

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему

Розробка корпоративної електронної комунікаційної мережі

Виконав: студент б курсу, групи 601дТТ  
спеціальності 172 «Електронні комунікації  
та радіотехніка»

Буданцева І.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник Жученко О.С.

(прізвище та ініціали)


Рецензент Штомпель М.А.

(прізвище та ініціали)

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і  
робототехніки  
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій  
Ступінь вищої освіти Магістр  
Спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри автоматики,  
електроніки та телекомунікацій

  
“ 04 ” “ 09 ” 2023 р. О.В. Шефер

## **ЗАВДАННЯ**

### **НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

**Буданцевій Ірині Григорівні**

1. Тема проекту (роботи) «Розробка корпоративної електронної комунікаційної мережі» керівник проекту (роботи) **Жученко Олександр Сергійович, канд. техн. наук, доцент,**  
затверджена наказом вищого навчального закладу від «04.09» 2023 року № 986 ф.е
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 13.12.2023 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи): ділянка залізниці, комутатор з функціями протоколу покриваючого дерева STP.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): розробка схеми корпоративної електронної комунікаційної мережі залізничного транспорту на основі технології Ethernet та протоколу STP; організація кільцевих сегментів в мережі технологічного зв'язку на основі технології Ethernet; організація кільцевих сегментів в мережі Ethernet з використанням протоколу STP; організація віртуальних мереж VLAN в мережі технологічного зв'язку на основі технології Ethernet; розробка схеми корпоративної електронної комунікаційної мережі залізничного транспорту з використанням технології IP-телефонії; процедури керування викликами в електронній комунікаційній мережі IP-телефонії; визначення вимог до продуктивності комутаторів Ethernet.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів): презентація обсягом не менше 5 слайдів.

6. Дата видачі завдання: 02.10.2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітки
1	Підготовка матеріалів до оглядово-аналітичної частини дипломної роботи	11.10.2023 р.	
2	Розробка розділу оглядово-аналітичного характеру	25.10. 2023 р.	
3	Розробка розділів спеціальної частини	14.11. 2023 р.	
		06.12. 2023 р.	
4	Підготовка демонстраційного матеріалу, доповіді, подання роботи на рецензію та затвердження	13.12.2023 р.	

Магістрант

(підпис)

Буданцева І.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Жученко О.

(прізвище та ініціали)



## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Розробка схеми корпоративної електронної комунікаційної мережі залізничного транспорту на основі технології Ethernet та протоколу STP .....	6
1.1 Організація кільцевих сегментів в мережі технологічного зв'язку на основі технології Ethernet .....	6
1.2 Організація кільцевих сегментів в мережі Ethernet з використанням протоколу STP .....	8
1.3 Дослідження роботи схеми мережі Ethernet з використанням протоколу STP при різних видах пошкоджень .....	13
2 Організація віртуальних мереж VLAN в мережі технологічного зв'язку на основі технології Ethernet .....	15
3 Розробка схеми корпоративної електронної комунікаційної мережі залізничного транспорту з використанням технології IP-телефонії.....	20
4 Процедури керування викликами в електронній комунікаційній мережі IP-телефонії.....	23
5. Визначення вимог до продуктивності комутаторів Ethernet .....	31
Висновки .....	40
Список використаних джерел .....	41
Додаток А. Call management procedures in the electronic communication network of IP-telephony.....	45
Додаток В .....	52
Додаток С.....	53

## ВСТУП

До корпоративних електронних комунікаційних мереж можна віднести електронні комунікаційні мережі підприємств, відомств, компаній органів тощо, які по суті є локальними мережами, тобто не є мережами загального користування, та які побудовані відповідно до корпоративних вимог, що враховують певну специфіку діяльності підприємств, відомств, компаній, органів тощо. Але, незважаючи на це, великі корпоративні мережі, якщо вони задовольняють вимогам до мереж загального користування, можуть використовуватися і для розвитку мереж загального користування, що дозволяє отримувати додатковий прибуток. Однією з таких мереж є мережа технологічного зв'язку залізничного транспорту, особливо ті її сегменти, які побудовані з застосуванням технології комутації пакетів на основі протоколу IP – інтегральна мережа технологічного зв'язку. Таким чином тема роботи «Розробка корпоративної електронної комунікаційної мережі» є актуальною, яка передбачає в ході свого виконання розв'язування задач дослідницького та/або інноваційного характеру.

У ході підготовки та виконання роботи автором була використана інформація, у тому числі текст, формули, рисунки, схеми, алгоритми, методики проведення аналізу, досліджень, визначення певних характеристик, параметрів та вихідних даних, розрахунків тощо, що міститься у джерелах [1 – 25], наведених у списку використаних джерел, а також інформація, отримана в результаті консультування з керівником роботи, науковими, науково-педагогічними працівниками та іншими особами, яка є неопублікованими авторськими напрацюваннями, дозволеними для використання автору цієї роботи виключно при виконанні тільки цієї роботи.

# 1 РОЗРОБКА СХЕМИ КОРПОРАТИВНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ETHERNET ТА ПРОТОКОЛУ STP

## 1.1 Організація кільцевих сегментів в мережі технологічного зв'язку на основі технології Ethernet

Типова мережа складається з кінцевого обладнання (комп'ютерів), з'єднаних середовищем передачі даних і спеціалізованим мережним обладнанням, таким як маршрутизатори, комутатори.

Дана ділянка інтегральної мережі технологічного зв'язку із вузлами, в якій головним є вузол А (рисунок 1.1). На кожному вузлі розміщений комутатор, а на головному вузлі їх буде 2, один з них резервний. До комутаторів приєднані модеми. До крайніх комутаторів підключається мультиплексор SDH по витій парі.

Таким чином ми будемо кільцеву мережу Ethernet. У мережах Ethernet комутатори підтримують тільки деревовидні зв'язки, які не містять петель. Це означає, що для організації альтернативних каналів потрібні особливі протоколи і технології що виходять за рамки базових, до яких відноситься Ethernet.

Один з методів, що використовується для підвищення відмовостійкості комп'ютерної мережі, – протокол покриваючого дерева Spanning Tree Protocol (STP).

Протокол покриваючого дерева Spanning Tree Protocol (STP) був розроблений компанією Digital Equipment Corporation. Інститут IEEE створив власну версію протоколу STP, названу 802.1d. Основне завдання протоколу STP полягає у виключенні зациклення в мережах на рівні 2 (мости і комутатори). Протокол STP передбачає постійний моніторинг мережі для знаходження всіх зв'язків і усунення зациклення за рахунок відключення надлишкових зв'язків.

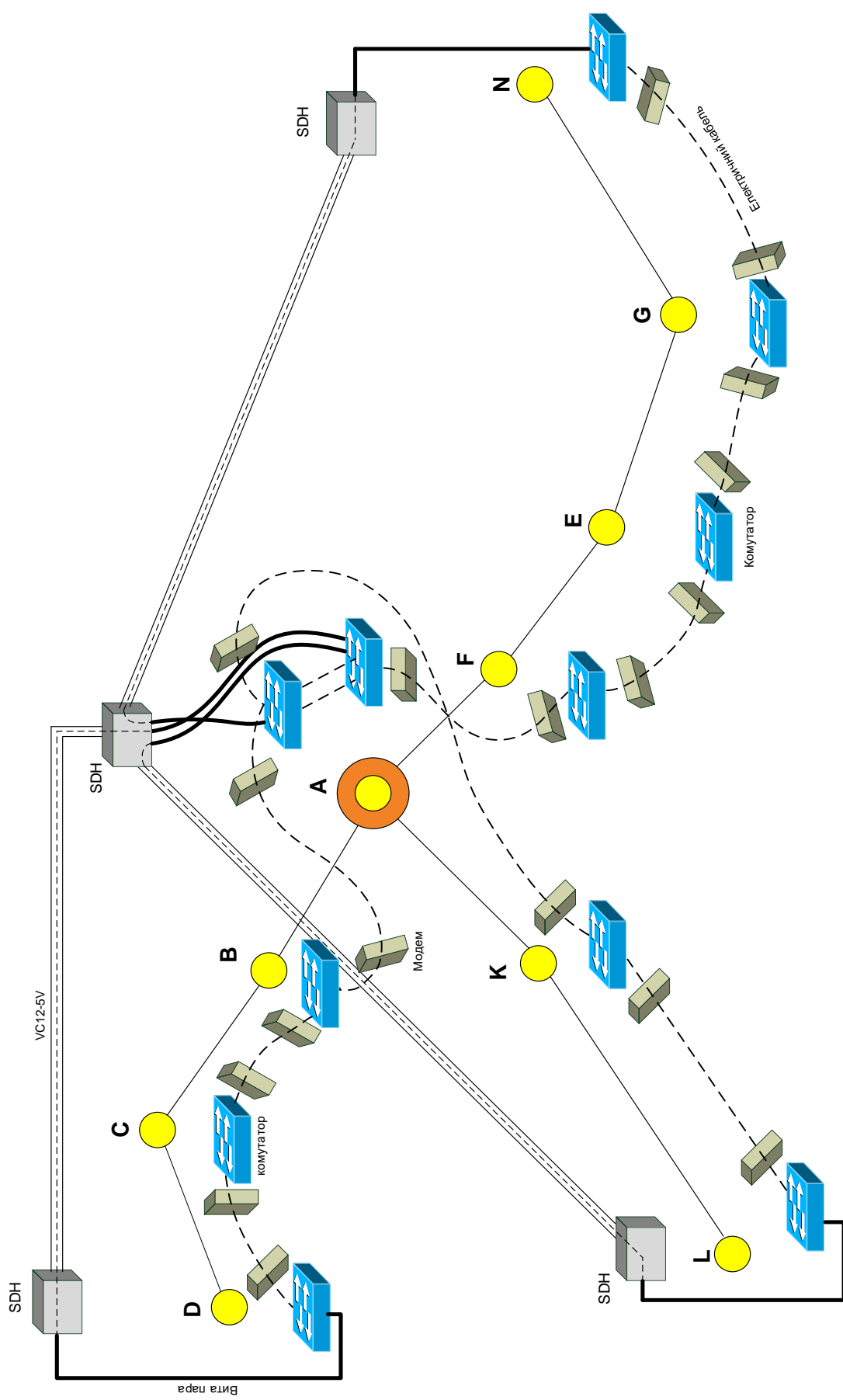


Рисунок 1.1 – Ділянка мережі інтегральної мережі технологічного зв'язку на основі технології Ethernet та протоколу STP

## 1.2 Організація кільцевих сегментів в мережі Ethernet з використанням протоколу STP

Розглянемо схему (рисунок 1.2), що складається з 11 комутаторів. Порти комутаторів і вартості шляхів вказані на цьому рисунку.

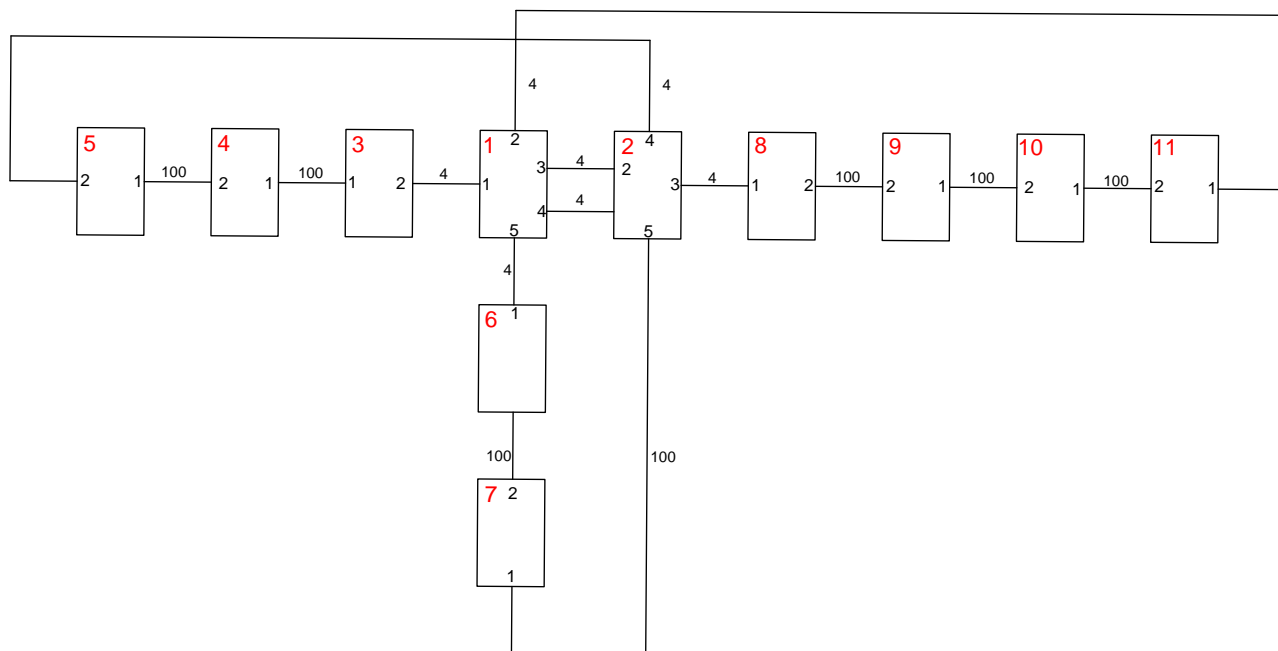


Рисунок 1.2 – Початкова схема

1. Вибираємо кореневий комутатор. Вартості шляхів від будь-якого комутатора до кореневого мають бути мінімальні. Отже, проходження пакетів через високошвидкісні порти (вартості шляхів 100) нам не вигідне.

Таким чином, в даній схемі вигідно, аби трафік проходив через гигабитні порти (вартості шляхів 4), тоді отримуватимемо найменшу сумарну вартість всього шляху. Отже, як кореневий (ROOT) комутатор вигідно вибрати 1-й комутатор. Йому і присвоюємо найвищий пріоритет (10). Всі його порти стають призначеними d (designated). А другому комутатору (2) присвоюємо трохи нижчий пріоритет – 15, він буде резервним. Решті комутаторів присвоюємо пріоритет 100. Схема набере вигляду, як на рисунку 1.3.

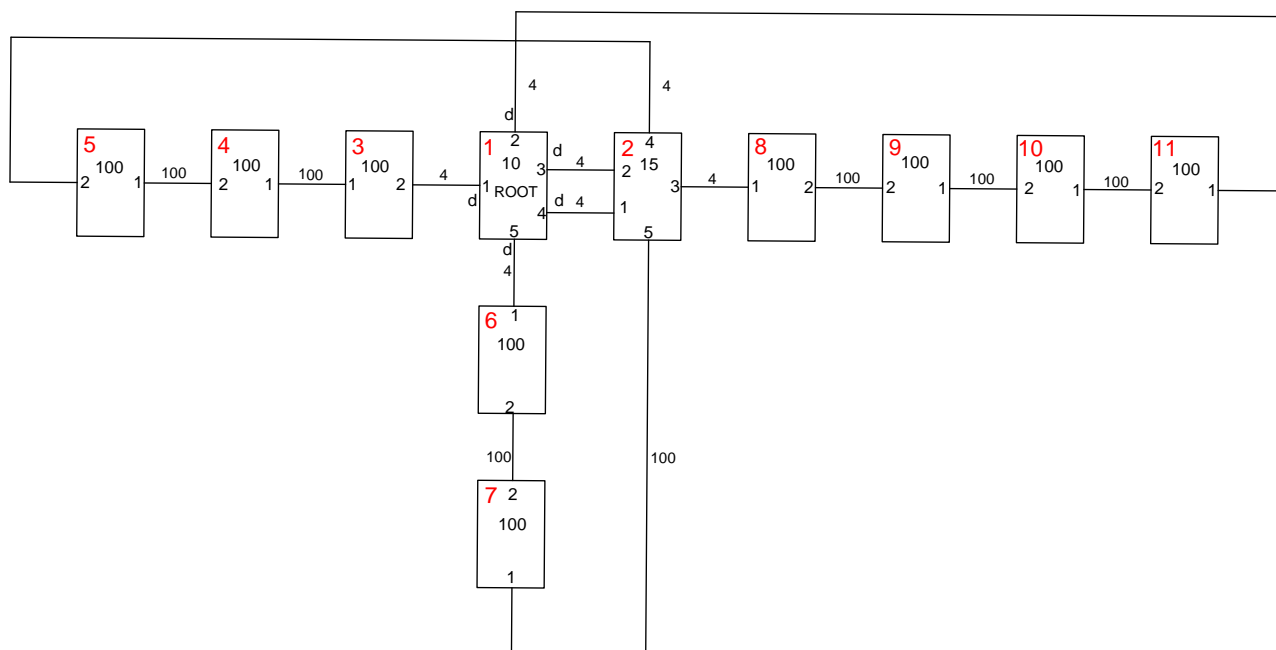


Рисунок 1.3 – Схема після присвоєння пріоритетів

2. Розрахуємо вартість шляхів для кожного порту на комутаторах, що залишилися.

