

МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ

Кафедра протидії кіберзлочинності, факультет № 4

МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

ДО СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

з навчальної дисципліни «Телекомунікаційні системи та мережі
нового покоління» вибіркового компоненту
освітньої програми другого рівня вищої освіти

125 "Кібербезпека та захист інформації" (безпека інформаційних та
комунікаційних систем)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Вченою радою факультету № 4
Протокол від 16.08.2023 № 8

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні кафедри протидії кіберзлочинності (*протокол від 15.08.2023 № 19*)

Розробник:

Завідувач кафедри протидії кіберзлочинності, к.ю.н., професор Манжай О.В.

Рецензенти:

Тулупов В.В., доцент кафедри кібербезпеки та DATA-технологій факультету № 6
Харківського національного університету внутрішніх справ к.т.н., доцент;

Павликівський В.І., перший проректор Харківського університету, д.ю.н., професор

1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами

заочна форма навчання

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин відведених на вивчення навчальної дисципліни					Вид контролю
	Всього	з них:				
		лекції	Семінарськ і заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	
Семестр №2						
Тема №1. Основні поняття мереж зв'язку наступного покоління. Архітектура мережі наступного покоління NGN	16				16	залік
Тема №2. : Напрями еволюції технологій і послуг телекомунікаційних мереж.	14				14	
Тема №3. Склад, особливості і основні технології мереж доступу	12	2			10	
Тема №4 Послуги IP–телефонії в мережі NGN	14	2	2		10	
Тема №5 Побудова та конфігурування мережі NGN з використанням Softswitch.	12		2		10	
Тема №6 Побудова базової мережі на основі технології IP MPLS.	12	2			10	
Тема №7 Програмно-конфігуровані мережі	10				10	
Всього за семестр №2	90	6	4		80	

2. Методичні вказівки до практичних занять

Тема № 3. Склад, особливості і основні технології мереж доступу

Заняття 1. Розрахунок основних параметрів шлюза мережі доступу

Навчальна мета заняття: Вивчення методики і отримання практичних навичок розрахунків обсягу обладнання доступу, використовуваних в мережах зв'язку наступного покоління NGN.

Матеріально-технічне забезпечення: комп'ютерна мережа з підключенням до Internet, медіапроектор.

Кількість годин: 1 год.

Навчальні питання

1. Класифікація медіашлюзів.
2. Методика проектування мережі доступу NGN
3. Використання різного типу кодеків в мережах доступу.

План проведення заняття

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Перевірити згідно журналу навчальної групи наявність здобувачів вищої освіти. Оголосити тему заняття, навчальну мету і план заняття.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Відповідно до заданого варіантом (див. Табл. 1):

1. Розрахувати параметри заданих шлюзів.

Табл. 1 Індивідуальні завдання

№	Параметр	Варіанти									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Параметри шлюзу доступу											
	Кільк абонентів ССОП	2000	2500	3000	3500	4000	4500	3000	2500	3500	2000
2.	Кільк абонентів ISDN-BRA	250	200	150	300	350	400	450	250	300	350
3.	Кільк абонентів з пакетними терміналами SIP/H.323	500	450	600	250	350	550	300	400	200	450
4.	Кільк LAN / Кільк абонентів з пакетними терміналами SIP/H.323 в кожній LAN	2/30	1/40	3/50	4/25	5/35	2/20	3/35	1/20	5/30	4/20
5.	Кільк мереж доступу з нтерф V5.2/кільк потоків E1 в кожному	2/5	3/3	5/4	0	3/5	2/1	6/3	4/4	3/6	0
6.	Кільк УПАТС, що підключено до шлюзу/кільк потоків PRI в кожній	4/2	0	1/2	3/5	½	2/3	4/2	0	4/1	3/3
7.	Тип мовного кодеку	G.711	G.726	G.729a	G.711	G.726	G.729a	G.711	G.726	G.729a	G.711
8.	Частка викликів, що обслуговуютьс я без компресії x	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,15	0,25	0,2	0,3	0,15
Параметри транзитного шлюзу											
9.	Кільк первинних потоків E1 для підкл АТС	25	30	40	35	45	20	25	35	40	45
10.	Частка викликів, що обслуговуютьс я без компресії	0,2	0,4	0,1	0,2	0,3	0,25	0,15	0,1	0,2	0,3
11.	Тип мовного кодеку	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711	G.711

Для підключення різних користувачів до мережі NGN на рівні мережі доступу використовуються два типи обладнання:

- медіашлюзи - для підключення ліній і термінального обладнання користувачів, непрацюючого з пакетними технологіями; основне призначення медіашлюзи - перетворення користувальницької і сигнальної інформації в пакетний вид на базі стека протоколів TCP / IP, придатний для передачі в транспортній мережі NGN.
- пакетні комутатори / маршрутизатори - для підключення ліній і кінцевого обладнання користувачів, що працює з пакетними технологіями на базі стека протоколів TCP / IP.

Розрізняють декілька видів медіашлюзи в залежності від типу підключаються ліній і термінального обладнання користувачів:

1) резидентний шлюз доступу RAGW (Resident Access Gateway) - для безпосереднього включення абонентських ліній, наприклад аналогових телефонних ліній, до яких можуть підключатися термінали телефонної мережі зв'язку загального користування (ССОП), такі як традиційні телефонні апарати, аналогові модеми, факсимільні апарати, модеми xDSL і цифрових абонентських ліній ISDN, до яких підключається термінальне обладнання базового доступу BRA (2B + D), наприклад, цифрові телефонні апарати ISDN, відеотелефони і ін .;

2) шлюз доступу AGW (Access Gateway) - призначений для включення мереж доступу AN (Access Network) через інтерфейс V5.2, який може включати від 2 до 16 первинних потоків E1, тобто nxE1, де $n = 2 \div 16$ або УПАТС через інтерфейс первинного доступу PRA мережі ISDN (30B + D);

3) транзитний (транкінгового) шлюз TG (Trunk Gateway) - для включення з'єднувальних ліній від існуючих телефонних станцій для сполучення з мережею NGN за первинними потокам E1 з сигналізацією OKC№7 для підключення цифрових АТС і R1,5 (2BCK + МЧК) для підключення координатних АТС.

Часто конструктивно резидентний шлюз і шлюз доступу реалізуються у вигляді єдиного мультисервісного вузла доступу MSAN (Multi-Service Access Node). До складу такого MSAN обов'язково входить пакетний комутатор Ethernet, в який включаються безпосередньо всі джерела навантаження, які працюють за пакетним технологіям: локальні обчислювальні мережі LAN і мультимедійні термінали на базі протоколів SIP, H.323 (рис. 1).

