите. DXC меѓусебно поврзува повеќе прстени и исто така ги врзува и тарифите помеѓу овие прстени.

Фигура-7.10 Повеќе-прстени топологија

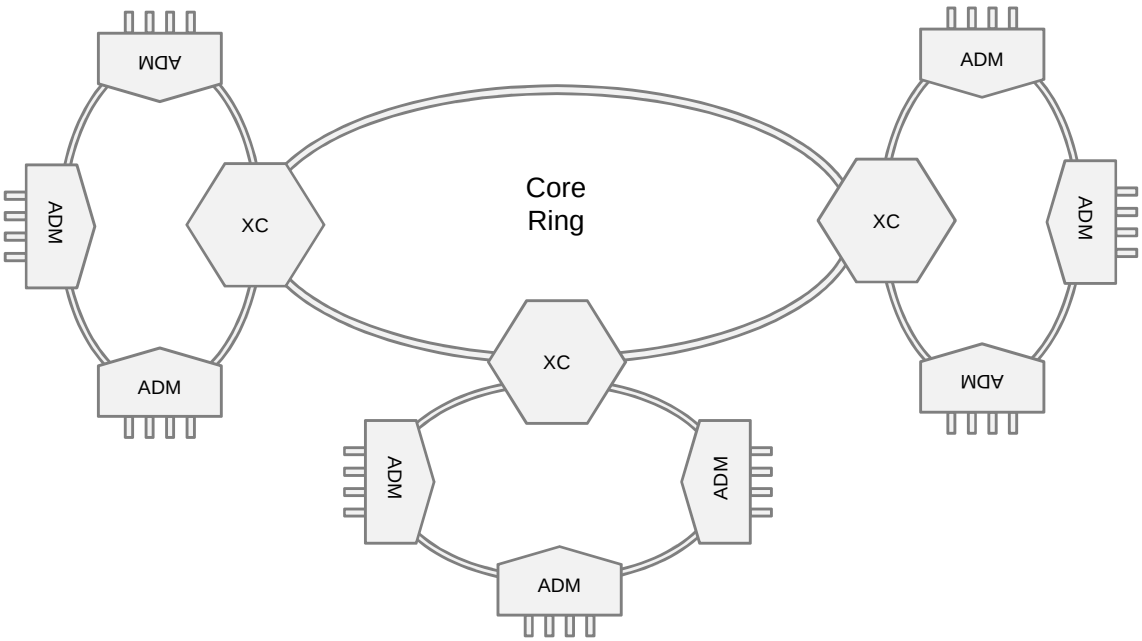


7.52 Конфигурацијата на ADM и DXC се менаџира преку компјутерски контролер - систем за менаџирање на мрежата, кој може да се наоѓа блиску или да биде оддалечен.

7.53 Меѓусебното поврзување прави две функции: grooming и consolidation. Grooming го опишува процесот со кој влезните канали се одвојуваат за рутирање на слични излезни канали. Consolidation, од друга страна, го опишува процесот со кој влезните канали меѓусебно се поврзуваат со помал број на излезни канали.

7.54 Најчесто преносната мрежа се гради во повеќе слоеви. Логички, постојат неколку локални прстени на пониските слоеви и еден главен прстен на највисокиот слој (види Фигура-7.11).

Фигура-7.11 Повеќеслојна прстен структура



7.55 За време на периодот кога гласовниот сообраќај доминирал над податочниот, мрежните биле воглавно градени со SDH технологија и сите прстени биле базирани на SDH. Со порастот на податочниот сообраќај во последниве години, мрежите се мигрираат кон WDM најпрво во главните делови, а потоа во надворешниот дел. Исто така, како што напредува технологијата, едноставната WDM опрема се заменува со OTN опрема.

7.56 Дел од мрежната еволуција е еволуцијата на опремата. SDH TM, ADM и XC биле "електрични" во поглед на тоа дека комутирањето било само во електричниот домен. Со WDM дошло мултиплексирањето и комутирањето (иако ограничено) во оптичкиот домен. Модерната опрема може да ги изведе овие операции и во електричниот и во оптичкиот домен, и, за да се разликуваат овие типови, им биле дадени различни имиња. На пример, OADM – оптичка ADM – се однесува на ADM која изведува ADM операции во оптичкиот домен. Дополнително, ROADM – реконфигурабилен оптички ADM – се однесува на OADM кој може да се конфигурира далечински. Слично, OXC - оптички cross-connect – може да биде i) opaque каде комутирањето е имплементирано со првин конвертирање на оптичките сингали во електрични, каде всушност се врши проследено со конверзија во оптичкиот домен; ii) photonic - фотонско – PXC – каде оптичките сигнали се демултиплексираат, комутираат и потоа повторно мултиплексираат; iii) translucent OXC – сигналот може да се комутира во електричниот и оптичкиот домен.