1) комутатор №6:

Port 1 має вартість 4, Port 2 має вартість 204 (4+100+100);

2) комутатор №7:

Port 1 має вартість 104 (4+100), Port 2 має вартість 104 (4+100).

3. Оскільки у 1-го комутатора порти призначені, отже, порти 1, 2 комутатора 2, порт 1 комутатора 6, і порт 2 комутатори 3 мають бути кореневими R (ROOT). Але у комутатора не може бути двох корневих портів, отже, в комутаторі 2 один з портів (1 або 2) має бути альтернативним. Кореневим залишається порт, вартість дороги до якого менша. У нашому випадку вартості рівні, отже, кореневим залишається порт з найменшим номером, тобто перший, а другою стає альтернативним. Все це видно на рисунку 1.4.

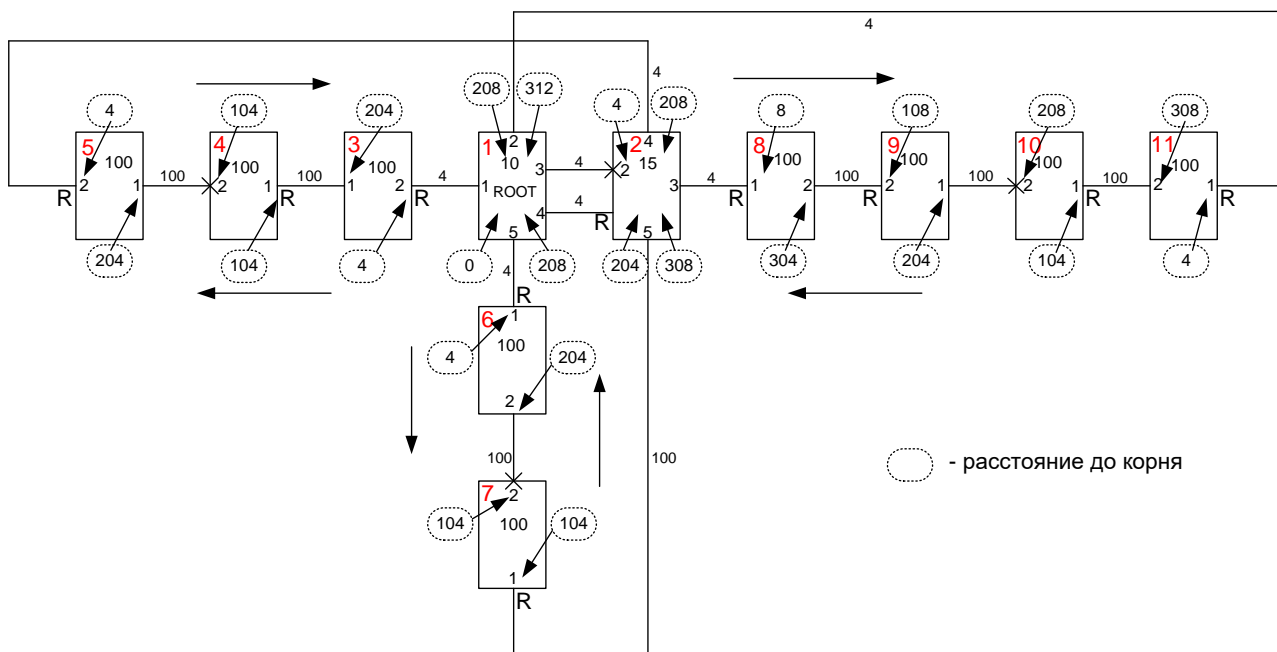


Рисунок 1.4 – Схема мережі після визначення корневих портів

4. Порт 2 комутатора 6 і порт 2 комутатора 3 стають призначеними (d). Для решти комутаторів слідуємо за тим же принципом. У результаті схема набирає вигляду, як на рисунку 1.5.

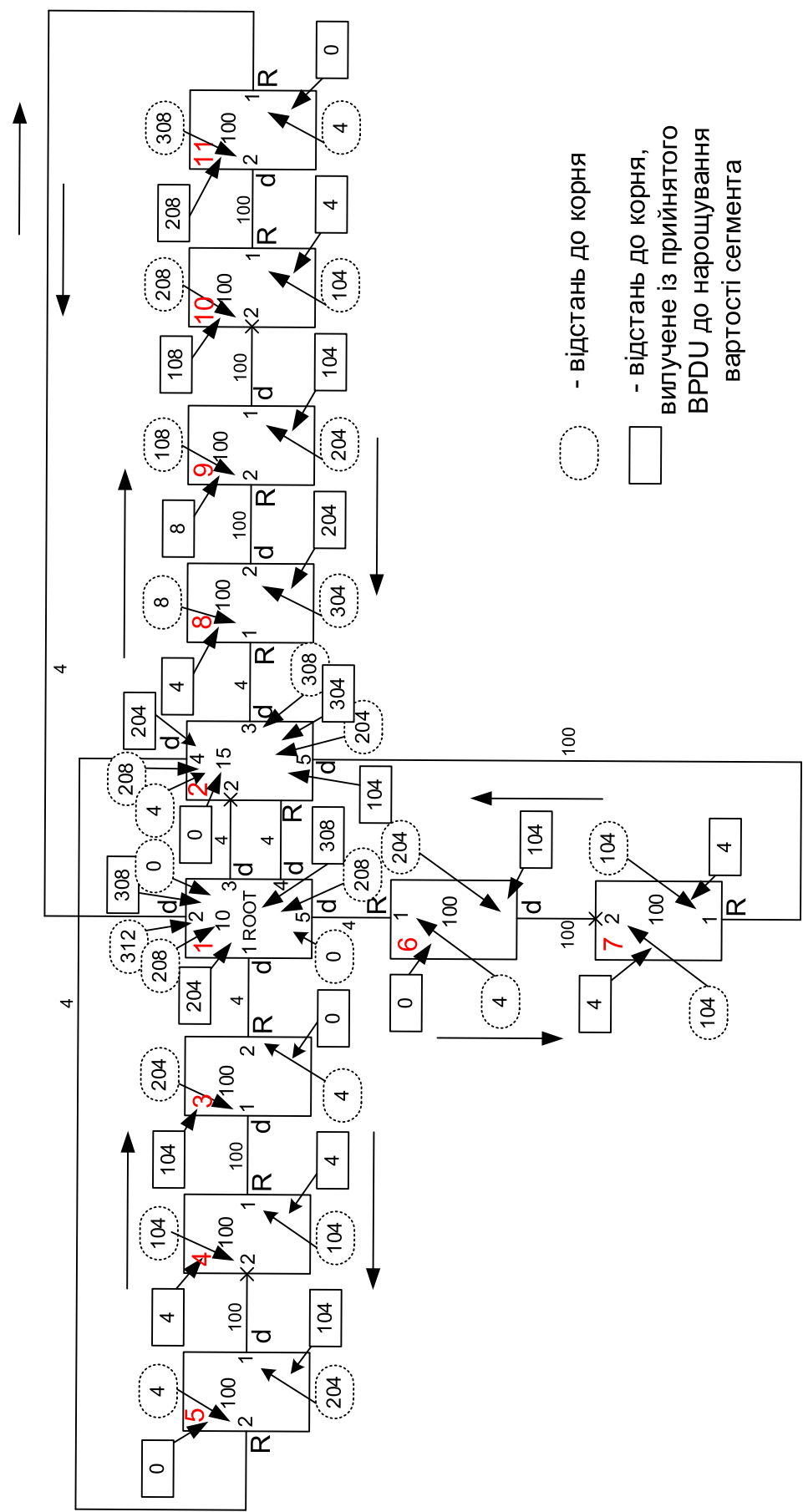


Рисунок 1.5 – Підсумковий вид схеми

Розглянемо конфігурацію комутатора D-Link. Відповідне меню налаштування протоколу 802.1d показано на рисунку 1.6

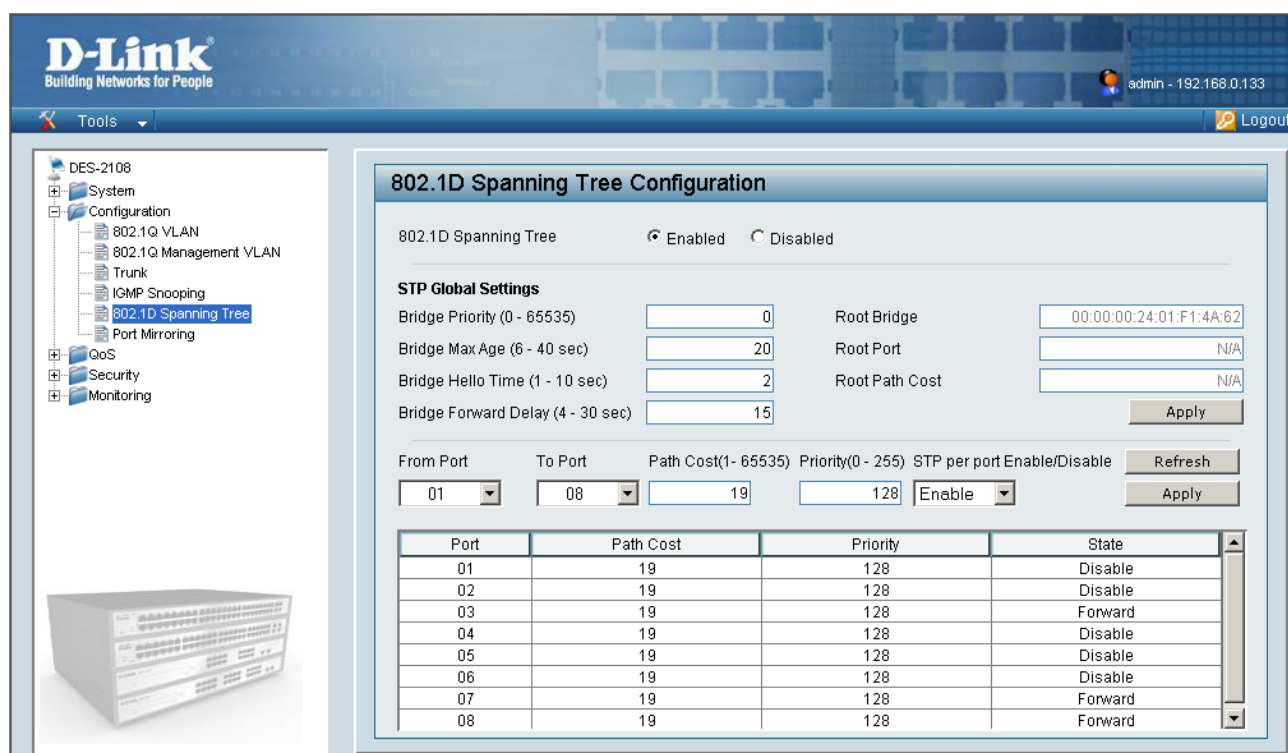


Рисунок 1.6 – Конфігурація протоколу 802.1d комутатора D-Link

У нашій схемі розглянемо комутатор 1, він же є кореневим. Його конфігурацію опишемо в таблиці 1.

Таблиця 1 – Spanning Tree Configuration

Bridge Priority	10
Bridge MaxAge	32
Bridge HelloTime	5
Bridge Forward Delay	17
From Port	01
To Port	05

### 1.3 Дослідження роботи схеми мережі Ethernet з використанням протоколу STP при різних видах пошкоджень

Розглянемо рисунок 1.7, на якому сталося пошкодження кабелю між 1 і 3 комутаторами. Внаслідок цього відновиться заблокований порт (2 порт 4 комутатора).

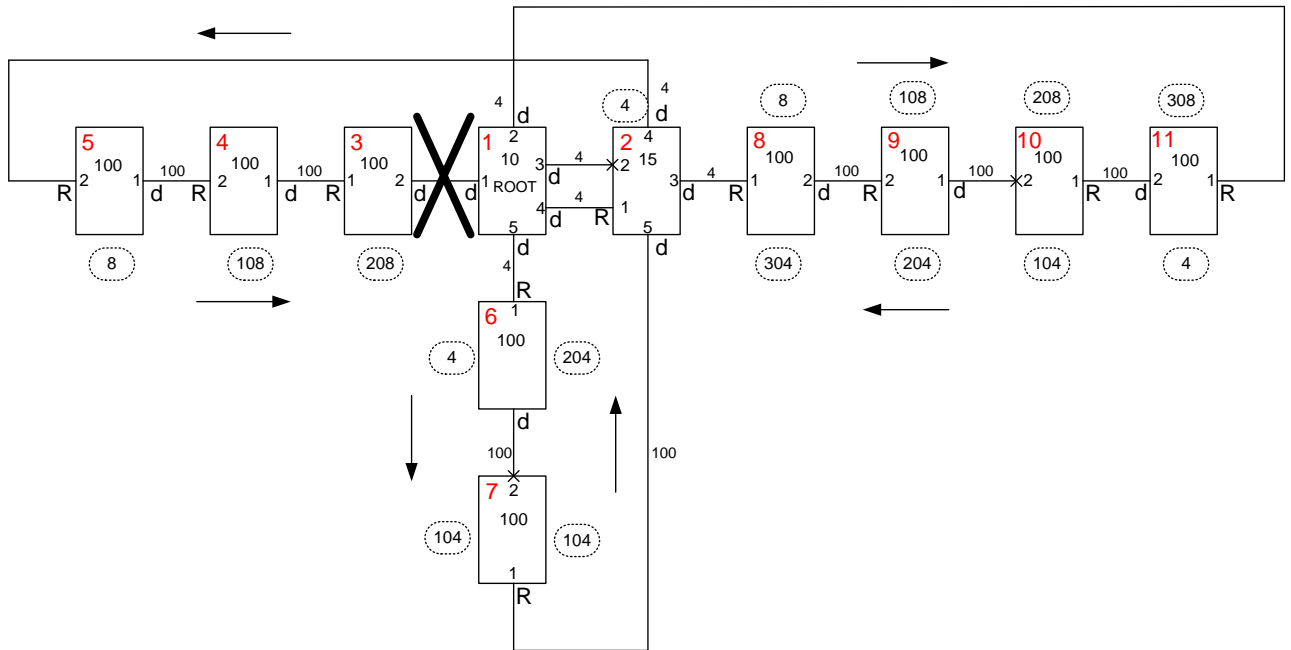


Рисунок 1.7 – Схема при пошкодженні кабелю між 1 і 3 комутаторами

Розглянемо рисунок 1.8, на якому сталося пошкодження кабелю між 1 і 6 комутаторами. У наслідок цього відновиться заблокований порт (2 порт 7 комутатора).

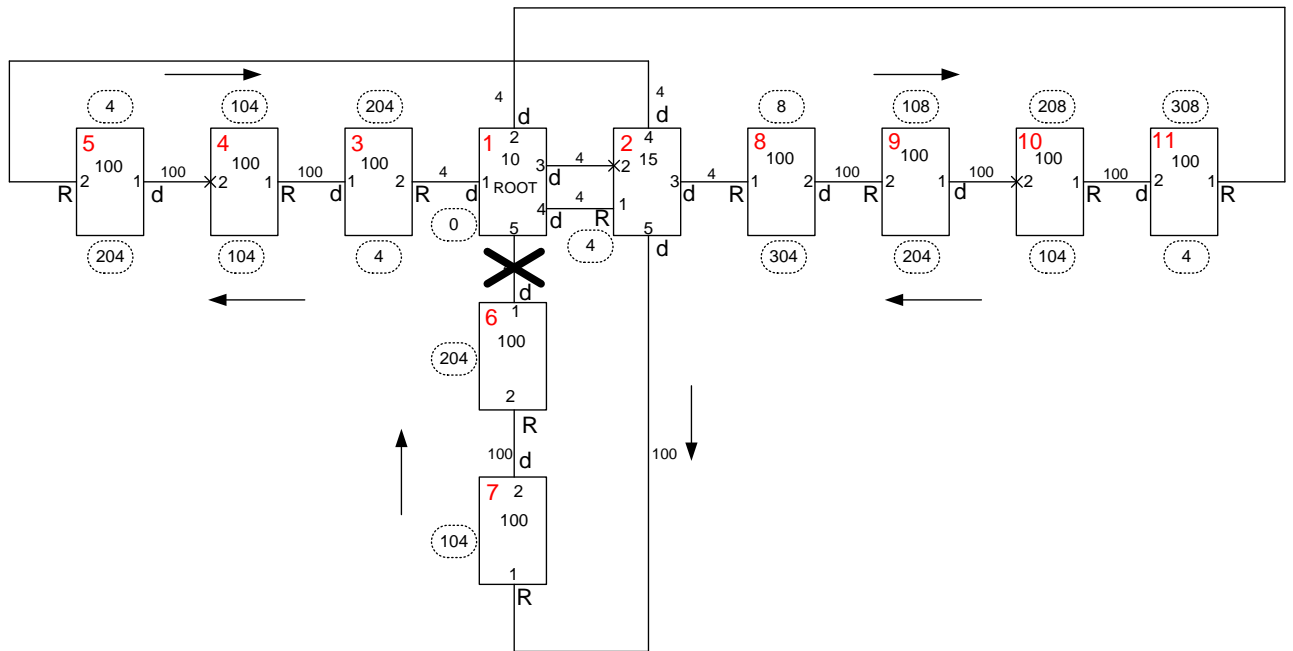


Рисунок 1.8 – Схема при пошкодженні кабелю між 1 і 6 комутаторами

Розглянемо рисунок 1.9, на якому сталося пошкодження кабелю між 2 і 8 комутаторами, в наслідок цього відновиться заблокований порт (2 порт 10 комутатора).