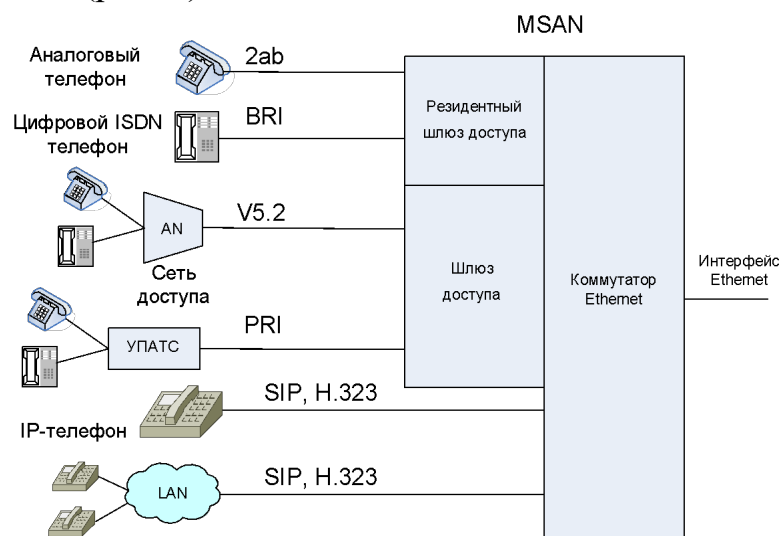


Рис.1 - Структура мультисервісного вузла доступу MSAN

Вихідними даними проектування мережі доступу NGN є:

1. Кількість джерел навантаження різних типів, підключення яких планується реалізувати при формуванні мережі доступу. До джерел навантаження відносяться:
 - абоненти, що використовують підключення по аналоговим абонентським лініях і підключаються в резидентний шлюз доступу (RAGW);
 - абоненти, що використовують підключення через базовий доступ ISDN BRA і підключаються в RAGW;
 - абоненти, що використовують пакетні термінали SIP і підключаються в пакетну мережу на рівні комутатора Ethernet шлюзу доступу AGW;
 - абоненти, що використовують пакетні термінали H.323 і підключаються в пакетну мережу на рівні комутатора Ethernet шлюзу доступу AGW;
 - локальні обчислювальні мережі, що здійснюють підключення абонентів з терміналами SIP і H.323 і підключаються в пакетну мережу на рівні комутатора Ethernet шлюзу доступу AGW;
 - УПАТС, що використовують зовнішній інтерфейс ISDN-PRA і підключаються в пакетну мережу через шлюз доступу AGW;
 - обладнання мережі доступу з інтерфейсом V5, що підключається в пакетну мережу через шлюз доступу AGW;
 - АТС телефонної мережі, що підключаються до транзитного шлюзу.

2. Питомі навантаження від перерахованих вище джерел мереж з комутацією каналів.

3. Питомі параметри передачі термінального обладнання пакетних мереж і питомі навантаження, наведені до параметрів передачі.

4. Типи кодеків в планованому до впровадження обладнанні шлюзів.

Число абонентських шлюзів визначається виходячи з параметрів критичності довжини абонентської лінії, розрахункового значення передбачуваного навантаження, топології первинної мережі (якщо така вже існує), наявності приміщень для установки, технологічних показників типів обладнання, передбачуваного до використання.

Виходячи з критерію критичності довжини абонентської лінії, зона обслуговування резидентного шлюзу доступу повинна створюватися таким чином, щоб максимальна довжина абонентської лінії не перевищувала 3-4 км. Якщо шлюз проводить підключення обладнання мережі доступу інтерфейсу V5, LAN або УПАТС, то зона обслуговування шлюзу включає в себе і зони обслуговування підключаються об'єктів.

Виходячи із зони обслуговування визначаються ємнісні показники шлюзу, які відображають загальну кількість абонентів і ємності кожного з типів підключень.

Введемо наступні змінні:

N_{SH} - число абонентів з терміналами SIP / H.323, які використовують підключення по Ethernet-інтерфейсу на рівні комутатора Ethernet шлюзу доступу;

N_{LAN} - число LAN, що підключаються до Ethernet-комутатора на рівні шлюзу доступу;

M_{i_LAN} - число абонентів мовних послуг, що підключаються до i -ої LAN, де i - номер LAN;

N_{V5} - число мереж доступу інтерфейсу V5, що підключаються до шлюзу доступу;

M_{j_V5} - число призначених для користувача каналів в j -му інтерфейсі V5, де j - номер мережі доступу;

$N_{УПАТС}$ - число УПАТС, що підключаються до шлюзу доступу;

$M_{k_УПАТС}$ - число призначених для користувача каналів в інтерфейсі підключення PRI k-ой УПАТС, де k - номер УПАТС.

Розрахуємо навантаження, що надходить на кожен вид шлюзів.

1. Загальне навантаження, що надходить на резидентний шлюз доступу RAGW, що забезпечує підключення аналогових абонентів ССОП і абонентів базового доступу ISDN, дорівнює:

$$Y_{RAGW} = Y_{CCOP} + Y_{ISDN} = y_{CCOP} \cdot N_{CCOP} + y_{ISDN} \cdot N_{ISDN}, \text{Ерл (1)}$$

де

Y_{CCOP} - загальне навантаження, що надходить на шлюз доступу від абонентів ССОП;

Y_{ISDN} - загальне навантаження, що надходить на шлюз доступу від абонентів ISDN;

y_{CCOP} - питоме навантаження на одного абонента ССОП, дорівнює 0,1 Ерл;

y_{ISDN} - питоме навантаження на одного абонента ISDN, дорівнює 0,2 Ерл;

N_{CCOP} - число абонентів, що використовують підключення по аналоговій абонентській лінії до ССОП;

N_{ISDN} - число абонентів, що використовують підключення за базовим доступу ISDN.

2. Загальне навантаження, що надходить на шлюз доступу AG, який би підключення мереж доступу СД через інтерфейс V5 і УПАТС через інтерфейс первинного доступу PRI, дорівнює:

$$Y_{AGW} = \sum_{j=1}^J y_{V5} M_{j_V5} + \sum_{k=1}^K y_{УПАТС} M_{k_УПАТС}, \text{Ерл (2)}$$

y_{V5} - питоме навантаження на один канал інтерфейсу V5.2, рівне 0,7 Ерл;

M_{j_V5} - число каналів в інтерфейсі V5.2 для підключення j-ой мережі доступу (слід враховувати, що задано число первинних потоків Е1 для підключення мереж доступу, яке необхідно перерахувати в число мовних каналів);

J - загальне число мереж доступу;

$y_{УПАТС}$ - питоме навантаження на один канал первинного доступу ISDN PRI для підключення УПАТС, рівна 0,8 Ерл;

$M_{k_УПАТС}$ - число каналів в інтерфейсі PRI для підключення k-ой УПАТС (слід враховувати, що задано число потоків PRI для підключення кожної УПАТС, яке необхідно перерахувати в число мовних каналів);

K - загальна кількість УПАТС.