7.4 Конвергенција на мрежа

7.57 Како што напредува технологијата, мрежните функционалности кои биле тешки за одржување и работење и притоа скапи, станале помалку. Дополнително, функционалностите, и со тоа опремата, конвергирале. На пример, SDH мрежата дизајнирана за гласовен сообраќај веќе долго време служи и за податочен сообраќај.

7.58 Мрежите дизајнирани за податочно комутирање и оптички пренос исто така конвергираат. Опремата за комутирање станува свесна за WDM и оптички трансивери кои ги поддржуваат WDM стандардите се достапни на пазарот. Од друга страна, продавачите исто така нудат WDM опрема која може да комутира IP и SDH сообраќај.

7.59 Оваа конвергенција на IP комутирањето и DWDM преносот се развива во три насоки: i)одделни мрежи; ii) IP над WDM (IPoWDM); iii) пакет-оптички транспортен систем - packed-optical transport system – P-OTS. Секоја од овие е дискутирана понатаму во текстот.

7.60 Сценариото за одделни мрежи всушност не е сценарио за конвергенција. Опремата за комутирање (SDH јазли, IP комутатори, Етернет рутери) користи WDM опрема како црна кутија - black box и обратно. Ова сценарио е релативно скапо поради непотребните електро-оптички конверзии.

7.61 Во IPoDWDM сценариото за конвергенција, предавателите се вградуваат во IP опремата за комутирање (рутерите). Поради тоа, "сивата" оптика не е потребна. Ова го намалува бројот на потребни опто-електрични конверзии и го намалува трошокот.

7.62 IPoDWDM е широкодостапна технологија и поддржана од некои од големите производители на опрема, но не од повеќето. Дополнително, IPoDWDM не е општоприфатена од операторите, особено не од традиционалните оператори кои сеуште користат SDH опрема. Очигледно, менувањето на DWDM инвестицијата во IP рутерите ја намалува и флексибилноста за користење на DWDM за SDH.

7.63 Во P-OTS сценариото за конвергенција, способностите за комутирање на пакети (IP и Етернет) се вградени во DWDM опремата. Како и со IPoDWDM, имплементирањето на функционалностите за DWMD комутирање и транспорт во една мрежен елемент го намалува бројот на опто-електрични конверзии. Дополнително, ова ја подобрува ратата на полење на контејнерите низ DWDM врските.

7.64 P-OTS е многу повеќе поддржано и прифатено од операторите поради неговата обратна компатибилност. Но, P-OTS способноста е доста ограничена и потребни се дополнителни технолошки напредувања за овој тип на опрема да стане мејнстрим.

7.5 Принципи на моделирање

7.65 Нашиот модел ќе користи географски scorched node пристап за моделирање на преносната мрежа. Ова значи дека оптичките кабли и опремата за мултиплексирање ќе останат на нивните постоечки географски локации.

7.66 Scorched node пристапот кажува дека мрежната топологија се моделира како што е. Ова значи дека point-to-point мрежните, линеарните мрежни сегменти, и прстен структурите, како и точките за интерконекција ќе останат онаму каде што се.

7.67 Но, овој модел ќе го оптимизира бројот на оптички мултиплексери (TM и ADM) и бројот и капацитетот на cross-connector типовите.

7.68 Голем дел од преносната мрежа ќе го дели цевководот со мрежата за пристап. Процент од поделениот цевковод ќе биде влезен податок и ќе се моделира врз основа на податоците добиени од операторот.

7.69 Моделот ќе гради преносна мрежа базирана на WDM технологија што значи дека IP/Етернет сообраќајот ќе се носи низ посебни lambda. Одделно во поглед дека SDH/TDM сообраќајот ќе се носи преку еден сет на lambda, додека IP/Етернет сообраќајот ќе се носи преку друг сет на lambda.