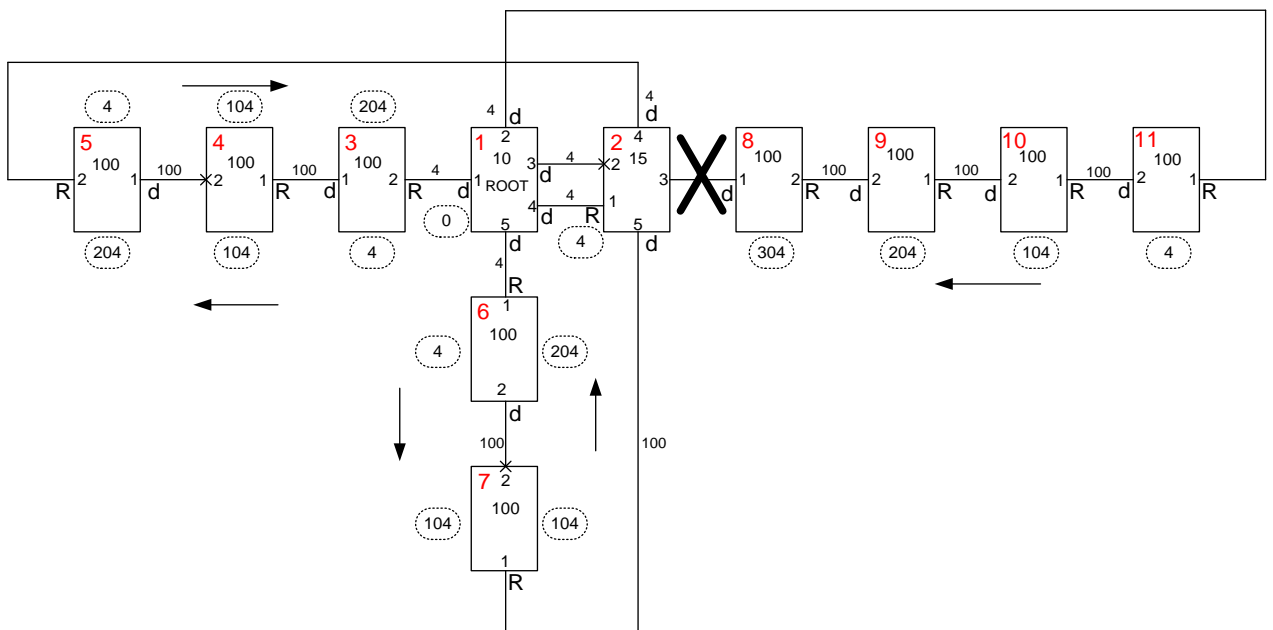


Рисунок 1.9 – Схема при пошкодженні кабелю між 2 і 8 комутаторами

## 2 ОРГАНІЗАЦІЯ ВІРТУАЛЬНИХ МЕРЕЖ VLAN В МЕРЕЖІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ETHERNET

VLAN (Virtual Local Area Network) – віртуальна локальна комп'ютерна мережа) – є групою кінцевих пристроїв (комп'ютерів, IP-телефонів тощо) з загальним набором вимог, що взаємодіють так, ніби вони прикріплені до одного домену, незалежно від їх фізичного розташування. VLAN має ті самі атрибути, як і фізична локальна мережа, але дозволяє кінцевим станціям бути згрупованими разом, навіть якщо вони не перебувають на одному мережевому комутаторі. Реконфігурація мережі може бути зроблена за допомогою програмного забезпечення замість фізичного переміщення пристроїв.

Щоб фізично реалізувати (змоделювати) функціональність VLAN необхідно застосовувати окремі мережеві кабелі і комутатори для кожної окремої VLAN, що є неприйнятним на практиці. Однак, на відміну від фізичних виділених мереж, комутатор з функціями VLAN ділить пропускну здатність середовища передачі між кожною віртуальною мережею. Комутатор з функціями VLAN програмно реалізує настроювання портів комутатора, позначає кадри при вході в мережу VLAN, пошук MAC адрес і видалення тегів при виході з VLAN.

VLAN, які створені, щоб забезпечити послуги сегментації, зазвичай надаються комутаторами в конфігурації локальної мережі. VLAN забезпечують кращу масштабованість, безпеку та управління мережею. Маршрутизатори в топологіях VLAN забезпечують фільтрацію, безпеку, узагальнення адрес та управління трафіком. За визначенням, комутатори не можуть з'єднувати IP-трафік між мережами VLAN, так як це буде порушенням цілісності ширококомовного домену VLAN. Це є корисним, якщо хтось хоче створити кілька мереж 3-го рівня на тому ж комутаторі 2 рівня. Наприклад, якщо сервер DHCP підключений до комутатора буде обслуговувати хост, який налаштований на отримання свого IP адресу від сервера DHCP. За допомогою віртуальних локальних мереж можна легко

розділити мережу так, щоб вузли не використовували цей сервер DHCP і отримували локальні адреси, або отримували адресу з іншого серверу DHCP.

Віртуальні локальні мережі 2-го рівня є важливими, порівняно з IP-підмережами, які є мережами 3-го рівня. При використанні VLAN, можна управляти пакетами трафіку. Мережі VLAN забезпечують гнучкість, щоб адаптуватися до змін у мережі вимогам і дозволяють спрощене адміністрування.

Використаємо чотири різних вида віртуальних мереж, у кожній з мереж є свій пріоритет та відповідний тип інформації яка передається:

- 1) пріоритет 1 – TMN – службова інформація котра має невеликий об'єм, але потрібна для функціонування мережі;
- 2) пріоритет 2 – ОТЗ – оперативно-технологічний зв'язок (IP-телефонія).
- 3) пріоритет 3 – ЗТЗ – загально-технологічний зв'язок.
- 4) пріоритет 4 – комп'ютери користувачів.

Побудована інтегральна цифрової мережа зв'язку на основі протоколу STP з використанням віртуальних мереж VLAN показана на рисунку 2.1.

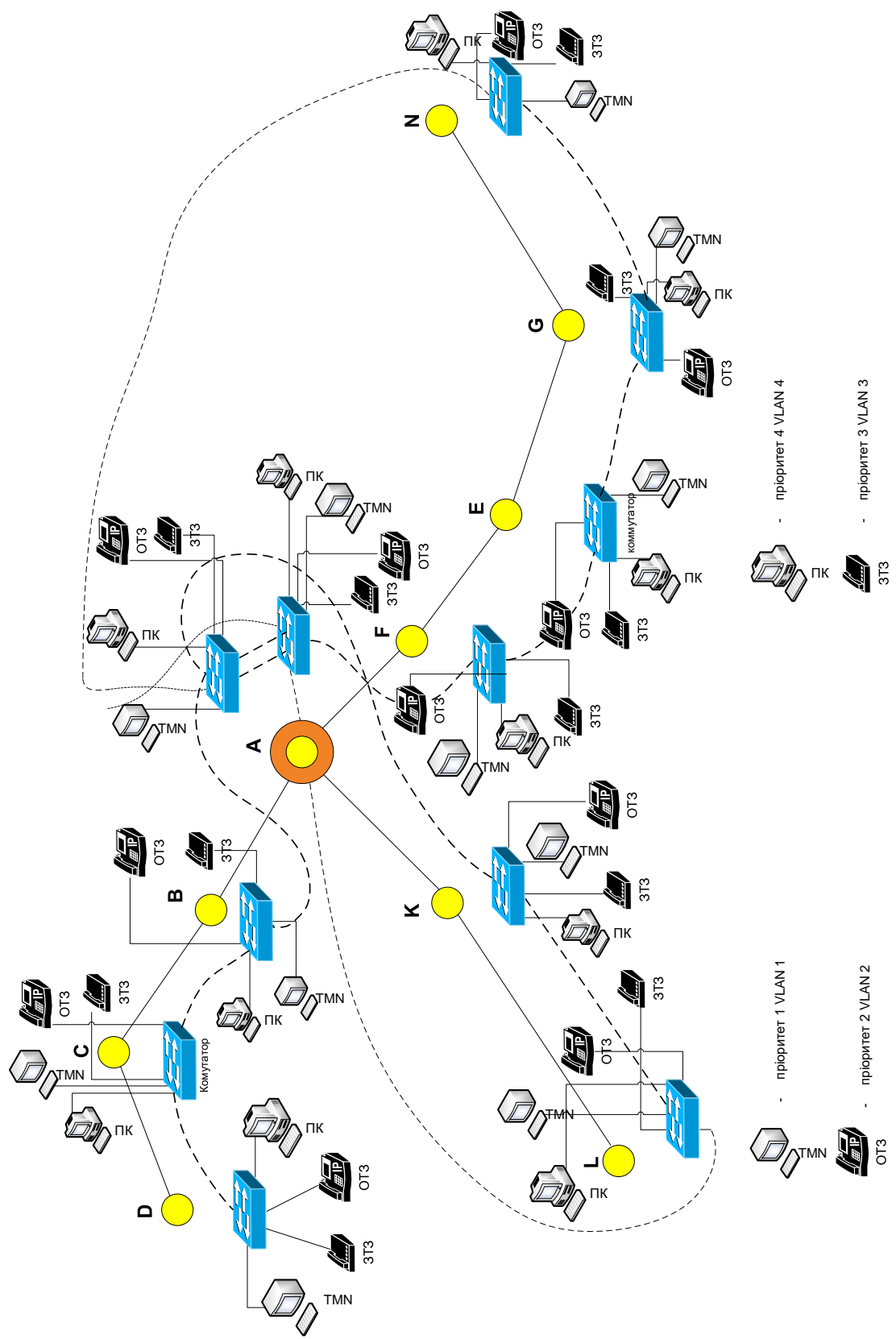


Рисунок 2.1 - Розроблена інтегральна цифрова мережа основи протоколу STP з використанням віртуальних мереж

До віртуальної мережі VLAN 1 з пріоритетом 1 (передача службової інформації TMN) входять 7 портів семи різних комутаторів (рисунок 2.2).

Port	Select All	01	02	03	04	05	06	07	08
Untagged	All	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tagged	All	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Not Member	All	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Рисунок 2.2 – Додавання нової віртуальної мережі VLAN 1 з пріоритетом 1

До віртуальної мережі VLAN 2 з пріоритетом 2 (оперативно-технологічний зв'язок) входять 7 портів семи різних комутаторів (рисунок 2.3).

Port	Select All	01	02	03	04	05	06	07	08
Untagged	All	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tagged	All	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Not Member	All	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Рисунок 2.3 – Додавання нової віртуальної мережі VLAN 2 з пріоритетом 2

До віртуальної мережі VLAN 3 з пріоритетом 3 (загально-технологічний зв'язок) входять 7 портів семи різних комутаторів (рисунок 2.4).

VID: VLAN 3

VLAN Name: приоритет 3 (Name should be less than 20 characters)

Port	Select All	01	02	03	04	05	06	07	08
Untagged	All	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tagged	All	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Not Member	All	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Buttons: Cancel, Apply

Рисунок 2.4 – Додавання нової віртуальної мережі VLAN 3 з пріорітетом 3

До віртуальної мережі VLAN 4 з пріорітетом 4 (комп'ютери користувачів) входять 7 портів семи різних комутаторів (рисунок 2.5).

VID: VLAN 4

VLAN Name: приоритет 4 (Name should be less than 20 characters)

Port	Select All	01	02	03	04	05	06	07	08
Untagged	All	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tagged	All	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Not Member	All	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Buttons: Cancel, Apply

Рисунок 2.5 – Додавання нової віртуальної мережі VLAN 4 з пріорітетом 4

### 3 РОЗРОБКА СХЕМИ КОРПОРАТИВНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ

Розроблена схема корпоративної електронної комунікаційної мережі залізничного транспорту на основі протоколу ІР та технології ІР-телефонії – інтегральної мережі технологічного зв'язку залізничного транспорту показана на рисунку 3.1.

Контролер зони або привратник (Gatekeeper) - пристрій в мережі ІР-телефонії за стандартом Н.323, яке виступає в якості центру обробки викликів всередині своєї зони і виконує найважливіші функції управління викликами. Зона в мережі Н.323 визначається як сукупність всіх терміналів, шлюзів і пристроїв керування конференціями (MCU) під управлінням даного контролера зони.

Контролер зони - необов'язковий компонент мережі Н.323, однак, якщо він присутній в мережі, то термінали і шлюзи повинні використовувати його послуги.

Різні ділянки зони мережі Н.323 можуть бути територіально рознесені і з'єднуватися один з одним через маршрутизатори. Основним протоколом, який використовує контролер зони є Н.225.

Основні функції:

- 1) трансляція адрес - перетворення внутрішніх адрес і телефонних номерів формату Е.164 в адреси протоколів ІР;
- 2) управління доступом - авторизація доступу в Н.323 мережі для користувачів за допомогою RAS;
- 3) управління смугою пропускання - дозвіл або заборона запитуваної терміналом смуги пропускання;
- 4) маршрутизація сигнальних повідомлень між терміналами, розташованими в одній зоні. Привратник може організовувати сигнальний канал безпосередньо між терміналами або ретранслювати сигнальні повідомлення від одного терміналу до іншого.

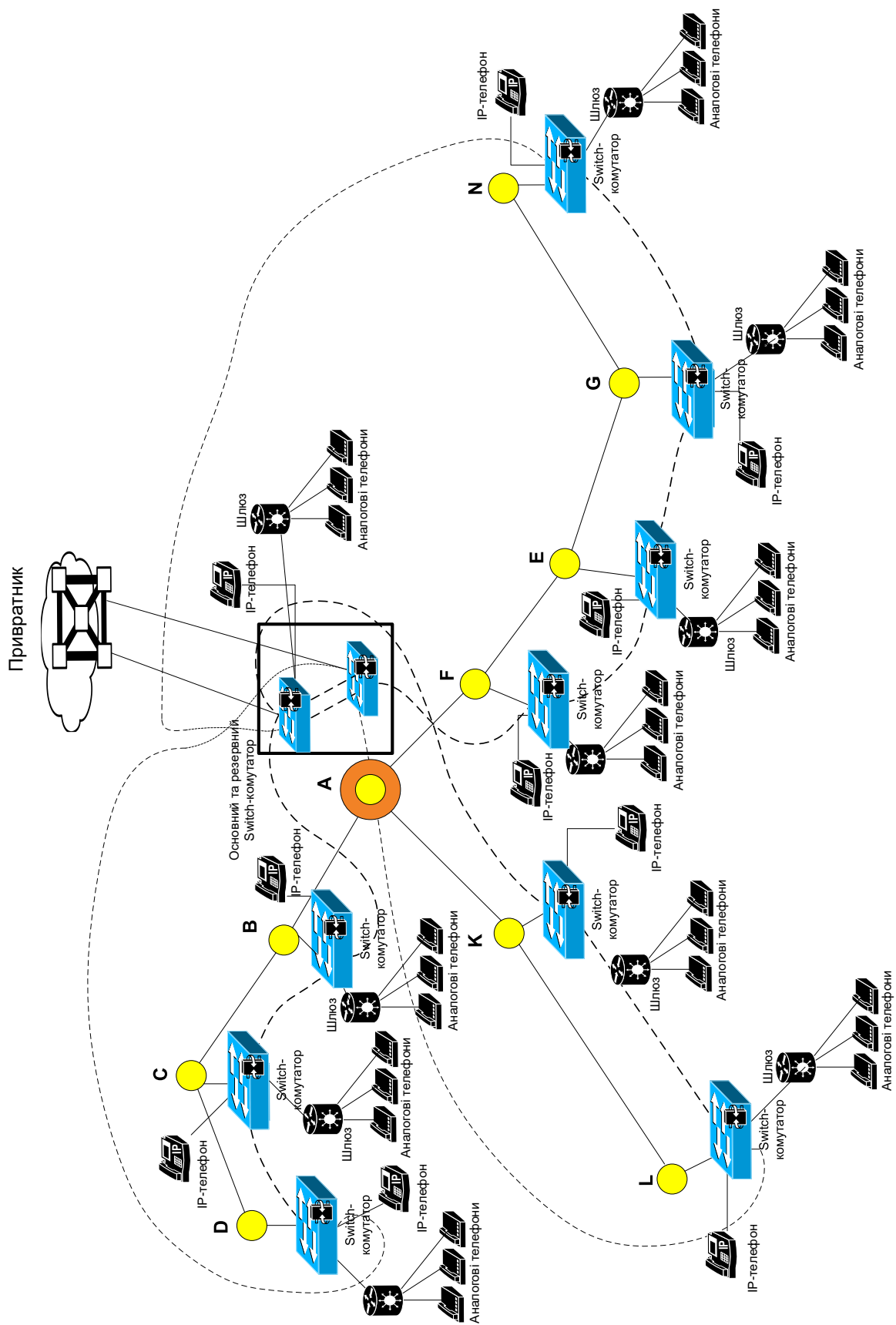


Рисунок 3.1 – Розроблена схема інтегральної мережі технологічного зв'язку з використанням IP-телефонії

Додаткові функції:

1) управління процесом встановлення з'єднання - при двосторонній конференції привратник здатний обробляти службові повідомлення протоколу сигналізації Q.931, а також може служити ретранслятором таких повідомлень від кінцевих точок;

2) авторизація з'єднання - допускається відхилення привратником запиту на встановлення з'єднання;

3) управління викликами - привратник може відстежувати стан всіх активних кінцевих пристроїв, що дозволяє управляти викликами, забезпечуючи виділення необхідної смуги пропускання і баланс завантаження мережевих ресурсів за рахунок переадресації викликів на інші термінали та шлюзи зони. Зона в мережі H.323 визначається як сукупність всіх терміналів, шлюзів і пристроїв керування конференціями (MCU) під управлінням даного контролера зони.