Якщо шлюз реалізує одночасно функції резидентного шлюзу доступу і шлюзу доступу, то загальне навантаження, що надходить на такий медіашлюзи, дорівнює:

$$Y_{GW} = Y_{RAGW} + Y_{AGW}, \text{Ерл. (3)}$$

Нехай V_{COD_m} - швидкість передачі кодека типу t при обслуговуванні мовного виклику. Значення V_{COD_m} для різних типів мовних кодеків наведені в табл. 2.

Таблиця 2 Характеристики різних мовних кодеків

Кодек	Полоса пропускання кодека V_{COD} , кбіт /с	Полоса пропускання з урахуванням подавлення пауз, кбіт/с
G.711	84,80	42
G.726	37,69	19
G.729a	14,13	12.2

Тоді транспортний ресурс, який повинен бути виділений для передачі в пакетній мережі голосового трафіку, що надходить на шлюз, за умови використання кодека типу *m* дорівнюватиме:

$$V_{GW_COD} = k \cdot V_{COD} \cdot Y_{GW} \quad (4)$$

де *k* - коефіцієнт використання ресурсу, *k* = 1,25;

V_{COD} - смуга пропускання заданого мовного кодека з урахуванням придушення пауз.

Слід зазначити, що забезпечення підтримки послуг доставки інформації в мережах з комутацією каналів і в мережах з комутацією пакетів здійснюється по-різному. Для передачі факсимільної інформації в мережах з комутацією каналів використовується стандартний канал 64 кбіт/с, а в пакетних мережах може використовуватися або кодек Т.38, або емуляція каналу 64 кбіт/с. Аналогічно, для підтримки модемних з'єднань або з'єднань в рамках послуги доставки «64 кбіт/с без обмежень». При розрахунку транспортного ресурсу слід враховувати, що деяка частина викликів буде обслуговуватися без компресії інформації користувачів.

Визначивши частку такого навантаження як «*x*», тоді формулу для визначення транспортного ресурсу шлюзу (4) але з урахуванням частки викликів, що обслуговуються без компресії, можна представити у вигляді:

$$V_{GW_compr} = k \cdot ((1 - x) \cdot V_{COD} + x \cdot V_{G.711}) \cdot Y_{GW} \quad (5)$$

де *V_{G.711}* - ресурс для передачі інформації від кодека G.711 без придушення пауз, використовуваного для емуляції каналів.

Якщо в обладнанні шлюзу доступу реалізована можливість підключення користувачів, що використовують пакетні термінали SIP, H.323 або включення локальних обчислювальних мереж LAN, що здійснюють підключення таких користувачів, то необхідний транспортний ресурс підключення шлюзів доступу повинен бути збільшений. Частка збільшення транспортного ресурсу за рахунок надання базової послуги пакетної телефонії таким користувачам може бути визначена в залежності від використовуваних кодеків і числа користувачів. Тоді додатковий транспортний ресурс шлюзу для обслуговування терміналів пакетної телефонії дорівнює:

$$V_{paket} = V_{LAN} + V_{SH} = \gamma_{paket} \cdot V_{COD} (N_{LAN} \cdot M_{LAN} + N_{SH}) \quad (6)$$

де γ - питома навантаження від терміналу SIP / H.323, яка дорівнює 0,2 Ерл.

Транспортний ресурс шлюзу повинен бути розрахований на передачу, крім призначеної для користувача (медіа), ще й сигнальної інформації на базі протоколу H.248 / Megaco, якою обмінюється шлюз з гнучким комутатором (softswitch). Таким чином, загальний транспортний ресурс шлюзу може бути визначений як сума всіх необхідних складових:

$$V_{\Sigma GW} = V_{GW_compr} + V_{paket} + V_{H.248} \quad (7)$$

Наближено вважатимемо, що сигнальна інформація вимагає додатково 10% смуги пропускання від загального транспортного ресурсу шлюзу.

Після визначення транспортного ресурсу підключення визначаються ємнісні показники, тобто кількість і тип інтерфейсів, якими обладнання шлюзу доступу буде підключатися до пакетної мережі. Кількість інтерфейсів, крім транспортного ресурсу, буде визначатися також виходячи з топології мережі. У будь-якому випадку кількість інтерфейсів повинно бути не менше, ніж

$$N_{INT} = \frac{V_{GW}}{V_{INT}} \quad (8)$$

де V_{INT} корисний транспортний ресурс одного інтерфейсу.

У разі використання різнорідних інтерфейсів кількість інтерфейсів кожного типу може визначатися за формулою:

$$V_{GW} = \sum_{i=1}^I (N_{i_INT} \cdot V_{i_INT}) \quad (9)$$

де I - число типів інтерфейсів;

N_{i_INT} - кількість інтерфейсів i -го типу;

V_{i_INT} - корисний транспортний ресурс інтерфейсу i -го типу.

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Виконання обчислень основних характеристик шлюза
3. Висновки за результатами досліджень роботи.

Контрольні питання

1. Вкажіть призначення шлюзів в мережі NGN.
2. Чим відрізняються різні типи шлюзів мереж NGN: транзитний (транкінгового), сигнальний, доступу, резидентний доступу?
3. Перелічіть основні завдання проектування мережі доступу NGN.
4. Вкажіть основні варіанти підключення кінцевих користувачів до мережі зв'язку загального користування.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Перевірити у здобувачів результати виконання поставлених задач, виставити відповідні оцінки. Зазначити перелік задач для самостійної роботи, вказати час і спосіб перевірки результатів самостійної роботи.

Оголосити тему наступного заняття.

Заняття 2. Вибір інтерфейсів для підключення шлюза мережі доступу до транспортної мережі

Навчальна мета заняття: опанувати основні інструменти вибору фізичного рівня для підключення шлюза мережі доступу до транспортної мережі.

Матеріально-технічне забезпечення: комп'ютерна мережа з підключенням до Internet, медіапроектор.

Кількість годин: 2 год.

Навчальні питання

1. Варіанти підключення пакетних терміналів до мережі NGN
2. Вихідні дані для розрахунку мережі доступу NGN
3. Методика розрахунків обладнання шлюзів доступу в мережі NGN
4. Методика розрахунків обладнання транзитних шлюзів.

Література:

1. Телекомунікаційні системи та мережі. Структура та основні функції / В. В. Поповський та ін. Т. 1. Харків: СМІТ. Друге видання. Виправлено та

доповнено. 2018.

2. Заїка В.Ф. Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління./ В.Ф. Заїка, О.Г. Варфоломеева, К.О.Домрачева, Г.О. Гринкевич Навчальний посібник- Київ: ДУТ, 2019. – 352 с.
3. Методи наукових досліджень в телекомунікаціях. У 2-х томах. Т. 1.: навчальний посібник/під ред. В.В. Поповського. – Х.: Компанія СМІТ, 2013. – 390 с.
4. КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ Частина 2 НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК : навч. посіб. для студ. спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізації «Інженерія програмного забезпечення інформаційно управляючих систем » та «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів; КПП ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 372 с
5. Безрук В.М., Бідний Ю.М., Колтун Ю.М., Астраханцев А.А., Свид І.В., Ширяєв А.В., Харченко Н.А. Інформаційні мережі зв'язку. Ч. 2. Телекомунікаційні технології стаціонарних мереж зв'язку: навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2011. – 492 с.