7.70 Моделот нема да користи конвергиран IPoWDM бидејќи ова решение не е економски ефикасно за традиционален оператор и не е решение кое е широко распространето.

7.71 Моделот нема да користи P-OTS конвергирана мрежа. Иако ова решение е разумно за традиционалните оператори кои сакаат да се потпрат на порастот на податоци за да добијат нови приливи на средства, не е сеуште широко распространето.

7.72 Во деловите каде што мрежната топологија е Point-to-point или линеарна (најчесто агрегацискиот/делот за пристап), моделот ќе користи CWDM опрема поради нискиот трошок.

7.73 Во деловите од мрежата каде се имплементирани прстен топологии (најчесто во основниот дел од мрежата), моделот ќе користи DWDM опрема.

7.74 Моделот ќе се базира на OTN стандардот за пресметка на DWDM потребите за капацитет. Ова значи дека опремата и капацитетот на lambda каналот ќе се заокружи на првиот повисок OTUn кој го поддржува потребниот капацитет.

7.75 Капацитетот на прстенот ќе зависи од поврзаната опрема за комутирање, механизмот на отпорност и факторите за рутирање.

7.76 Сите add/drop точки во мрежата ќе се моделираат со мултиплексери. Само интерконекциските точки на прстенот ќе се моделираат со cross-connect уреди.

7.77 Моделот ќе користи фотонски cross-connect кај интерконекциските точки на прстенот. Секое комутирање на електричен домен се претпоставува дека ќе се врши од страна на Етернет или IP комутаторите, или преку SDH јазлите.

7.78 Моделот претпоставува колокација на опремата за пренос со опремата за комутирање/рутирање. Ова значи дека TM, OADM и OXC ќе се наоѓаат на исто место со DSLAM/MSAN јазлите, Ethernet комутаторите и IP рутерите.

7.79 Како што моделот претпоставува дека ADM и DXC служат како регенератори, регенераторите (како одделна опрема) ќе се користат во случај кога растојанието помеѓу оптичките преносни јазли го надминува максималното растојание помеѓу регенераторите. Максималното растојание помеѓу регенераторите ќе биде фиксен влез во моделот.

8 ДРУГИ ВАЖНИ ТРОШОЧНИ КОМПОНЕНТИ

7.1 Оперативни трошоци

7.1 Повеќето од Bottom-Up моделите се базираат на мрежните инженерски модели за централи и опрема. Тие не ги моделираат експлицитно оперативните трошоци. Еден пристап е да се изгради експлицитен модел за оперативните трошоци за сите клучни параметри кои имаат удел на оперативните трошоци. Некои од овие се прикажани во табелата подолу.

Директни мрежни оперативни трошоци

Директен мрежен трошок	Причина за трошок
Истражување и развој	Број на проекти
Одржување на мрежа	Број на DSLAM, IP Routers, итн
Тестирање на мрежа	Број на DSLAM, IP Routers, итн
Поправка на мрежа	Број на грешки
Планирање на мрежа	Количина на опрема која треба да се замени во наредните три години
Менаџирање на мрежа	Број на DSLAM, IP рутери, итн

Индиректни мрежни оперативни трошоци

Индиректен мрежен трошок	Причина за трошок
Купување и залиха	Број на DSLAM, IP Routers, итн
Човечки ресурси	Број на истражувачи/планирачи/одржувачи
Финансирање на мрежа	Број на оддели/вработени во мрежата
Згради и имот	Број и големина на области и централи

7.2 За некои типови на оперативни трошоци, како поправка и одржување, основниот трошок е директно инволвиран со мрежната централа и опрема. Поради тоа, можно е да се оттргнат овие трошоци од побарувачката за централи и опрема со Bottom-Up моделот.

7.3 За други типови на оперативни трошоци, како истражување и развој или планирање на мрежа, основниот трошок не смее да биде директно поврзан со централите и опремата. Овие трошоци не може да се оттргнат од централите и опремата.

7.4 Повеќето Bottom-Up мрежни инженерски модели за централи и опрема за кои знаеме не ги моделираат експлицитно оперативните трошоци. Наместо тоа, моделите користат соодноси за да ги оттргнат оперативните трошоци од трошоците за централи и опрема.