Привратник виконує функції управління зоною мережі IP-телефонії, в яку входять термінали, шлюзи і пристрої керування конференціями, зареєстровані у цього привратника. Слід звернути увагу на те, що комутатори кадрів Ethernet і маршрутизатори пакетів IP не є мережевими елементами H.323, так як вони працюють на каналному або мережевому рівнях відповідно, в той час, як обладнання H.323 працює на прикладному рівні стеку протоколів TCP/IP.

#### 4 ПРОЦЕДУРИ КЕРУВАННЯ ВИКЛИКАМИ В ЕЛЕКТРОННІЙ КОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ

Проведемо дослідження процедур керування викликами (встановлення та розриву з'єднання) в мережі ІР-телефонії за різними протоколами.

Розглянемо випадок встановлення з'єднання абонентів ІР-телефонії (користувачів) без привратника, як показано на рисунку 4.1.

Викликаюче обладнання надсилає запит з'єднання Setup на відому транспортну адресу сигнального каналу викликуваного обладнання. Викликуване обладнання відповідає на Setup повідомленням Call Proceeding, а потім - Alerting. Викликуваному користувачу дається візуальний або акустичний сигнал про вхідний виклик, а викликаючому - індикація того, що користувач, який викликається не зайнятий і отримує сигнал виклику. Як тільки користувач, що викликається прийме дзвінок, передається повідомлення Connect із зазначенням транспортної адреси керуючого каналу Н.245 викликаючого обладнання, після чого відкривається керуючий канал Н.245.

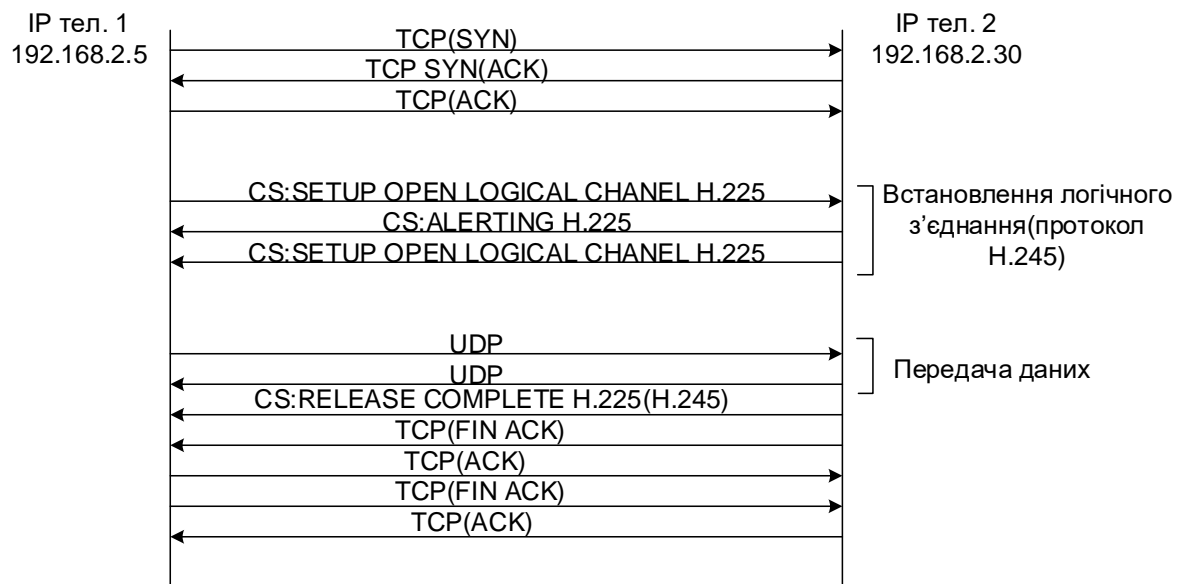


Рисунок 4.1 - Діаграма встановлення з'єднання абонентів ІР-телефонії  
(користувачів) без привратника

Після відкриття керуючого каналу виконуються всі процедури, описані в першому випадку: обмін даними про функціональні можливості, визначення ведучого / веденого обладнання, відкриття односпрямованих логічних каналів. Далі відкривається розмовна сесія. Викликаюче обладнання користувача передає мовну інформацію, упаковану в пакети RTP / UDP / IP, на транспортну адресу RTP-каналу обладнання викликуваного користувача, а воно, у свою чергу, передає мовну інформацію на транспортну адресу RTP-каналу обладнання викликаючого користувача.

Після закінчення розмовної фази починається фаза руйнування з'єднання. Обладнання користувача, що ініціює роз'єднання, припиняє передачу мовної інформації, закриває логічні канали і передає по керуючому каналу повідомлення H.245 endSessionCommand, що означає бажання користувача завершити з'єднання. Очікується повідомлення endSessionCommand від зустрічного обладнання, після чого керуючий канал H.245 закривається. Наступним кроком передається повідомлення Release Complete, і сигнальний канал закривається.

Користувач, який отримав команду endSessionCommand від користувача, який ініціював роз'єднання, повинен припинити передачу мовної інформації, закрити логічні канали і передати повідомлення endSessionCommand. Далі, якщо сигнальний канал залишився відкритим, передається повідомлення Release Complete, сигнальний канал закривається, і обслуговування виклику вважається завершеним.

Розглянемо випадок встановлення та розриву з'єднання абонентів IP-телефонії (користувачів) з привратником (рисунок 4.2).

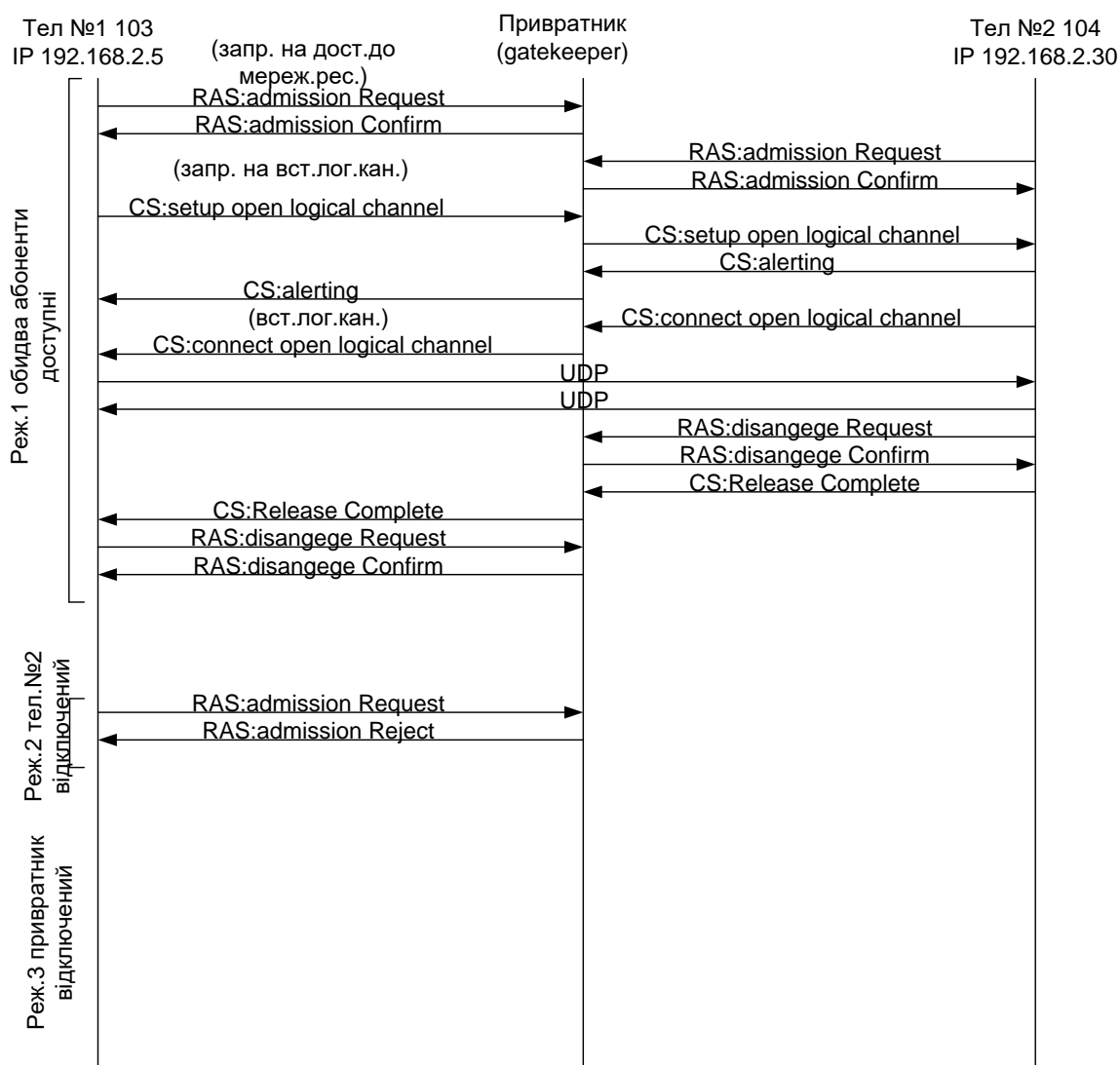


Рисунок 4.2 - Діаграма встановлення та розриву з'єднання в мережі IP-телефонії з привратником

Викликаюче обладнання передає повідомлення ARQ з адресою абонента, у відповідь на яке привратник передає повідомлення ACF з повідомленням, що саме він буде маршрутизувати сигнальні повідомлення (Gatekeeper routed call signaling), і з зазначенням транспортної адреси свого сигнального каналу. Далі викликаюче обладнання передає на цей транспортний адрес запит з'єднання Setup. Привратник пересилає повідомлення Setup викликуваному обладнанню та передає викликаючому обладнанню повідомлення Call Proceeding, що означає, що отриманої інформації достатньо для обслуговування виклику. Викликаюче обладнання також відповідає на Setup повідомленням Call Proceeding. Якщо

обладнання має можливість прийняти виклик, воно передає запит допуску до ресурсів мережі ARQ, на який привратник може відповісти підтвердженням ACF або відмовою в допуску до ресурсів мережі ARJ. У першому випадку викликуване обладнання передає повідомлення Alerting, і привратник маршрутизує його до викликаючого обладнання. Викликуваному користувачу подається візуальний або акустичний сигнал про вхідний виклик, а викликаючому дається індикація того, що користувач, що викликається не зайнятий і йому подається сигнал виклику. При відмові в допуску до ресурсів мережі обладнання закриває сигнальний канал шляхом передачі привратнику повідомлення Release Complete.

Після того як користувач, що викликається прийме дзвінок, привратнику передається повідомлення Connect з транспортною адресою керуючого каналу Н.245 викликаючого обладнання. Привратник заміняє цю адресу транспортною адресою свого керуючого каналу Н.245 і пересилає Connect викликаючому обладнанню, після чого відкривається керуючий канал Н.245.

Після відкриття керуючого каналу Н.245 починається обмін даними про функціональні можливості обладнання. У розглянутому нами випадку всі керуючі повідомлення, що передаються від одного кінцевого обладнання до іншого, маршрутизуються привратником. Термінали обмінюються повідомленнями TerminalCapabilitySet, в яких вказуються можливі алгоритми декодування прийнятої інформації. Слід зазначити, що повідомлення TerminalCapabilitySet повинно бути першим повідомленням, переданим по керуючому каналу. Обладнання, яке прийняло повідомлення TerminalCapabilitySet від іншого обладнання, підтверджує його отримання передачею повідомлення TerminalCapabilitySetAck.

Потім ініціюється процедура визначення ведучого/веденого обладнання, необхідна для вирішення конфліктів, що виникають між двома пристроями при організації конференції, коли обидва вони можуть бути активними контролерами конференцій, або між двома пристроями, що намагаються одночасно відкрити двонаправлені логічні канали. У ході процедури пристрої обмінюються повідомленнями masterSlaveDetermination.

У відповідь на отримані повідомлення `masterSlaveDetermination` обидва пристрої передають повідомлення `masterSlaveDeterminationAck`, в яких вказується, яке з цих пристроїв є для даного з'єднання ведучим, а яке - веденим.

Після обміну даними про функціональні можливості та визначення ведучого і веденого обладнання може виконуватися процедура відкриття односпрямованих логічних каналів. У вимозі відкрити логічний канал (у нашому випадку - прямий логічний канал) `openLogicalChannel` обладнання зазначає вид інформації, який буде передаватися по цьому каналу і алгоритм кодування. У нашому випадку логічний канал призначається для перенесення мови, тому в повідомлення `openLogicalChannel` включається параметр `mediaControlChannel` із зазначенням транспортного адреси каналу RTCP, за допомогою якого здійснюється контроль передачі RTP пакетів. У відповідь на повідомлення `openLogicalChannel` обладнання повинне передати підтвердження `openLogicalChannelAck`, в якому вказується транспортний адрес, на який передавальній стороні слід надсилати RTP пакети, а також транспортний адрес каналу RTCP.

Далі відкривається розмовна сесія. Обладнання викликаючого користувача передає мовну інформацію, упаковану в пакети RTP/UDP/IP, на транспортний адресу RTP-каналу обладнання викликуваного користувача, а викликаний користувач передає мовну інформацію на транспортний адрес RTP-каналу обладнання викликаючого користувача. За допомогою каналу RTCP ведеться контроль передачі інформації по RTP каналах.

Після закінчення розмовної фази починається фаза руйнування з'єднання. Обладнання користувача, що ініціює роз'єднання, повинна припинити передачу мовної інформації, закрити логічні канали і передати по керуючому каналу повідомлення H.245 `endSessionCommand`, що означає, що користувач хоче завершити з'єднання. Далі від зустрічного обладнання очікується повідомлення `endSessionCommand`, після прийому якого керуючий канал H.245 закривається. Наступним кроком, якщо сигнальний канал ще відкритий, передається повідомлення `Release Complete`.

Користувач, який отримав команду `endSessionCommand` від користувача, який ініціював руйнування з'єднання, повинен припинити передачу мовної інформації, закрити логічні канали і передати повідомлення `endSessionCommand`. Далі, якщо сигнальний канал залишився відкритим, передається повідомлення `Release Complete` і сигнальний канал закривається.

Після вищеповисаних дій кінцеве обладнання сповіщає привратник про звільнення зарезервованої смуги пропускання. З цією метою кожен з учасників з'єднання передає по каналу RAS запит виходу із з'єднання DRQ, на який привратник повинен відповісти підтвердженням DCF, після чого обслуговування виклику вважається завершеним.