План проведення заняття

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Перевірити згідно журналу навчальної групи наявність здобувачів вищої освіти. Оголосити тему заняття, навчальну мету і план заняття.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

1. Зобразити проектувану мережу доступу мережі NGN із зазначенням шляхів і протоколів передачі сигнальних і медіапотоків з урахуванням результатів роботи №1.

Як правило, транзитні (транкінгові) шлюзи TMG встановлюються на існуючих об'єктах мережі з урахуванням структури наявної мережі зв'язку загального користування (ССОП), здійснюючи підключення територіально наближених АТС. Ємнісні показники шлюзу TMG визначаються виходячи з навантаження, що надходить від цих АТС. У свою чергу, значення навантаження може бути обчислено на основі числа потоків Е1 між АТС і шлюзом і питомого навантаження на один канал 64 кбіт / с. Зазвичай для передачі мови від АТС використовується стандартний кодек G.711.

Тоді загальне навантаження, що надходить на транзитний шлюз від АТС ССОП, дорівнює:

$$Y_{TMG} = N_{E1} \cdot 30 \cdot y, \text{ Ерл. (1)}$$

де N_{E1} - число потоків Е1, що здійснюють підключення АТС ССОП до транспортного шлюзу;

y_{E1} - питома навантаження одного каналу 64 кбіт / с в складі первинного потоку Е1;

Y_{MG} - загальне навантаження, що надходить на транспортний шлюз від АТС ССОП.

Значення питомого навантаження на один розмовний канал потоку Е1 $U_{кан}$ при розрахунках приймається 0,8 Ерл.

Слід також враховувати, що деяка частина викликів (передача факсимільного інформації, модемних з'єднань і ін.) Буде обслуговуватися з використанням кодека

G.711 без компресії інформації користувачів. Визначивши частку такого навантаження як «х», формулу для визначення транспортного ресурсу можна представити у вигляді:

$$V_{TMG_compr} = [(1-z) \cdot V_{G.711-p} + z \cdot V_{G.711}] \cdot Y_{TMG}, \text{ Біт / с. (2)}$$

де $V_{G.711-p}$ - ресурс для передачі мовної інформації кодека G.711 з придушенням пауз.

Крім користувацької інформації, на транспортний шлюз надходять повідомлення протоколу управління медіашлюзу H.248 / Megaco і повідомлення протоколу ОКС№7, які перетворюються в повідомлення протоколу SIGTRAN. Для цих повідомлень також повинен бути виділений транспортний ресурс в шлюзі. Таким чином, загальний транспортний ресурс TGW може бути обчислений за формулою:

$$V_{TMG} = V_{MG_compr} + V_{H.248} + V_{OKC}, \text{ Біт / с, (3)}$$

де $V_{H.248}$ - смуга пропускання для передачі повідомлень протоколу H.248;

V_{OKC} - смуга пропускання для передачі повідомлень ОКС№7.

Наближено вважатимемо, що сигнальна інформація H.248 вимагає додатково 10% смуги пропускання від загального транспортного ресурсу шлюзу.

Смуга пропускання для передачі повідомлень ОКС№7 визначається з використанням методики перерахунку розмовного навантаження в навантаження ОКС№7, що застосовується при проектуванні мереж загальноканальної сигналізації:

$$V_{OKC} = Y_{TMG} \cdot k_{OKC} \cdot V_{zc} \cdot y_{zc} \cdot k_{SIGTRAN}, \text{ Біт / с, (4)}$$

де $0,166 \times 10^{-3}$ - коефіцієнт перерахунку місцевого телефонного навантаження в навантаження ОКС№7;

$V_{zc} = 64000$ біт / с - смуга пропускання ланки сигналізації, дорівнює;

$y_{zc} = 0,2$ Ерл - завантаження ланки сигналізації, дорівнює.

$k_{SIGTRAN} = 1,3$ - коефіцієнт перерахунку навантаження ОКС№7 в навантаження протоколу SIGTRAN.

Кількість і тип інтерфейсів підключення транзитного шлюзу до пакетної мережі визначається транспортними ресурсами шлюзу і топологією пакетної мережі. Транспортний ресурс шлюзу і кількість інтерфейсів пов'язані співвідношенням:

$$V_{TMG} = N_{INT} \cdot V_{INT}, \text{ Біт / с (5)}$$

де V_{INT} - корисний транспортний ресурс одного інтерфейсу;

N_{INT} - кількість інтерфейсів.

Основні параметри розрахунку обладнання шлюзу доступу і транзитного шлюзу представлені на рис. 1.

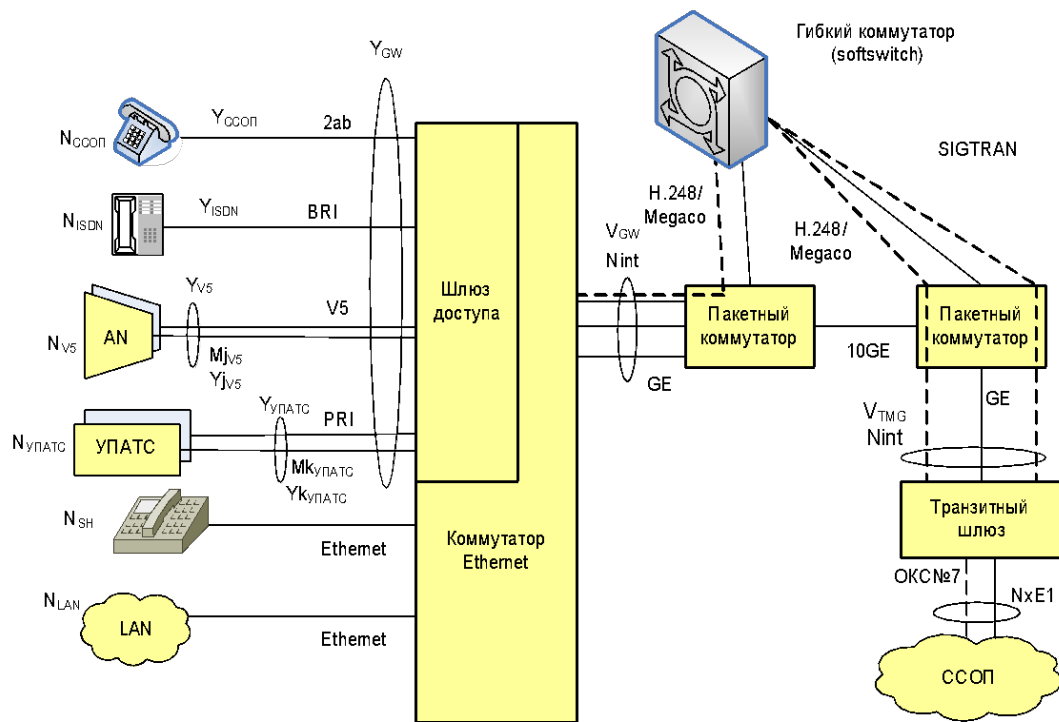


Рис.1 - Параметры розрахунку обладнання шлюзу доступу і транзитного шлюзу

Зміст звіту

1. Мета роботи.
2. Таблиця з вихідними даними для проектування мережі доступу.
3. Схема організації зв'язку (вказати шляхи передачі сигнальних і медіапотоків і використовувані при цьому протоколи передачі).
4. Результати розрахунків обладнання різних шлюзів мережі доступу:
 - навантаження на вході кожного шлюзу від різних джерел;
 - навантаження на виході кожного шлюзу;
 - тип і кількість інтерфейсів підключення шлюзів в транспортну мережу
4. Висновки за результатами досліджень роботи.