7.5 Но, постојат повеќе прашања поврзани со користење на соодноси за оперативните трошоци за трошоците за централи и опрема кои потекнуваат од различни оператори:

- Bottom-Up моделите ги пресметуваат трошоците за централи и опрема на база на тековни бруто трошоци за замена - Gross Replacement Cost (GRC). Ако се користат соодносите од постоечките оператори, тогаш овие оператори ќе треба да ги ревалоризираат фиксните средства на мрежата на база на тековен трошок. Ако не, добиените соодноси ќе бидат пристрасни во зависност од тоа дали вредноста на средствата се намалила или зголемила.

- Различни оператори можат да ги категоризираат оперативните трошоци на различен начин, со што се добиваат различни соодноси. Некои оператори можат да ги капитализираат трошоците кои ги прават другите оператори.

- Капиталните издатоци се предмет на голема економија на обем/опсег. Од друга страна пак, оперативните трошоци се предмет на многу помали економии на обем/опсег. Ова имплицира дека соодносот на оперативните трошоци со капиталните издатоци пропорционално поврзан со големината на мрежата: колку е поголема мрежата, толку е поголем соодносот.

7.6 Предлагаме да се моделираат оперативните трошоци со користење на (a) основна централа и опрема (b) вработени (персонал) како параметар. На пример, ќе ги моделираме трошоците на DSLAM за одржување и поправка по DSLAM (или по порта). Како што се зголемува бројот на порти, така се зголемуваат и соодветните трошоци за одржување и поправка.

7.7 Слично на тоа, ќе моделираме HR трошоци по вработен. Со тоа, ќе се моделираат или ќе се оттргнат трошоците по вработен од основните цетрали и опрема. На пример, бројот на вработени по DSLAM (или порта).

7.2 Опрема за струја

7.8 Опремата за струја претставува значен трошок на капиталот за секој оператор. Како резултат на тоа, потребно е прецизно да се моделираат потребите за централа и опремата за струја.

7.9 За да работи опремата за пренос и комутаторската опема потребна е струја како и бакарните кабли за POTS/ISDN услугите.

7.10 Опремата за напојување на одредена локација најчесто се дизајнира да ја снабдува цела опрема на дадена локација или соба. Исклучок овде се прави овде ако различните услуги и опремата потребна да ги овозможи тие услуги имаат различни сигурносни потреби.

7.11 На пример, гласовните услуги можеби се најсигурни и немаат потреба од помошни генератори, додека податочните услуги немаат толкаво ниво на сигурност. Поради тоа, помошните генератори се димензионираат и користат за да ги напојуваат само централите, а не комутаторите. Важно е да се забележи дека, со оглед на порастот на податочните услуги, овој пример најверојатно не претставува реално сценарио.

7.12 Централите содржат резервна опрема за електрична енергија во случај на прекин на напојувањето. Во прилог на резервната моќност, различна опрема користи различна струја и дополнителна опрема е потребна. Во принцип, централата и опремата се состојат од:

❶ разводни кутии;
❷ AC/DC исправувачи;
❸ батерии; и
❹ помошни генератори.

7.13 Ако се прекине главниот доток на струја во централата, AC струја се снабдува од резервен генератор, а DC струја се снабдува од батерии. Како резултат на тоа, нема никакви прекини кај услугите.

7.14 За електрана – опрема за струја, постојат пет (5) главни фактори за трошокот:

- PSTN/ISDN/изнајмени линии – Јасно, што повеќе линии се доделат на една централа, толку повеќе опрема за струја (особено исправувачи и батерии) потребна.
- Комутатори – Комутаторите бараат многу струја. Многу централи содржат неколку комутатори (големи локални комутатори, тандем комутатори, итн.).
- Широкопојасни рутери – DSLAM што се наоѓаат во зградите на централите бараат огромно количество на струја.
- Мултиплексори – Сообраќајот се пренесува со помош на преносна опрема.
- HVAC опрема – Зградите мораат да се греат во зима, и ладат во лето. Греење може да се добие од повеќе различнитехнологии. Ладењето, од друга страна, најчесто троши електрична енергија.

7.15 Различна опрема различно троши струја. PSTN линии, на пример, бараат и AC и DC напојување. Преносната опрема бара само DC струја. HVAC опремата, од друга страна, најчесто бара AC струја.

7.3 Греење, вентилација и ладење

7.16 Оперативните перформанси на телекомуникациската опрема се зависни од температурата на амбиентот. Како и со секоја електрична/електронска опрема, се ствара многу топлина. Оваа топлина мора да се исфрла ако треба да се задржи некоја температура поставена од страна на производителот на опремата.