Тепер розглянемо діаграму встановлення та розриву з'єднання при використанні протоколу SIP (рисунок 4.3)

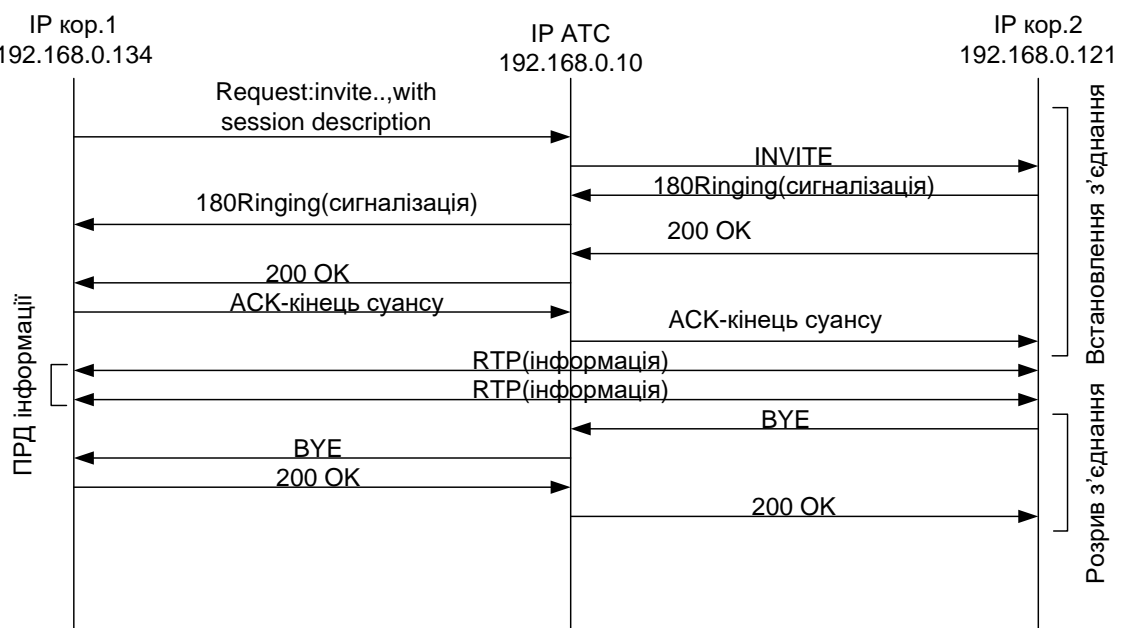


Рисунок 4.3 – Діаграма встановлення та розриву з'єднання при використанні протоколу SIP

Протоколом SIP передбачено 3 основні сценарії встановлення з'єднання: за участю проксі-сервера, за участю сервера переадресації і безпосередньо між користувачами. Різниця між перерахованими сценаріями полягає в тому, що по-

різному здійснюється пошук і запрошення викликуваного користувача. У першому випадку ці функції покладає на себе проксі-сервер, а викликаючому користувачеві необхідно знати тільки постійний SIP-адрес викликуваного користувача. У другому випадку сторона, що викликає самостійно встановлює з'єднання, а сервер переадресації лише реалізує перетворення постійної адреси абонента в його поточну адресу. І, нарешті, в третьому випадку викликаючому користувачеві для встановлення з'єднання необхідно знати поточну адресу викликуваного користувача.

На рисунку 4.4 зображена діаграма встановлення з'єднання між двома абонентами з різними протоколами за допомогою гнучкого комутатора Softswitch.

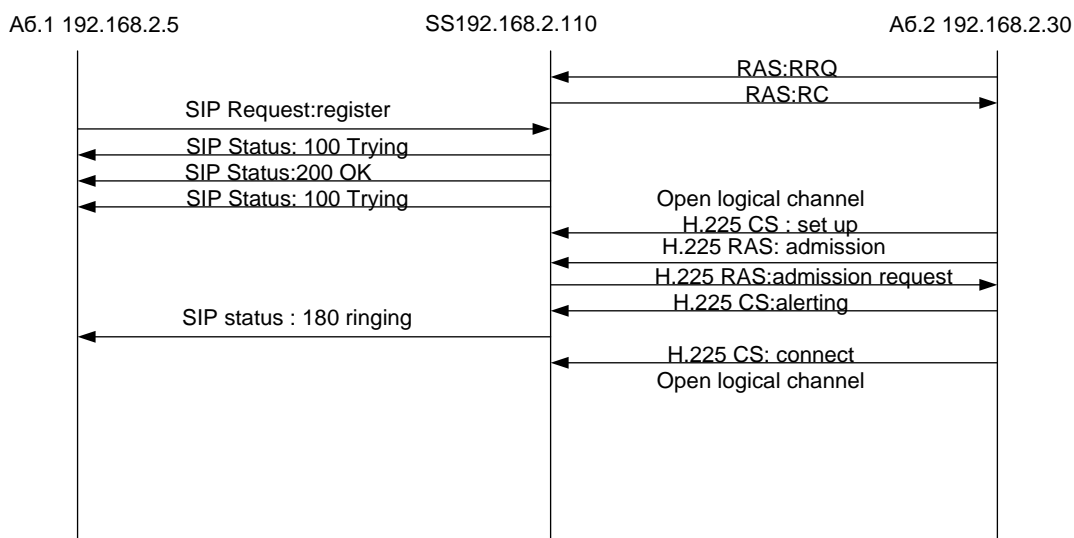


Рисунок 4.4 – Діаграма встановлення з'єднання між двома абонентами з різними протоколами (SIP, H.323). Використовується гнучкий комутатор Softswitch

Softswitch - це пристрій керування мережею наступного покоління NGN, покликане відокремити функції управління з'єднаннями від функцій комутації, здатне обслуговувати велику кількість абонентів і взаємодіяти з серверами додатків, підтримуючи відкриті стандарти. Основне завдання - погоджувати різні протоколи сигналізації як мереж IP-телефонії (H.323, SIP), так і при взаємодії

мереж комутації каналів з IP-мережами. За рахунок доступу до різних мереж і додатків, на базі Softswitch набагато простіше організовувати різні види послуг і додаткових видів обслуговування:

- повний набір сучасних послуг телефонії;
- призначення прямих міських номерів на кожну з ліній, дозвіл або заборона певних видів вхідного / вихідного зв'язку на них, отримання статистики з'єднань;
- широкі можливості активації і деактивації послуг і сервісів на певній телефонній лінії за допомогою кодів активації, які набираються з телефону, за допомогою WEB-інтерфейсу, голосового порталу IVR тощо;
- голосові сервіси, такі як голосова пошта, з можливістю відправлення отриманого повідомлення на електронну пошту абонента.

## 5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ДО ПРОДУКТИВНОСТІ КОМУТАТОРІВ ETHERNET

Визначимо вимоги до продуктивності відповідно до [24, 25]. Одним з важливих критеріїв при виборі комутаційного обладнання IP мереж, у тому числі комутаторів Ethernet, є його продуктивність. Продуктивність мережевого пристрою найчастіше визначають як максимальну кількість кадрів (пакетів), що надходить на всі його порти, що може обробити пристрій за одну секунду.

Використання мережевого обладнання з малою продуктивністю призведе до значних втрат кадрів (пакетів), що може призвести до неможливості передачі інформації, а використання обладнання з явно завищеною продуктивністю є економічно недоцільним.

Якщо в характеристиках обладнання не уточнюється для якого розміру кадра наведені значення продуктивності, то за замовчуванням вважається, що ці показники визначені для кадрів мінімального розміру. Для технології Ethernet це кадри довжиною 64 байта (без преамбули), з полем даних в 46 байт. Використання кадрів мінімальної довжини пояснюється тим, що такі кадри завжди створюють найбільш важкий режим роботи обладнання у порівнянні з кадрами більшої довжини при однаковому об'ємі переносимих даних (у цьому випадку інтенсивність потоку кадрів є найбільшою).

В технічній документації для позначення продуктивності часто використовують англomовне скорочення «pps» – Packets Per Second (пакетів в секунду).

Зазначимо, що в деяких випадках продуктивність мережевого пристрою може бути визначена як максимальний об'єм даних, який може обробити пристрій за одну секунду. Даний показник можна розрахувати, якщо відомі довжина кадру та кількість кадрів (пакетів), що надходить на всі порти пристрою за одну секунду.

Крім продуктивності для обладнання в цілому можуть також застосовуватись показники продуктивності для окремих портів, процесорів та загальної шини комутатора чи маршрутизатора (такі показники часто застосовуються при

модульній будові обладнання). Наприклад, інтенсивність потоку кадрів на один порт Ethernet/Fast Ethernet маршрутизатора не повинна перевищувати максимальної інтенсивності потоку кадрів для відповідних технології каналного рівня: для технології Ethernet не більше 14 881 кадрів/с, та для технології Fast Ethernet не більше 148 810 кадрів/с для кадрів найменшої довжини, що дорівнює 64 байта (без преамбули).

Далі розглянемо основні показники продуктивності комутаторів Ethernet, за винятком загальної продуктивності, яка була розглянута вище.

1. Швидкість фільтрації – це швидкість, з якою комутатор виконує наступні етапи обробки кадрів: прийом кадру в свій буфер, перегляд адресної таблиці з метою знаходження порту для адреси призначення кадру, знищення кадру, оскільки його порт призначення і порт джерела належать одному логічному сегменту.

2. Швидкість просування – це швидкість, з якою комутатор виконує наступні етапи обробки кадрів: прийом кадру в свій буфер, перегляд адресної таблиці з метою знаходження порту для адреси призначення кадру, передача кадру в мережу через знайдений по адресній таблиці порт призначення.

Швидкість фільтрації і швидкість просування звичайно вимірюються в кадрах в секунду (pps). Якщо в характеристиках комутатора не уточнюється для якого розміру кадру приведені значення швидкостей фільтрації і просування, то за замовчуванням вважається, що ці показники даються для кадрів мінімального розміру.

Відзначимо, що швидкість фільтрації і швидкість просування практично у всіх сучасних комутаторів є неблокуючою – комутатор встигає відкидати і просувати кадри в темпі їх надходження. Для комутаторів з портами Ethernet/Fast Ethernet типові швидкості фільтрації і просування складають 14 881 пакетів/с і 148 810 пакетів/с відповідно. Ці значення надані для кадру найменшої довжини в 64 байти (без преамбули), і відповідають максимально можливій інтенсивності потоку кадрів для цих технологій.

3. Затримка передавання кадру – це час, що минув з моменту надходження першого байта кадру на вхідний порт комутатора до моменту появи цього байта на вихідному порту комутатора. Затримка складається з часу, що витрачається на буферизацію байтів кадру, а також часу, що витрачається на обробку кадру комутатором – перегляд адресної таблиці, ухвалення рішення про фільтрацію або просування і отримання доступу до середовища вихідного порту.

Величина затримки, що вноситься комутатором, залежить від режиму його роботи. Якщо комутація здійснюється «на льоту», то затримки звичайно невеликі і складають від 10 мкс до 40 мкс, а при повній буферизації кадрів – від 50 мкс до 200 мкс (для кадрів мінімальної довжини).

Для визначення розрахункового значення необхідної продуктивності комутаційного обладнання в загальному випадку необхідно побудувати матрицю розподілу інтенсивності потоків пакетів між всіма портами пристрою:

$$\|\Lambda\| = \begin{vmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{ij} & \dots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{ij} & \dots & \lambda_{2n} \\ & & \dots & & & \\ \lambda_{i1} & \lambda_{i2} & \dots & \lambda_{ij} & \dots & \lambda_{in} \\ & & \dots & & & \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \dots & \lambda_{mj} & \dots & \lambda_{mn} \end{vmatrix},$$

де  $\lambda_{ij}$  – інтенсивність потоку пакетів від порту з номером  $i$  до порту з номером  $j$  (рисунок 2.1);  $\lambda_{ij} = 0$  при  $i = j$ .

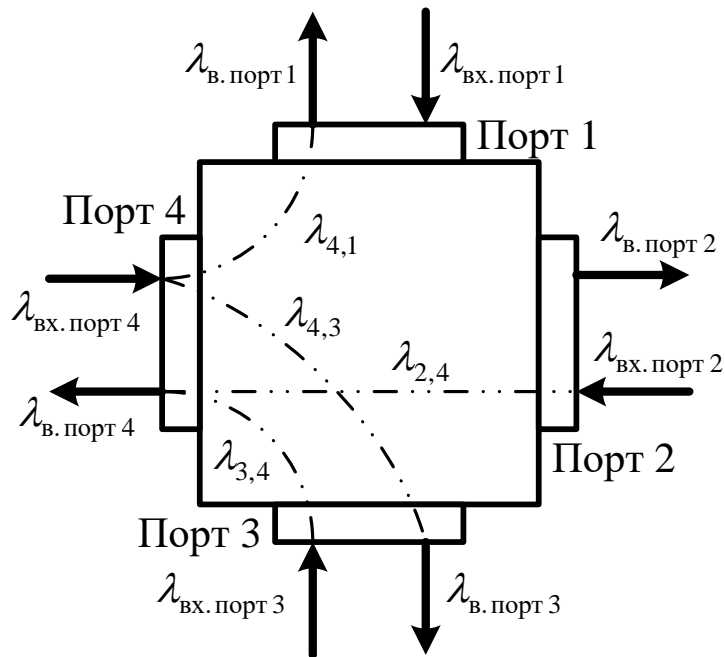


Рисунок 5.1 – Розподіл потоків пакетів між портами комутатора

Розрахункове значення необхідної продуктивності може бути визначено як

$$C_{\text{розн.}} = \sum_{ij} \lambda_{ij}, \quad (5.1)$$

де  $C_{\text{розн.}}$  – розрахункове значення необхідної продуктивності, а сума береться по всім портам.

Якщо відомі значення загальної вхідної та/або вихідної інтенсивності потоків кадрів для кожного порту  $\lambda_{\text{вх. порт } i}$ ,  $\lambda_{\text{в. порт } i}$  то розрахункове значення необхідної продуктивності може бути знайдено як

$$C_{\text{розн.}} = \sum_i \lambda_{\text{вх. порт } i} \quad (5.2)$$

або

$$C_{\text{розн.}} = \sum_i \lambda_{\text{в. порт } i}, \quad (5.3)$$

оскільки в межах одного комутаційного пристрою при відсутності втрат кадрів завжди відбувається рівняння балансу:

$$\sum_i \lambda_{\text{вх. порт } i} = \sum_i \lambda_{\text{в. порт } i}, \quad (5.4)$$

суть якого полягає у тому, що потік кадрів, надійшовши на вхід певного порта комутатора при відсутності втрат буде завжди спрямований на вихід іншого порта, і таким чином, сумарна інтенсивність потоків кадрів на всіх входах буде дорівнювати сумарній інтенсивності потоків кадрів на всіх виходах.

Відмітимо, що загальні вхідні та вихідні інтенсивності потоків кадрів для кожного порту зв'язані з елементами матриці  $\|\Lambda\|$  співвідношеннями:

$$\lambda_{\text{вх.порт } i} = \sum_j \lambda_{ij}, \quad \lambda_{\text{вих.порт } j} = \sum_i \lambda_{ij}.$$

Продуктивність комутаційного обладнання не повинна бути менша ніж визначене вище розрахункове значення необхідної продуктивності. При виконанні цієї вимоги можна вважати, що комутаційне обладнання працює в сталому неблокованому режимі, тобто воно спроможне просувати кадри зі всіх своїх входів на всі свої виходи без втрат (в даному випадку вважається, що об'єм буферної пам'яті є нескінченим) необмежений час.

Якщо продуктивність комутаційного обладнання дозволяє обробляти потоки кадрів, що надходять на всі порти з максимальною інтенсивністю відповідного протоколу (наприклад, для технології Fast Ethernet максимальна інтенсивність потоку кадрів досягається для кадрів найменшої довжини в 64 байта, яка становить 148 810 кадрів в секунду), то вважають що воно підтримує миттєвий неблокований режим. Для підтримки миттєвого неблокованого режиму продуктивність комутаційного обладнання повинна бути не менше

$$\sum_i \lambda_{\text{max порт } i},$$

де  $\lambda_{\text{max порт } i}$  – максимальна інтенсивність потоку кадрів певного протоколу (технології),  $i$  – номер порта; сума береться по всім портам (для всіх значень  $i$ ).

Наприклад, якщо комутатор має 8 портів Fast Ethernet, то він буде підтримувати миттєвий неблокований режим, якщо його продуктивність буде не менша, ніж  $8 \text{ портів} \times 148\,810 \text{ кадрів/с} = 1\,190\,480 \text{ кадрів/с}$ .

При виборі комутаційного обладнання прагнуть, щоб воно працювало в сталому неблокованому режимі, тому його продуктивність, як було зазначено

вище, не повинна бути менша ніж визначене вище розрахункове значення необхідної продуктивності. Але тут необхідно врахувати особливості апаратно-програмної реалізації сучасного мережевого обладнання, які полягають в залежності реальної продуктивності обладнання від використання додаткових функціональних можливостей. Тому з метою гарантування забезпечення необхідної продуктивності в реальних умовах роботи, оскільки використання функціональних можливостей може значно знизити реальну продуктивність, продуктивність комутаційного обладнання повинна перевищувати в  $4 \div 6$  разів розрахункове значення необхідної продуктивності. Таким чином, вимоги до продуктивності комутаційного обладнання можна визначити як

$$C_{\text{ком.}} = (4 \div 6) \cdot C_{\text{розр.}}$$

Визначимо розрахункове значення необхідної продуктивності комутатора, при якій комутатор буде працювати в сталому неблокованому режимі (в кадрах за одну секунду), якщо відома матриця розподілу потоків кадрів між портами комутатора, елементами якої є інтенсивності потоків пакетів між відповідними портами:

$$\begin{pmatrix} 0 & 100 & 50 & 250 \\ 60 & 0 & 180 & 120 \\ 70 & 90 & 0 & 800 \\ 110 & 140 & 150 & 0 \end{pmatrix}$$

Знайдемо розрахункове значення необхідної продуктивності як суму всіх елементів матриці розподілу потоків кадрів між портами комутатора відповідно до формули 5.1:

$$\begin{aligned}
C_{\text{розн.}} &= \sum_{ij} \lambda_{ij} = \\
&= 0 + 100 + 50 + 250 + \\
&+ 60 + 0 + 180 + 120 + \\
&+ 70 + 90 + 0 + 800 + \\
&+ 110 + 140 + 150 + 0 = 2120 \text{ кадрів/с.}
\end{aligned}$$

де  $C_{\text{розн.}}$  – розрахункове значення необхідної продуктивності, а сума береться по всім портам.