Контрольні питання

1. Вкажіть варіанти підключення пакетних терміналів до мережі NGN.
2. Перелічіть вихідні дані для розрахунку мережі доступу NGN.
3. Поясніть методику розрахунків обладнання шлюзів доступу в мережі NGN.
4. Поясніть методику розрахунків обладнання транзитних шлюзів.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Перевірити у здобувачів результати виконання поставлених задач, виставити відповідні оцінки. Зазначити перелік задач для самостійної роботи, вказати час і спосіб перевірки результатів самостійної роботи. Оголосити тему наступного заняття.

Заняття 3. Побудова та конфігурування мережі NGN з використанням Softswitch

Навчальна мета заняття: Вивчення методики і отримання практичних навичок проектування гнучкого комутатора (softswitch), використовуваних в мережах зв'язку наступного покоління NGN.

Матеріально-технічне забезпечення: комп'ютерна мережа з підключенням до Internet, медіапроектор.

Кількість годин: 4 год.

Навчальні питання

1. Методика проектування гнучкого комутатора
2. Призначення і функції гнучкого комутатора (softswitch) в мережі NGN
3. Основні протоколи роботи гнучких комутаторів

Література:

1. Телекомунікаційні системи та мережі. Структура та основні функції / В. В. Поповський та ін. Т. 1. Харків: СМІТ. Друге видання. Виправлено та доповнено. 2018.
2. Заїка В.Ф. Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління./ В.Ф. Заїка, О.Г. Варфоломеева, К.О.Домрачева, Г.О. Гринкевич Навчальний посібник- Київ: ДУТ, 2019. – 352 с.
3. Методи наукових досліджень в телекомунікаціях. У 2-х томах. Т. 1.: навчальний посібник/під ред. В.В. Поповського. – Х .: Компанія СМІТ, 2013. – 390 с.
4. КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ Частина 2 НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК : навч. посіб. для студ. спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізації «Інженерія програмного забезпечення інформаційно управляючих систем » та «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів; КПП ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 372 с
5. Безрук В.М., Бідний Ю.М., Колтун Ю.М., Астраханцев А.А., Свид І.В., Ширяєв А.В., Харченко Н.А. Інформаційні мережі зв'язку. Ч. 2. Телекомунікаційні технології стаціонарних мереж зв'язку: навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2011. – 492 с.

План проведення заняття

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Перевірити згідно журналу навчальної групи наявність здобувачів вищої освіти. Оголосити тему заняття, навчальну мету і план заняття.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Відповідно до індивідуальним завданням (див. Табл. 1):

1. Зобразити проєктовану мережу NGN, що обслуговується гнучким комутатором.
2. Розрахувати параметри гнучкого комутатора.

Таблиця 1 – Варіанти завдань

№	параметр	Варіанти завдань									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Кільк абонентів ССОП	2000	2500	3000	3500	4000	4500	3000	2500	3500	2000
1.	кільк абонентів ISDN-BRA	250	200	150	300	350	400	450	250	300	350
2.	Кільк мереж доступу з інтерф V.5/Кільк потоків E1 для підключення	2/5	3/3	5/4	0	3/5	2/1	6/3	4/4	3/6	0

3.	Кільк УПАТС, що підключено до шлюзу /Кільк потоків PRI для підключення УПАТС	4/2	0	1/2	3/5	1/2	2/3	4/2	0	4/1	3/3
4.	Кільк абонентів з терміналами SIP/H.323/MGCP	500	450	600	250	350	550	300	400	200	450
5.	Коефіцієнт поправки ССОП	1,1	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2	1,3	1,4	1,1	1,2
6.	Коефіцієнт поправки ISDN	1,3	1,5	1,6	1,2	1,4	1,3	1,2	1,1	1,5	1,4
7.	Коефіцієнт поправки V.5	1,2	1,3	1,5	1,1	1,2	1,4	1,5	1,3	1,2	1,1
8.	Коефіцієнт поправки УПАТС	1,5	1,1	1,1	1,3	1,3	1,5	1,1	1,2	1,3	1,3
9.	Коефіцієнт поправки для пакетної мережі	1,2	1,3	1,4	1,5	1,2	1,3	1,4	1,2	1,1	1,5
10.	Інтенсивність викликів, що обслуговуються одним каналом 64 кбіт/с, викликів/ГНН	5	7	6	8	4	5	6	7	5	8
11.	Число потоків Е1, що використовуються для підключення станції до транспортного шлюзу	2	3	4	5	2	3	4	2	3	5
12.	3 Кільк транспортних шлюзів, що обслуговуються одним softswitch	1	2	3	4	5	1	2	3	4	3

Завданням рівня управління комутацією і передачею є управління встановленням з'єднання в фрагменті мережі NGN. Функція встановлення з'єднання реалізується на рівні елементів транспортної мережі під зовнішнім управлінням обладнання гнучкого комутатора (softswitch). Винятком є АТС з функціями MGC, які самі виконують комутацію на рівні елемента транспортної мережі.

Гнучкий комутатор повинен здійснювати:

- обробку всіх видів сигналізації, що використовуються в його домені;
- зберігання і управління абонентськими даними користувачів, що підключаються до його домену безпосередньо або через обладнання шлюзів доступу;
- взаємодія з серверами додатків для надання розширеного списку послуг користувачам мережі.

При встановленні з'єднання обладнання гнучкого комутатора здійснює сигнальний обмін з функціональними елементами рівня управління комутацією. Такими елементами є всі шлюзи, термінальне обладнання мережі (інтегровані пристрої доступу (IAD), термінали SIP і H.323), обладнання інших гнучких комутаторів і АТС з функціями контролера транспортних шлюзів (MGC). Для передачі інформації сигналізації мережі ТМЗК через пакетну мережу використовуються спеціальні протоколи. Так, для передачі інформації сигналізації ОКС№7, що надходить через сигнальні шлюзи від ТМЗК до обладнання гнучкого комутатора, використовується протокол MxUA технології SIGTRAN (в той же час в ряді реалізацій гнучкого комутатора передбачений безпосереднє введення сигналізації ОКС№7).