7.17 Додатно, секоја опрема доаѓа со специфичен опсег на температурата на амбиентот. Како резултат на тоа, опремата за греење, вентилација и ладење (HVAC) е потребна за да ја одржи температурата во централата на некое специфично ниво.

7.18 HVAC централата и опремата најчесто се состојат од:

❶ единки за греење;
❷ опрема за вентилација (исфрлачи на воздух);
❸ климатизери; и
❹ алармни (во случај на расипување на опремата) системи.

7.19 За HVAC опрема, постојат шест (6) главни фактори за трошокот:

- PSTN/ISDN/изнајмени линии – Јасно, што повеќе линии се доделат на една централа, толку повеќе HVAC опрема (особено исправувачи и батерии) е потребна.
- Комутатори – Комутаторите генерираат голема количина на топлина од нивните процесори. Многу централи содржат неколку комутатори (големи локални комутатори, тандем комутатори, итн.).
- Широкопојасни рутери – DSLAM лоцирани во зградите на централите генерираат голема количина на топлина од нивните процесори.

- Мултиплексори – Сообраќајот се пренесува со помош на преносна опрема.
- Време/локација – Зградите мораат да се греат во зима и ладат во лето. Јасно, географската локација на зградата има важна улог во потребата од HVAC.
- Волумен на зградата – Потребите за греењето се функција од загубата на топлина, а пак таа е функција од волуменот што треба да се загрее.

7.20 Различна опрема има различни HVAC потреби. PSTN линиите, на пример, немаат HVAC потреби. Комутаторската опрема, од друга страна, бара многу опрема за ладење/вентилација.

7.21 Поновите типови на комутатори имаат поголема процесирачка моќ, но исто така бараат повеќе и генерираат повеќе топлина од постарите поради поголемиот број на транзистори по квадратен cm. Поради ова, HVAC и трошоците за струја претставуваат значаен дел при работа со податочни центри со висок капацитет и на намалувањето на топлината е исто така обратено поголемо внимание изминатите неколку години.

7.22 Делот од моделот за оптимизација на трошокот ќе го пресмета трошокот за HVAC врз основа на потребниот волумен за да функционираат оптимално мрежните компоненти.

7.4 Друго

7.23 Мрежни операции – моторни возила, под кои подразбираме моторизирани возила кои се користат за мрежни операции. Ова не е ограничено само за копнени возила, туку ги вклучува сите возила, како хеликоптери, преносни генератори, итн.

7.24 Цела мрежна централа и опремата бараат одржување и поправка во случај на дефект. Оваа опрема се нарекува примарна мрежна централа и опрема. Но, други централи и опрема се исто така потребни за да се овозможат телекомуникациските услуги. Примери за вакви централи и опрема се батериите на централата, исправувачите, HVAC опремата, итн. Ваквата опрема се нарекува опрема за поддршка на мрежната централа и опрема. Оваа опрема исто така бара редовно одржување и поправка.

7.25 За крај, секундарните централи и опрема се однесуваат на фиксните средства како зградите на централите и моторните возила. Секундарните централи и опрема исто така бараат редовно одржување и поправка.

7.26 IT системи – под софтвер за оперативен систем се подразбираат софтверски решенија од трето лице како Microsoft, Oracle, BI итн. што се користат во менаџирање на мрежи. Оперативните системи се користат да ги поддржуваат мрежните активности (како полнење на сообраќај, рутирање на сообраќај, итн.). Тие се различни од системите зса поддршка на бизнис - Business Support System (BSS) како CRM систем, ERP систем, системот за наплата, кои се користат како поддршка на бизнис активностите.

7.27 Одделен тип на софтвер е in-house развиениот софтвер кој може да се користи како оперативен систем или BSS.

7.28 Под IT харвер се подразбираат персоналните компјутери, принтери, сервери, итн. Хардверот се користи да ги поддржува НТ мрежните активности (како полнење на сообраќај, рутирање на сообраќај, итн.).

7.29 Под згради на централи подразбираме згради во кои се наоѓа телекомуникациска централа и опрема како MDF, комутатори, преносна опрема, како и централа и опрема за поддршка како генератори за струја и HVAC опремата. Зградите типично си ја зголемуваат вредноста со тек на време поради (i) инфлација, (ii) зголемување на примањата (iii) и пораст на популацијата.