Оцінимо вимоги до продуктивності комутатора (в кадрах за одну секунду). З метою гарантування забезпечення необхідної продуктивності в реальних умовах роботи є доцільним, щоб вимоги до продуктивності комутатора перевищували розрахункове значення необхідної продуктивності  $C_{\text{ком.}} = 2120$  кадрів/с в  $4 \div 6$  разів:

$$\begin{aligned}
4C_{\text{розн.}} &\leq C_{\text{ком.}} \leq 6C_{\text{розн.}}, \\
4 \cdot 2120 &\leq C_{\text{ком.}} \leq 6 \cdot 2120, \\
8480 \text{ кадрів/с} &\leq C_{\text{ком.}} \leq 12720 \text{ кадрів/с}.
\end{aligned}$$

Таким чином, доцільно вибрати комутатор з продуктивністю не нижче 8480 кадрів/с і не вище 12720 кадрів/с. Примітка: комутатор з продуктивністю більшою ніж 12720 кадрів/с також буде працювати в сталому неблокованому режимі, але вибір комутатора зі значно завищеною продуктивністю є необґрунтованим та економічно недоцільним.

Визначимо розрахункове значення максимального об'єму даних, який комутатор повинен бути спроможний обробити за одну секунду для того, щоб він працював в сталому неблокованому режимі, а також оцінити вимоги до продуктивності комутатора (в об'ємі даних за одну секунду). При проведенні розрахунку використовувати мінімальну довжину кадра Ethernet, а преамбулою та міжкадровим інтервалом знехтувати.

Використовуючи розрахункове значення необхідної продуктивності  $C_{\text{ком.}} = 2120$  кадрів/с визначимо розрахункове значення максимального об'єму даних, який комутатор повинен бути спроможний обробити за одну секунду  $D_{\text{розн.}}$

для того, щоб він працював в сталому неблокованому режимі, враховуючи, що мінімальна довжина кадра Ethernet  $L_{\min}^{\text{Eth}}$  становить 64 байта:

$$D_{\text{розр.}} = C_{\text{розр.}} \cdot 8 \cdot L_{\min}^{\text{Eth}} = 2120 \cdot 8 \cdot 64 = 1,1 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

З метою гарантування забезпечення необхідної продуктивності в реальних умовах роботи є доцільним, щоб вимоги до продуктивності комутатора перевищували розрахункове значення максимального об'єму даних, який комутатор повинен бути спроможний обробити за одну секунду  $D_{\text{розр.}}$  в  $4 \div 6$  разів:

$$4C_{\text{розр.}} \leq C_{\text{ком.}} \leq 6C_{\text{розр.}},$$

$$4 \cdot 1,1 \cdot 10^6 \leq C_{\text{ком.}} \leq 6 \cdot 1,1 \cdot 10^6,$$

$$4,4 \cdot 10^6 \text{ біт/с} \leq C_{\text{ком.}} \leq 6,6 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

Таким чином, доцільно вибрати комутатор, який спроможний обробити за одну секунду від 4,4 Мбіт до 6,6 Мбіт (з урахуванням службових полів кадра Ethernet).

Визначимо розрахункове значення необхідної продуктивності комутатора (в кадрах за одну секунду), при якій комутатор буде працювати в сталому неблокованому режимі, якщо відомі значення вхідної та вихідної інтенсивності потоків кадрів для кожного порту комутатора (таблиця 5.1), а також оцінимо вимоги до продуктивності комутатора (в кадрах за одну секунду).

Таблиця 5.1 – Параметри потоків кадрів для прикладу 4

Номер порту комутатора	Інтенсивність потоку кадрів, кадрів/с:	
	вхідного	вихідного
1	400	240
2	360	330
3	960	380
4	400	1170

Оскільки відомі значення загальної вхідної та вихідної інтенсивності потоків кадрів для кожного порту комутатора ( $\lambda_{\text{вх.порт } i}$ ,  $\lambda_{\text{в.порт } i}$ ) то розрахункове значення необхідної продуктивності може бути знайдено як сума інтенсивностей всіх вхідних або всіх вихідних потоків відповідно до формул 5.2, 5.3:

$$C_{\text{розр.}} = \sum_i \lambda_{\text{вх.порт } i} = 400 + 360 + 960 + 400 = 2120 \text{ кадрів/с,}$$

$$C_{\text{розр.}} = \sum_i \lambda_{\text{в.порт } i} = 400 + 360 + 960 + 400 = 2120 \text{ кадрів/с.}$$

## ВИСНОВКИ

1. Розроблена схема корпоративної електронної комунікаційної мережі залізничного транспорту на основі технології Ethernet та протоколу STP.

2. Здійснено:

1) організацію кільцевих сегментів в мережі технологічного зв'язку на основі технології Ethernet;

2) організацію кільцевих сегментів в мережі Ethernet з використанням протоколу STP;

3) організацію віртуальних мереж VLAN в мережі технологічного зв'язку на основі технології Ethernet.

3 Розробка схеми корпоративної електронної комунікаційної мережі залізничного транспорту з використанням технології IP-телефонії.

4 Наведено процедури керування викликами в електронній комунікаційній мережі IP-телефонії.

5. Визначені вимоги до продуктивності комутаторів Ethernet.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі», «Інтегральні цифрові мережі зв'язку» (розподіл IP адрес) / Приходько С.І., Жученко О.С., Трубчанінова К.А., Єременко С.С. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – 42 с.
2. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисциплін «Системи комутації в електрозв'язку», «Автоматичний телефонний зв'язок» з тем «Основи теорії розподілу інформації», «Цифрова комутація» / Приходько С.І., Жученко О.С., Волков О.С., Штомпель М.А. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – 110 с.
3. Методичні вказівки до самостійної роботи, практичних занять та контрольних заходів на тему «Імітаційне моделювання сегментів мереж на основі технології Ethernet та протоколу IP» з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі», «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті», «Інтегральні цифрові мережі зв'язку» / Приходько С. І., Жученко О.С., Штомпель М.А., Індик С. В. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – 34 с.
4. Протокол IP. Статична маршрутизація в IP-мережах навчальний посібник / Панченко С. В., Приходько С. І., Жученко О.С., Штомпель М.А. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – 136 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних, практичних занять і самостійної роботи на тему «Віртуальні локальні мережі VLAN» з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі», «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті», «Мережеві технології», «Інтегральні цифрові мережі зв'язку» / Приходько С. І., Жученко О.С., Штомпель М.А., Сколота С. В. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 41 с.
6. Методичні вказівки до лабораторних, практичних занять і самостійної роботи на тему «Комутатор третього рівня» з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі», «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті», «Мережеві технології», «Інтегральні цифрові мережі

зв'язку» / Приходько С.І., Жученко О.С., Штомпель М.А., Свергунова Ю.О. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 33 с.

7. Протокол STP: навчальний посібник / Панченко С. В., Приходько С. І., Жученко О.С., Штомпель М.А. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – 72 с.

8. Технологія Ethernet : лабораторний практикум / М.О. Білова, С. П. Євсєєв, О.С. Жученко, І.С. Іванченко, О.В. Шматко. – Харків: НТУ «ХП», 2019. – 194 с.

9. Аналіз принципів побудови мережі загальнотехнологічного зв'язку залізничного транспорту / Жученко О.С., Волков О.С., Суєта О.В., Фуркаленко О.Л. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: науково-технічний журнал. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – № 5. – С. 71 – 75.

10. Протокол STP: навчальний посібник / Панченко С. В., Приходько С. І., Жученко О.С., Штомпель М.А. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – 72 с.

11. Дослідження принципів побудови інтегральної IP-мережі залізничного транспорту / Жученко О.С., Артёмов О.В. // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 133. – С. 20-23.

12. Дослідження принципів побудови цифрових систем комутації мереж оперативно-технологічного зв'язку / Жученко О.С., Волков О.С., Полянська Н.В., Чітак К.В., Цапенко К.Е. // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 142. – С. 235 – 241.

13. Заміховська, О.Л. Комп'ютерні мережі та телекомунікації : навч. посіб. / О.Л. Заміховська. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. - 177 с.

14. Комп'ютерні мережі: навчальний посібник / Ю. І. Лосєв, К. М. Руккас, С.І. Шматков / За редакцією Ю. І. Лосєва. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. – 248 с.

15. Мультисервісні мережі / В.І. Басов, Г.І. Загарій, С.І. Приходько, Ю.М. Терещенко, А.А. Чікін., за заг. ред. Ю.М.Терещенка. – ЧП «Новое слово», 2009. – 198 с.

16. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник / Укладачі : Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. – 384 с.
17. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: підручник / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с.
18. 12 ВБН В.2.2-33-2007 Споруди станційні місцевих телефонних мереж.
19. Концепція побудови та модернізації оперативно-технологічного зв'язку залізничного транспорту України / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – К., 2002.
20. ДБН В.2.3-19-2008 «Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. Норми проектування».
21. Правила технічної експлуатації залізниць України, затверджені наказом Міністерства транспорту України від 20.12.1996 р. № 411.
22. Концепція побудови та модернізації цифрової мережі зв'язку та передачі даних залізничного транспорту / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – К., 1999.
23. Телекомунікаційні та інформаційні мережі. Типові завдання : методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи з дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті», «Комп'ютерні мережі» / Індик С.В., Лисечко В. П., Жученко О.С. –
24. Методичні вказівки до курсового, дипломного проектування та практичних занять з дисципліни «Телекомунікаційні та інформаційні мережі» на тему «Проектування регіональної територіально-розподіленої телекомунікаційної мережі» / Приходько С.І., Жученко О.С., Лисечко В.П., Безверха Г.С. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – 172 с.
25. Методичні вказівки до практичних занять, самостійної роботи та контрольних заходів на тему «Розрахунок характеристик волоконно-оптичних напрямних систем телекомунікацій» з дисциплін «Напрямні системи телекомунікацій», «Напрямні системи електричного та оптичного зв'язку»,

«Основи теорії напрямних систем», «Кабельні лінії та системи», «Лінії зв'язку та автоматики» / Штомпель М.А., Жученко О.С., Індик С.В. – Харків: УкрДУЗТ, 2019. – 38 с.

## Додаток А

CALL MANAGEMENT PROCEDURES IN THE ELECTRONIC  
COMMUNICATION NETWORK OF IP TELEPHONY

We will conduct a study of call management procedures (connection establishment and termination) in the IP telephony network using various protocols.

Consider the case of establishing a connection of IP telephony subscribers (users) without a gatekeeper, as shown in Figure A.1.

The calling equipment sends a Setup connection request to the known transport address of the signaling channel of the called equipment. The called equipment responds to Setup with a Call Proceeding message, and then Alerting. The called user is given a visual or acoustic signal of an incoming call, and the calling user is given an indication that the called user is not busy and is receiving a call signal. As soon as the called user accepts the call, a Connect message is sent indicating the transport address of the H.245 control channel of the calling equipment, after which the H.245 control channel is opened.

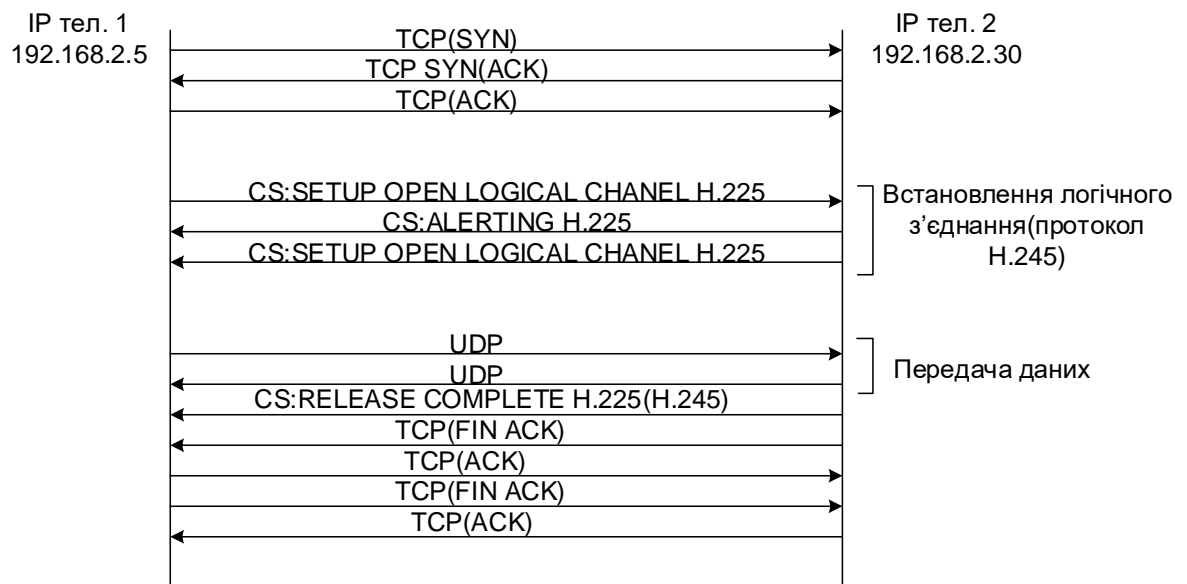


Figure A.1 - Connection establishment diagram of IP telephony subscribers (users) without a gatekeeper

After opening the control channel, all the procedures described in the first case are performed: exchange of data about functionality, determination of master / slave equipment, opening of unidirectional logical channels. Then a conversation session opens. The calling user equipment transmits speech information packed in RTP / UDP / IP packets to the RTP channel transport address of the called user equipment, and it, in turn, transmits speech information to the RTP channel transport address of the calling user equipment.

After the end of the conversation phase, the phase of connection destruction begins. The user's equipment, which initiates the disconnection, stops the transmission of speech information, closes the logical channels and transmits the H.245 endSessionCommand message on the control channel, which means the user's desire to end the connection. An endSessionCommand message from the opposite equipment is expected, after which the H.245 control channel is closed. The next step is a Release Complete message and the signaling channel is closed.

The user who received the endSessionCommand command from the user who initiated the disconnection must stop the transmission of voice information, close the logical channels and transmit the endSessionCommand message. Next, if the signaling channel remains open, a Release Complete message is transmitted, the signaling channel is closed, and the call service is considered complete.

Let's consider the case of establishing and breaking the connection of IP telephony subscribers (users) with the gatekeeper (Figure A.2).