На підставі аналізу прийнятої інформації і рішення про подальшу маршрутизації виклику обладнання гнучкого комутатора, використовуючи відповідні протоколи, здійснює сигнальний обмін по встановленню з'єднання з мережевим елементом призначення і управляє з використанням протоколу H.248 (для IP комутації) або ВІСС (для АТМ комутації) встановленням з'єднання для передачі користувальницької інформації. При цьому потоки інформації користувача не проходять через гнучкий комутатор, а замикаються на рівні транспортної мережі.

У разі використання на мережі декількох гнучких комутаторів вони взаємодіють з міжвузловими протоколами (як правило, сімейство SIP-T) і забезпечують спільне управління встановленням з'єднання.

Структура рівня управління мережами доступу NGN представлена на рис. 1.

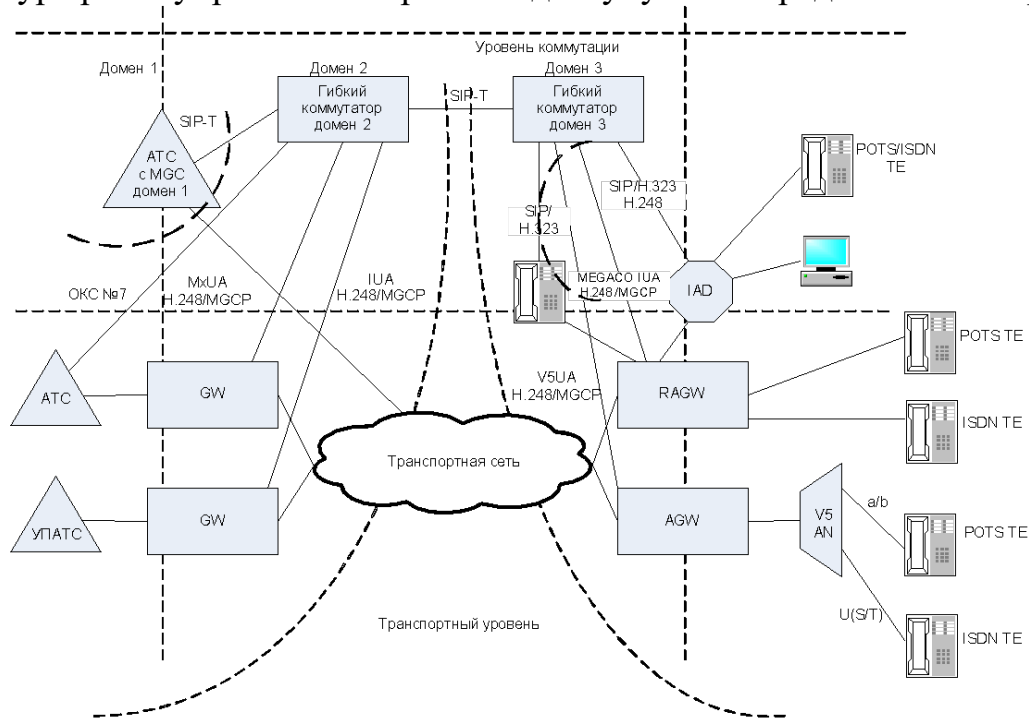


Рис. 1 - Схема включення гнучких комутаторів для управління мережами доступу

Термінальне обладнання пакетної мережі взаємодіє з обладнанням гнучкого комутатора з використанням протоколів SIP і H.323. Призначена для користувача інформація від термінального обладнання надходить на рівень вузлів доступу пакетної мережі і далі маршрутизується під керуванням гнучкого комутатора.

Основним завданням гнучкого комутатора при побудові розподіленого абонентського концентратора є обробка сигнальної інформації обслуговування виклику і управління встановленому з'єднанню. Ємнісні параметри абонентської бази гнучкого комутатора повинні дозволяти обслуговування всіх абонентів різних типів, підключення яких планується при побудові абонентського концентратора. При цьому для обслуговування викликів можуть існувати різні протоколи сигналізації.

Введемо наступні змінні:

P_{PSTN} - питома інтенсивність викликів від абонентів, що використовують доступ за допомогою аналогового в ЧНН;

P_{ISDN} - питома інтенсивність викликів від абонентів, що використовують доступ за базовим доступу ISDN;

P_{V5} - питома (наведена до одного каналу інтерфейсу) інтенсивність викликів від абонентів, що підключаються до пакетної мережі через мережі доступу інтерфейсу V5;

P_{PBX} - питома (наведена до одного каналу інтерфейсу) інтенсивність викликів від УПАТС, що підключаються до пакетної мережі;

P_{SHM} - питома інтенсивність викликів від абонентів, що використовують термінали SIP, H.323, MGCP.

Відповідно до «Загальними технічними вимогами до міських АТС» інтенсивність викликів дорівнює:

$$P_{PSTN} = 5 \text{ викл / ГНН}, P_{ISDN} = 10 \text{ викл / ГНН}, P_{PBX} = 35 \text{ викл / ГНН}.$$

Значення P_{SHM} можна прийняти рівним P_{PSTN} . Значення P_{V5} можна прийняти рівним P_{PBX} .

Тоді загальна інтенсивність викликів, що надходять на гнучкий комутатор від джерел всіх типів, дорівнює:

$$P_{CALL} = P_{PSTN} \cdot \left(\sum_{l=1}^L N_{l_PSTN} + \sum_{l=1}^L N_{l_SHM} \right) + P_{ISDN} \cdot \sum_{l=1}^L N_{l_ISDN} + P_{V5} \cdot \left(\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I N_{j_V5} + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M N_{k_PBX} \right) \quad (1)$$

де L - число шлюзів доступу, що обслуговуються гнучким комутатором.

Відзначимо, що питома продуктивність комутаційного обладнання може відрізнятися в залежності від типу обслуговується виклику, тобто продуктивність при обслуговуванні, наприклад, викликів ССОП і ISDN, може бути різною.

В документації на комутаційне обладнання, як правило, вказується продуктивність для найбільш «простого» типу викликів. У зв'язку з чим при визначенні вимог до продуктивності гнучкого комутатора можна ввести поправочні коефіцієнти, які характеризують можливості системи по обслуговуванню даного типу викликів щодо «ідеального» типу.

Наприклад, якщо продуктивність системи для «ідеальних» викликів SIP дорівнює 10 млн. Викл / ГНН, а для викликів ССОП - 8 млн. Викл / ГНН, то інтенсивність останніх повинна братися з коефіцієнтом 1,25.

Таким чином, нижня межа продуктивності гнучкого комутатора з обслуговування потоку викликів з інтенсивність P_{CALL} може бути визначений за формулою:

$$P_{SN} = k_{PSTN} \cdot P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + k_{ISDN} \cdot P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + k_{V5} \cdot P_{V5} \cdot N_{V5} + k_{PBX} \cdot P_{PBX} \cdot N_{PBX} + k_{SHM} \cdot P_{SHM} \cdot N_{SHM} \quad (2)$$

Слід зазначити, що вимоги по продуктивності припускають роботу обладнання гнучкого комутатора в умовах перевантаження з показниками не нижче визначених в рекомендації Q.543 для навантажень класів В і С.

Параметри інтерфейсу підключення гнучкого комутатора до пакетної мережі визначаються виходячи з інтенсивності обміну сигнальними повідомленнями в процесі обслуговування викликів.

нехай:

L_{MEGACO} - середня довжина повідомлення (в байтах) протоколу MEGACO, використовуваного при передачі інформації сигналізації по абонентських ліній;

N_{MEGACO} - середня кількість повідомлень протоколу MEGACO при обслуговуванні виклику;

L_{V5UA} - середня довжина повідомлення протоколу V5UA;

N_{V5UA} - середня кількість повідомлень протоколу V5UA при обслуговуванні виклику;

L_{IUA} - середня довжина повідомлення протоколу IUA;

N_{IUA} - середня кількість повідомлень протоколу IUA при обслуговуванні виклику;

L_{SH} - середня довжина повідомлення протоколів SIP / H.323;

L_{SH} - середня кількість повідомлень протоколів SIP / H.323 при обслуговуванні виклику;

L_{MGCP} - середня довжина повідомлення протоколу MGCP, використовуваного при управлінні комутацією на шлюзі;

N_{MGCP} - середня кількість повідомлень протоколу MGCP при обслуговуванні виклику.

тоді:

$$V_{SX} = k_{sig} \cdot [(L_{MEGACO} \cdot N_{MEGACO} \cdot P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + L_{V5UA} \cdot N_{V5UA} \cdot P_{V5} \cdot N_{V5} + \\ + L_{IUA} \cdot N_{IUA} \cdot (P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{PBX} \cdot N_{PBX}) + L_{SH} \cdot N_{SH} \cdot P_{SH} \cdot N_{SH} + \\ + L_{MGCP} \cdot N_{MGCP} \cdot (P_{PSTN} \cdot N_{PSTN} + P_{V5} \cdot N_{V5} + P_{ISDN} \cdot N_{ISDN} + P_{PBX} \cdot N_{PBX})] / 450 \quad (3)$$

де:

V_{SX} - мінімальний корисний транспортний ресурс, в біт / с, яким гнучкий комутатор SX повинен підключатися до пакетної мережі, для обслуговування викликів в мережі доступу;

k_{sig} - коефіцієнт використання транспортного ресурсу при передачі сигнальної навантаження. За аналогією з розрахунком сигнальної мережі ОКС№7 приймемо значення $k_{sig} = 5$, що відповідає навантаженню в 0,2 Ерл;

1/450- результат приведення розмірностей «байт на годину» до «біт в секунду» ($8/3600 = 1/450$).

Орієнтовно можна прийняти, що середня довжина всіх повідомлень дорівнює 50 байтам, а середня кількість повідомлень в процесі обслуговування виклику дорівнює 10.

Ємнісні параметри інтерфейсів підключення обладнання гнучкого комутатора до пакетної мережі визначаються наступним виразом:

$$N_{INT} = \frac{V_{SX}}{V_{INT}} \quad (4)$$

де V_{INT} - корисний транспортний ресурс одного інтерфейсу.

Основним завданням гнучкого комутатора при управлінні транзитним рівнем комутації в мережі NGN є обробка сигнальної інформації обслуговування виклику і управління установленому з'єднань. Вимоги до продуктивності гнучкого комутатора визначаються інтенсивністю викликів, які потребують обробки.

Інтенсивність викликів визначається інтенсивністю викликів, що припадає на один канал 64 кбіт / с первинного потоку E1, а також числом потоків E1, використовуваних для підключення станції до транспортного шлюзу (рис. 2).

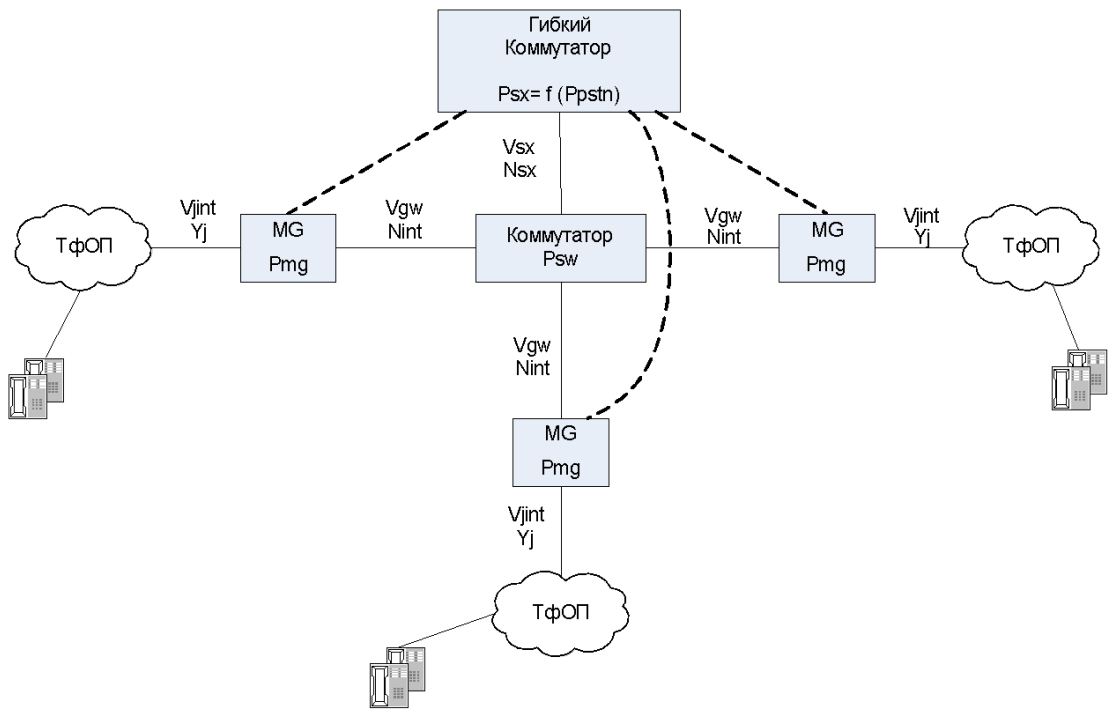


Рис. 2 -

Схема включення гнучких комутаторів для управління транзитними рівнем NGN нехай

P_{CH} - інтенсивність викликів, що обслуговуються одним каналом 64 Кбіт / с;

P_{GW} - інтенсивність викликів, що обслуговуються транспортним шлюзом.

Тоді інтенсивність викликів, що надходять на транспортний шлюз 1, визначається формулою:

$$P_{l_GW} = N_{l_E1} \cdot 30 \cdot P_{CH}, \text{ Викл / ГНН (5)}$$

Отже, інтенсивність викликів, що надходять на гнучкий комутатор, можна обчислити як

$$P_{SX} = \sum_{l=1}^L P_{l_GW} = 30 \cdot P_{CH} \cdot \sum_{l=1}^L N_{l_E1}, \text{ Викл / ГНН (6)}$$

де L - число транспортних шлюзів, що обслуговуються гнучким комутатором.

Значення питомої інтенсивності навантаження визначається загальними технічними вимогами до використовуваної опорної станції ОПС.

Вимоги по продуктивності припускають роботу обладнання гнучкого комутатора в умовах перевантаження з показниками не нижче визначених в рекомендації Q.543 для навантажень класів В і С.

Параметри інтерфейсу підключення гнучкого комутатора до пакетної мережі визначаються виходячи з інтенсивності обміну сигнальними повідомленнями в процесі обслуговування викликів. При використанні гнучкого комутатора для організації розподіленого транзитного комутатора повідомлення сигналізації ОКС№7 надходять на SX в форматі повідомлень протоколу M2UA або M3UA, в залежності від реалізації.

нехай:

L_{MXUA} - середня довжина повідомлення (в байтах) протоколу MxUA;

N_{MXUA} - середня кількість повідомлень протоколу MxUA при обслуговуванні виклику;

L_{MGCP} - середня довжина повідомлення (в байтах) протоколу MGCP, використовуваного для керування транспортним шлюзом;

N_{MGCP} - середня кількість повідомлень протоколу MGCP при обслуговуванні виклику.

Тоді транспортний ресурс SX, необхідний для передачі сигнальної протоколу MxUA, складає:

$$V_{SX_MXUA} = k_{sig} \cdot L_{MXUA} \cdot N_{MXUA} \cdot P_{SX}, \text{ Байт / ГНН (7)}$$

де k_{sig} - коефіцієнт використання ресурсу.

Аналогічно, транспортний ресурс гнучкого комутатора, необхідний для передачі повідомлень протоколу MGCP, становить

$$V_{SX_MGCP} = k_{sig} \cdot L_{MGCP} \cdot N_{MGCP} \cdot P_{SX}, \text{ Байт / ГНН (8)}$$

Сумарний мінімальний корисний транспортний ресурс гнучкого комутатора SX, необхідний для обслуговування викликів в структурі транзитного комутатора, становить

$$V_{SX} = V_{SX_MXUA} + V_{SX_MGCP}$$

Після приведення розмірностей отримуємо

$$V_{SX_MXUA} = k_{sig} \cdot P_{SX} \cdot (L_{MXUA} \cdot N_{MXUA} + L_{MGCP} \cdot N_{MGCP}) / 450, \text{ біт / с (9)}$$

Також орієнтовно можна прийняти, що середня довжина всіх повідомлень дорівнює 50 байтам, а середня кількість повідомлень в процесі обслуговування виклику дорівнює 10.

Ємнісні параметри інтерфейсів підключення обладнання гнучкого комутатора до пакетної мережі для управління транзитними комутаторами можуть бути визначені за формулою (4).

Зміст звіту

1. Таблиця з вихідними даними для проектування гнучкого комутатора.
2. Схема підключення гнучкого комутатора до мережі NGN із зазначенням використовуваних протоколів для управління мережею доступу і транспортною мережею.
3. Результати розрахунків обладнання гнучкого комутатора:
 - нижня межа продуктивності гнучкого комутатора для управління мережею доступу;
 - тип і кількість інтерфейсів підключення обладнання гнучкого комутатора до пакетної мережі для управління мережею доступу;
 - сумарний мінімальний корисний транспортний ресурс гнучкого комутатора SX, необхідний для обслуговування викликів в транзитних комутаторах;
 - тип і кількість інтерфейсів підключення обладнання гнучкого комутатора до пакетної мережі для управління транзитними комутаторами.
4. Висновки за результатами досліджень.

Контрольні питання

1. Призначення і функції гнучкого комутатора (softswitch) в мережі NGN.
2. Які протоколи використовуються в гнучкому комутаторі (softswitch) для управління мережею доступу?
3. Які протоколи використовуються в гнучкому комутаторі (softswitch) для управління транспортною мережею?
4. Від чого залежить вибір продуктивності гнучкого комутатора (softswitch)?
5. Як розраховується нижня межа продуктивності гнучкого комутатора з обслуговування мереж доступу?
6. Як розраховується нижня межа продуктивності гнучкого комутатора з обслуговування транзитного рівня NGN?
7. Як визначити необхідні інтерфейси для підключення гнучкого комутатора до пакетної мережі?

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Перевірити у здобувачів результати виконання поставлених задач, виставити відповідні оцінки. Зазначити перелік задач для самостійної роботи, вказати час і спосіб перевірки результатів самостійної роботи. Оголосити тему наступного заняття.

3. Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна:

1. Гніденко М.П., Вишнівський В.В., Ільїн О.О. Побудова SDN мереж. – Навчальний посібник. – Київ: ДУТ, 2019. – 190 с.
2. Телекомунікаційні системи та мережі. Структура та основні функції / В. В. Поповський та ін. Т. 1. Харків: СМІТ. Друге видання. Виправлено та доповнено. 2018.
3. Заїка В.Ф. Телекомунікаційні системи та мережі наступного покоління./ В.Ф. Заїка, О.Г. Варфоломеева, К.О.Домрачева, Г.О. Гринкевич Навчальний посібник- Київ: ДУТ, 2019. – 352 с.
4. Методи наукових досліджень в телекомунікаціях. У 2-х томах. Т. 1.: навчальний посібник/під ред. В.В. Поповського. – Х .: Компанія СМІТ, 2013. – 390 с.
5. Комп'ютерні мережі Частина 2: навч. посіб. для студ. спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізації «Інженерія програмного забезпечення інформаційно управляючих систем» та «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 372 с

Допоміжна:

6. Беркман Л.Н. Оцінювання показників стійкості мережі майбутнього (FN) до зовнішніх дестабілізуючих факторів / Л.Н. Беркман, С.І. Отрох, В.О. Ярош, Є.П. Гороховський, Ю. М. Зіненко // Журнал “Зв’язок”. – 2017. – №2. – С. 25-28.
7. Методи наукових досліджень в телекомунікаціях [Текст]. У 2-х томах. Т. 2 .: навчальний посібник / під ред. В.В. Поповського. – Х .: Компанія СМІТ, 2013. – 330 с.

Інформаційні ресурси в інтернеті:

8. <https://netwave.ua/direction/programno-konfigurovana-merezha-sdn/>
9. <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/05/84-1.pdf>
10. https://uk.wikipedia.org/wiki/Shortest_Path_Bridging