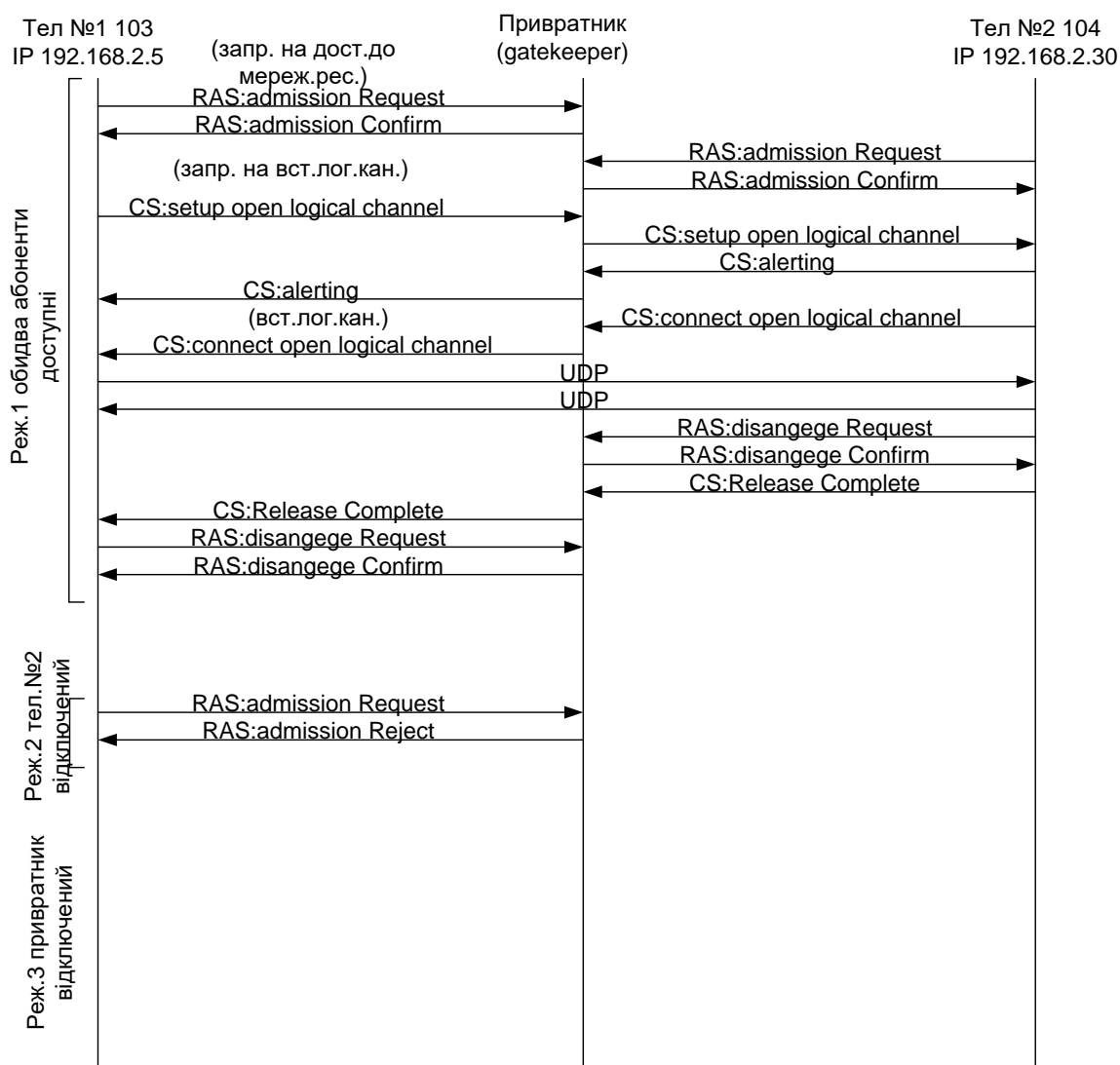


Figure A.2 - Diagram of connection establishment and termination in the IP-telephony network with a gatekeeper

The calling equipment sends an ARQ message with the address of the subscriber, in response to which the gatekeeper sends an ACF message with the message that he will route signaling messages (Gatekeeper routed call signaling) and indicating the transport address of his signaling channel. The calling device then sends a Setup connection request to this transport address. The gatekeeper forwards the Setup message to the called equipment and sends the Call Proceeding message to the calling equipment, which means that the received information is sufficient to service the call. The calling equipment also responds to Setup with a Call Proceeding message. If the equipment is capable of accepting the call, it transmits an ARQ network resource admission request, to which the

gatekeeper can respond with an ACF acknowledgment or an ARJ network resource admission denial. In the first case, the called equipment transmits an Alerting message, and the gatekeeper routes it to the calling equipment. The called user is given a visual or acoustic signal of an incoming call, and the caller is given an indication that the called user is not busy and is given a call signal. When access to network resources is denied, the equipment closes the signaling channel by sending a Release Complete message to the gatekeeper.

After the called user accepts the call, the gatekeeper is sent a Connect message with the transport address of the H.245 control channel of the calling equipment. The gatekeeper replaces this address with the transport address of its H.245 control channel and forwards Connect to the calling equipment, after which the H.245 control channel is opened.

After the opening of the H.245 control channel, the exchange of data on the functionality of the equipment begins. In the case we have considered, all control messages transmitted from one end device to another are routed by the gatekeeper. Terminals exchange TerminalCapabilitySet messages, which specify possible algorithms for decoding received information. It should be noted that the TerminalCapabilitySet message must be the first message transmitted over the control channel. Equipment that has received a TerminalCapabilitySet message from other equipment acknowledges its receipt by sending a TerminalCapabilitySetAck message.

A master/slave determination procedure is then initiated to resolve conflicts between two devices in a conference where both may be active conference controllers, or between two devices trying to open bidirectional logical channels at the same time. During the procedure, the devices exchange masterSlaveDetermination messages.

In response to received masterSlaveDetermination messages, both devices transmit masterSlaveDeterminationAck messages, which indicate which of these devices is the master and which is the slave for this connection.

After exchanging data about functionality and defining the master and slave equipment, the procedure for opening unidirectional logical channels can be performed. In the requirement to open a logical channel (in our case - a direct logical channel), the

openLogicalChannel equipment specifies the type of information that will be transmitted over this channel and the coding algorithm. In our case, the logical channel is intended for language transfer, so the openLogicalChannel message includes the mediaControlChannel parameter indicating the transport address of the RTCP channel, which is used to control the transmission of RTP packets. In response to an openLogicalChannel message, the equipment SHOULD transmit an openLogicalChannelAck, which indicates the transport address to which the transmitting side should send RTP packets, as well as the transport address of the RTCP channel.

Then a conversation session opens. The equipment of the calling user transmits the speech information packed in RTP/UDP/IP packets to the transport address of the RTP channel of the equipment of the called user, and the called user transmits the speech information to the transport address of the RTP channel of the equipment of the calling user. The RTCP channel is used to control the transmission of information over RTP channels.

After the end of the conversation phase, the phase of connection destruction begins. The user's equipment, which initiates the disconnection, must stop the transmission of speech information, close the logical channels and transmit the H.245 endSessionCommand message over the control channel, which means that the user wants to end the connection. Next, an endSessionCommand message is expected from the opposite equipment, after receiving which the H.245 control channel is closed. The next step, if the signaling channel is still open, is a Release Complete message.

The user who received the endSessionCommand from the user who initiated the destruction of the connection must stop the transmission of speech information, close.

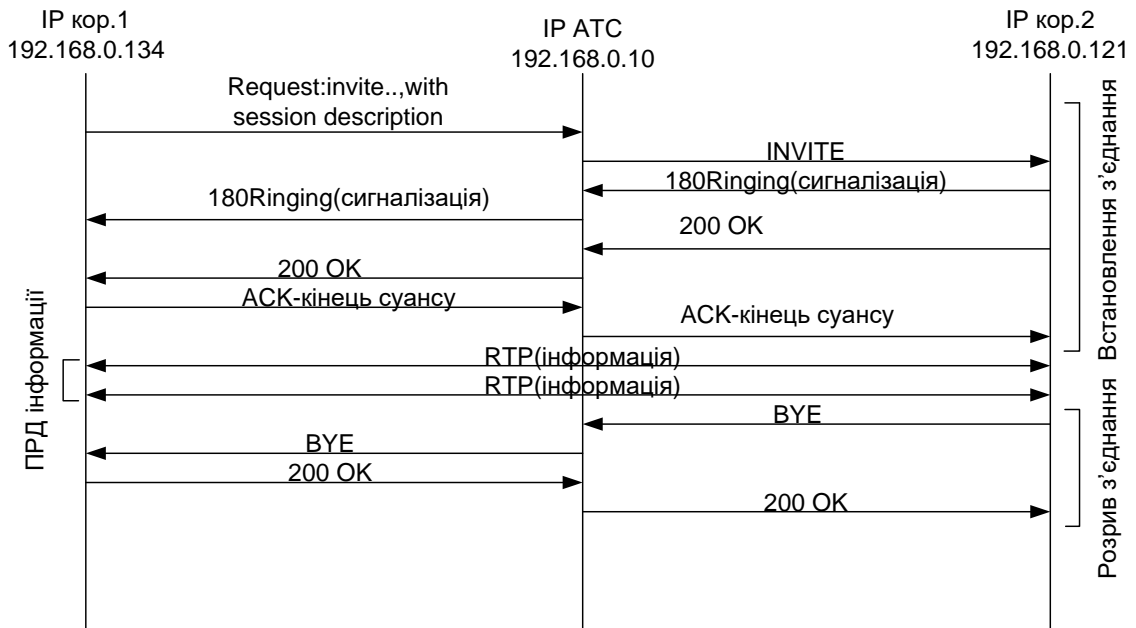


Figure A.3 – Connection establishment and termination diagram when using the SIP protocol

The SIP protocol provides 3 main scenarios for establishing a connection: with the participation of a proxy server, with the participation of a forwarding server and directly between users. The difference between the listed scenarios is that the search and invitation of the called user is carried out differently. In the first case, these functions are performed by the proxy server, and the calling user only needs to know the permanent SIP address of the called user. In the second case, the calling party independently establishes a connection, and the forwarding server only implements the conversion of the subscriber's permanent address into his current address. And, finally, in the third case, the calling user needs to know the current address of the called user in order to establish a connection.

Figure A.4 shows a diagram of establishing a connection between two subscribers with different protocols using a flexible Softswitch.

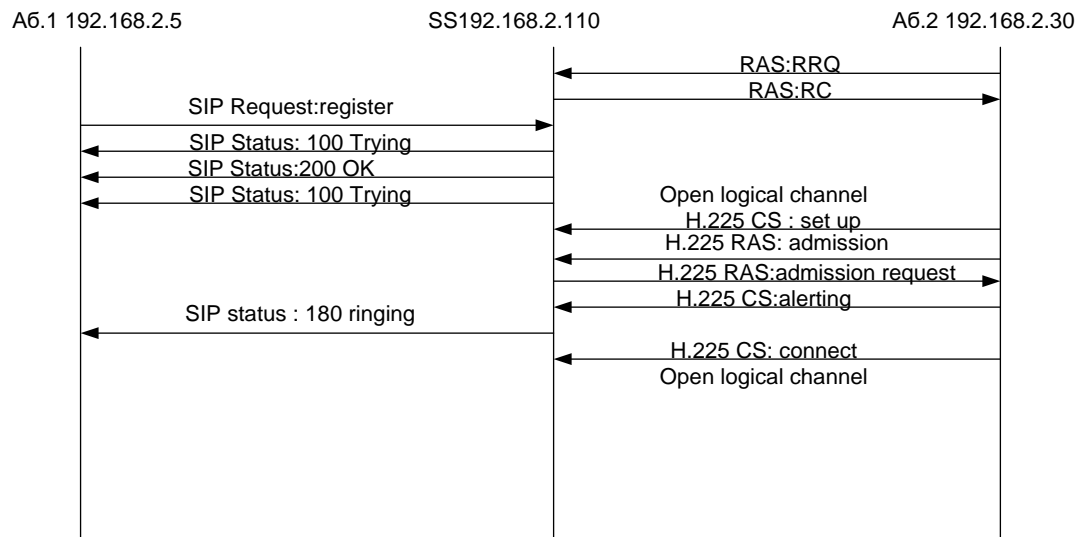


Figure A.4 – Connection establishment diagram between two subscribers with different protocols (SIP, H.323). A flexible Softswitch switch is used

Softswitch is a next-generation NGN network management device designed to separate connection management functions from switching functions, able to serve a large number of subscribers and interact with application servers, supporting open standards. The main task is to coordinate different signaling protocols of both IP telephony networks (H.323, SIP) and when channel switching networks interact with IP networks. Due to access to various networks and applications, it is much easier to organize various types of services and additional types of services on the basis of Softswitch:

- a complete set of modern telephony services;
- assignment of direct city numbers to each of the lines, permission or prohibition of certain types of incoming / outgoing communication on them, obtaining connection statistics;
- wide possibilities of activation and deactivation of services and services on a certain telephone line with the help of activation codes dialed from the phone, using the WEB interface, voice portal IVR, etc.;
- voice services, such as voice mail, with the possibility of sending the received message to the subscriber's e-mail.

## Додаток В

Тези доповідей 83 Студентська науково-технічна конференція Українського державного університету залізничного транспорту (Харків, 2023). – Харків: УкрДУЗТ, 2023р.

І.Буданцева (601-дТТ), НУ «Полтавська  
політехніка ім. Юрія Кондратюка»  
Керівник – доц. О.С. Жученко

### РОЗРОБКА КОРПОРАТИВНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

До корпоративних електронних комунікаційних мереж можна віднести електронні комунікаційні мережі підприємств, відомств, компаній органів тощо, які по суті є локальними мережами, тобто не є мережами загального користування, та які побудовані відповідно до корпоративних вимог, що враховують певну специфіку діяльності підприємств, відомств, компаній, органів тощо. Але, незважаючи на це, великі корпоративні мережі, якщо вони задовольняють вимогам до мереж загального користування, можуть використовуватися і для розвитку мереж загального користування, що дозволяє отримувати додатковий прибуток. Однією з таких мереж є мережа технологічного зв'язку залізничного транспорту, особливо ті її сегменти, які побудовані з застосуванням технології комутації пакетів на основі протоколу ІР – інтегральна мережа технологічного зв'язку. Розглядаються питання розробки інтегральної мережі технологічного зв'язку залізничного транспорту на основі протоколу ІР.

Міністерство освіти та науки України  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Кафедра автоматик, електроніки та телекомунікацій

# **Розробка корпоративної електронної комунікаційної мережі**

Кваліфікаційна робота магістра

Виконав:

Студент 601 дТГ групи

Буданцева І.Г.

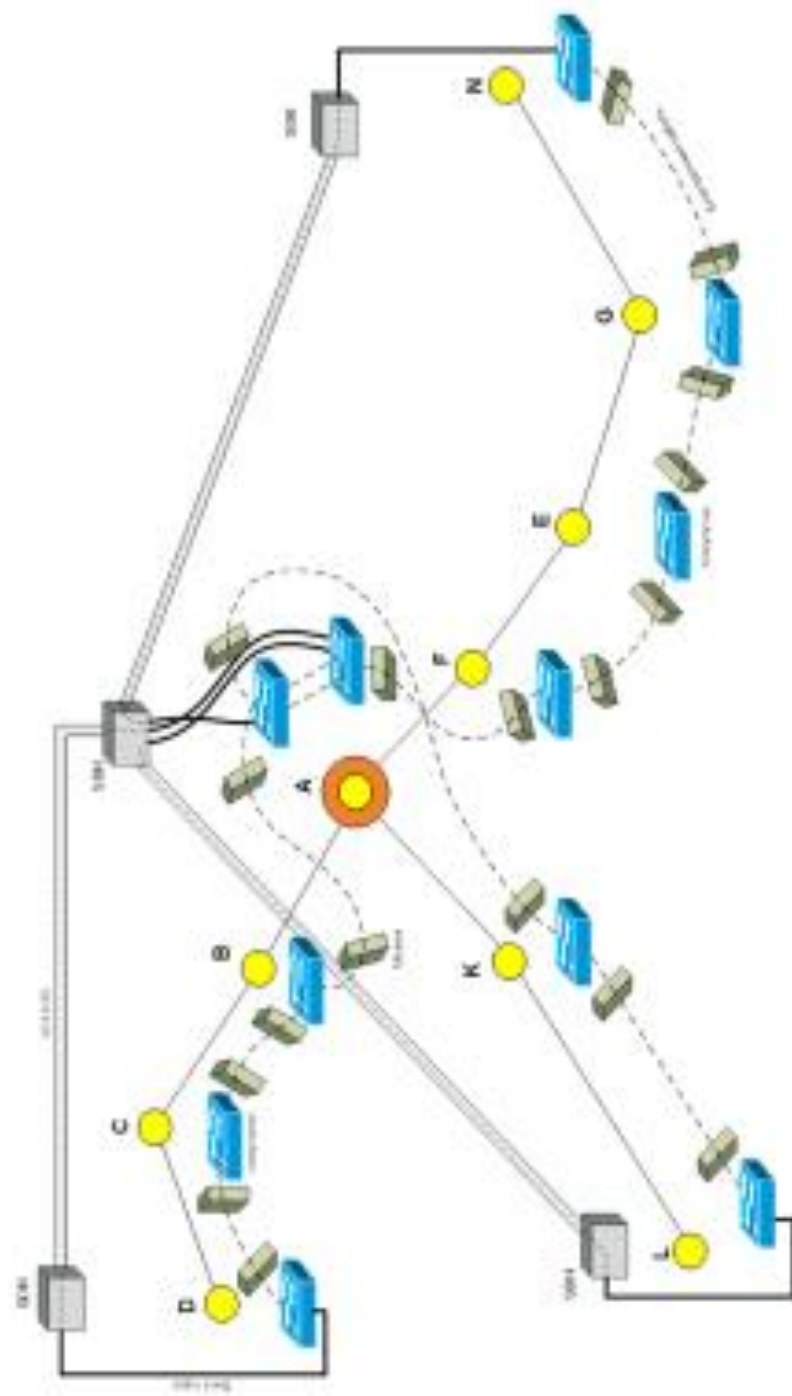
Керівник:

доцент, канд. техн. наук

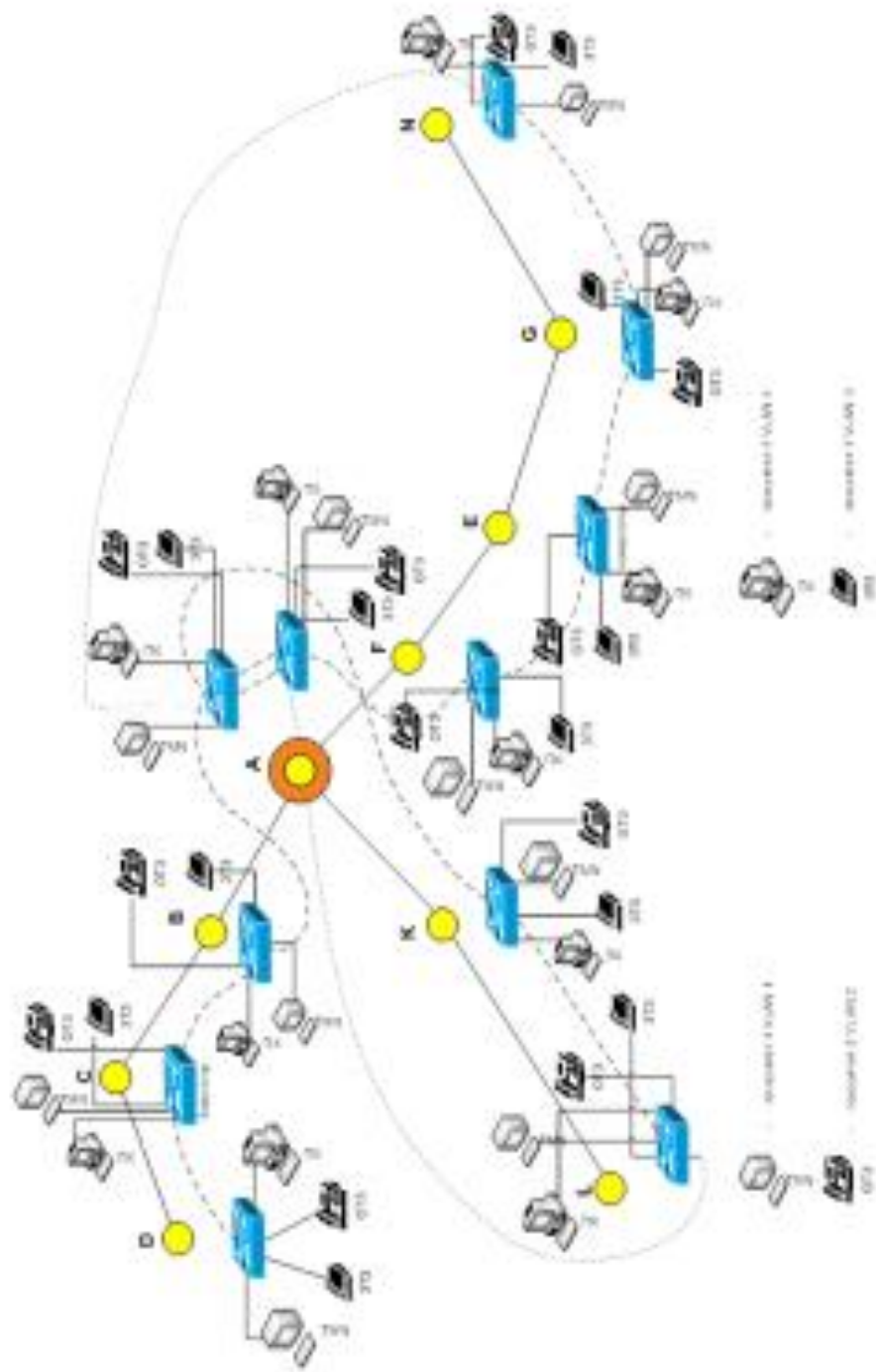
Жученко О.С.

Додаток С

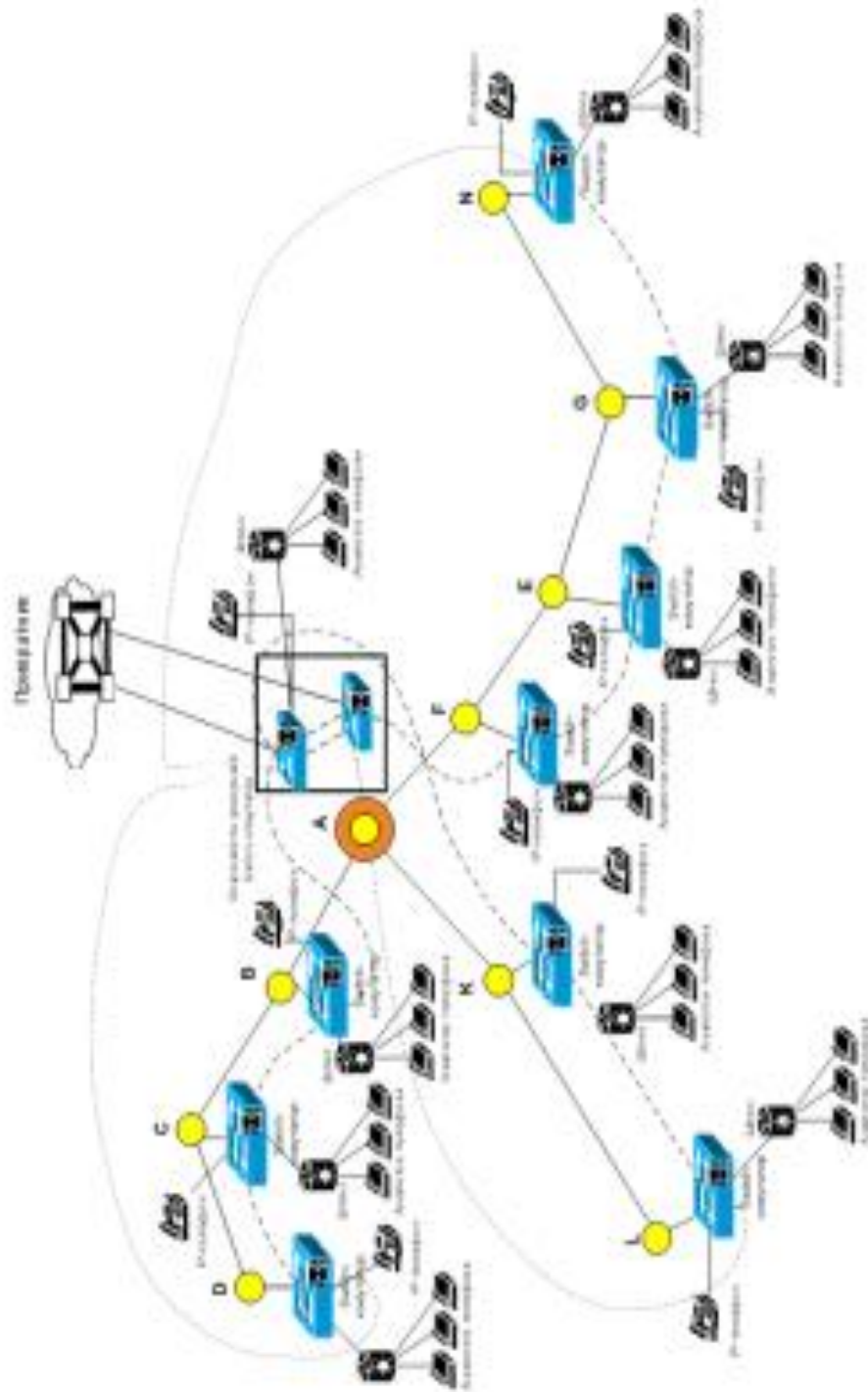
## Ділянка інтегральної мережі технологічного зв'язку на основі технології Ethernet та протоколу STP



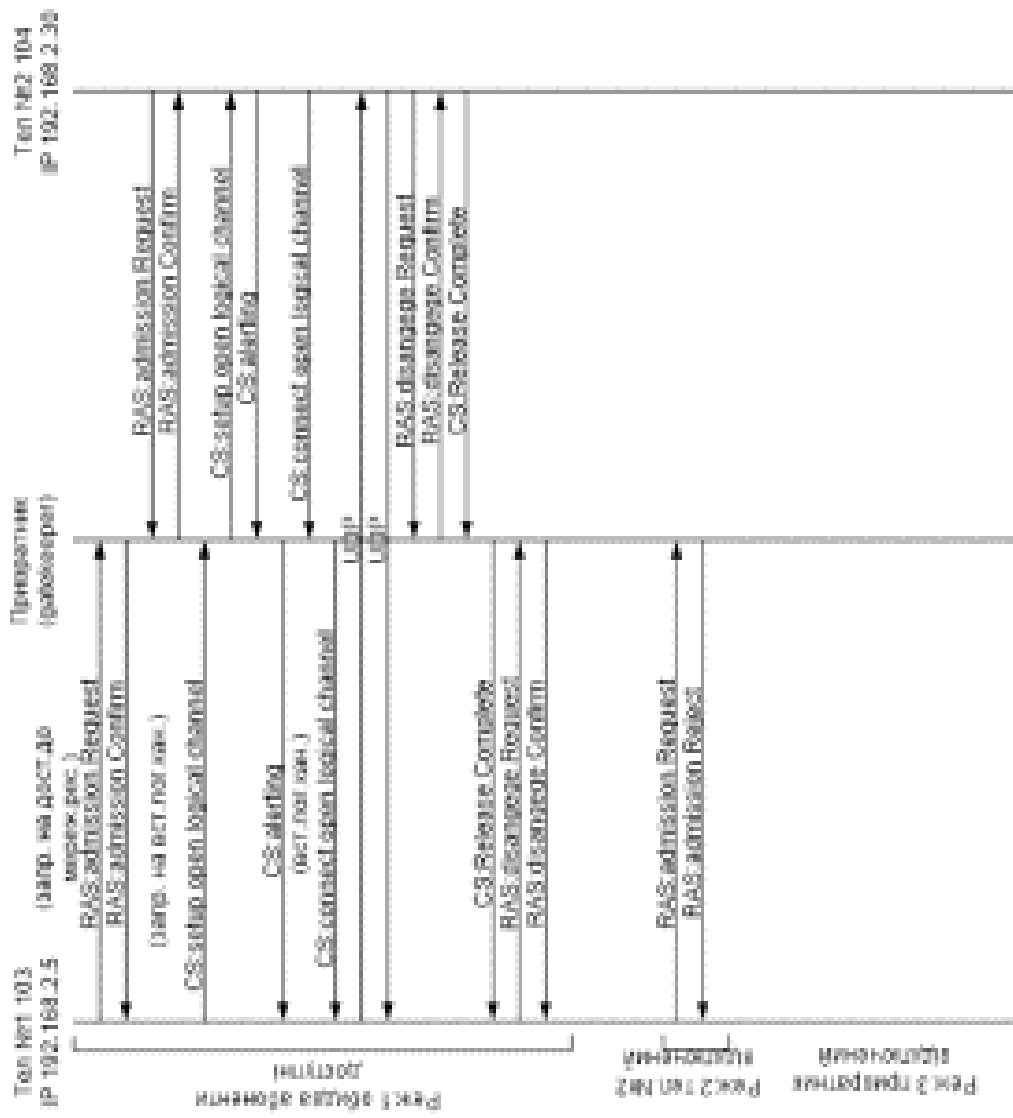
## Розроблена інтегральна цифрова мережа основі протоколу STP з використанням віртуальних мереж



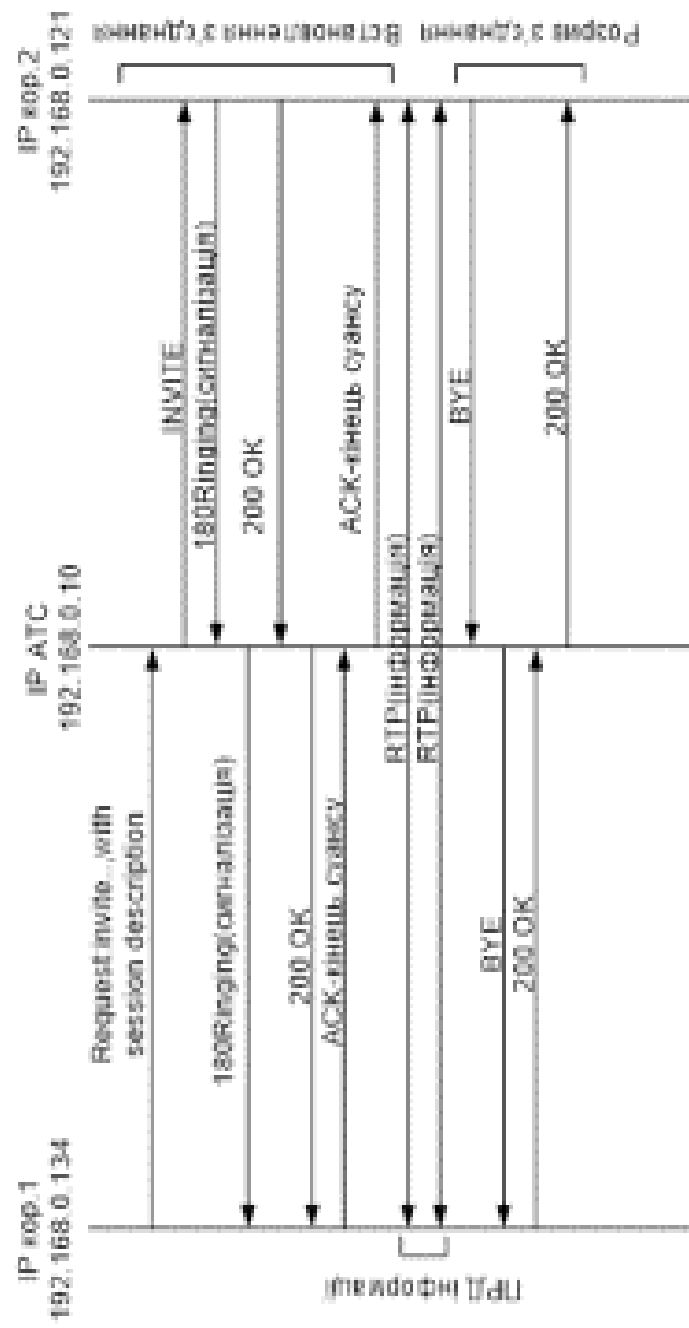
## Розроблена схема інтегральної мережі технологічного зв'язку з використанням ІР-телефонії



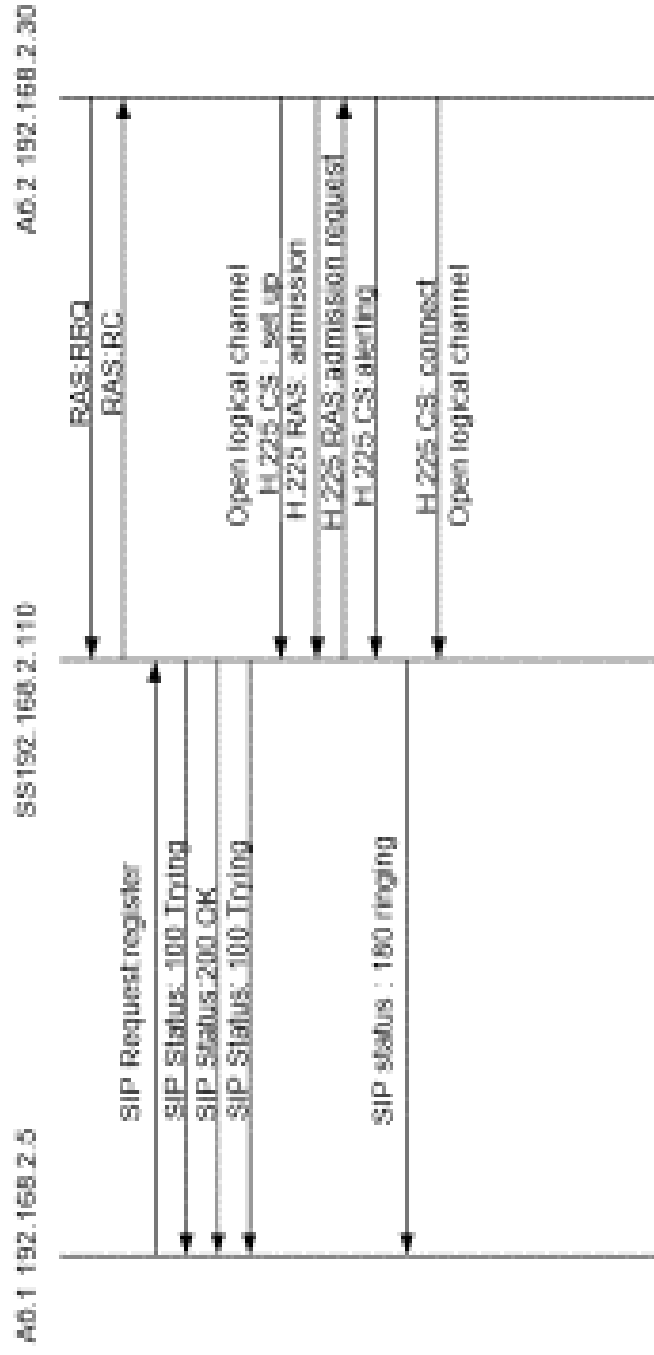
# Діаграма встановлення та розриву з'єднання в мережі IP-телефонії з привратником



## Діаграма встановлення та розриву з'єднання при використанні протоколу SIP



## Діаграма встановлення з'єднання між двома абонентами з різними протоколами (SIP, H.323). Використовується гнучкий комутатор Softswitch



## Визначення вимог до продуктивності комутаторів Ethernet

Відзначимо розрахункове значення необхідної продуктивності комутатора, при якій комутатор буде працювати в сталому заблокованому режимі (в кадрах за одну секунду), якщо відома матриця розподілу потоків кадрів між портами комутатора, елементами якої є інтенсивності потоків пакетів між відповідними портами:

$$\begin{pmatrix} 0 & 100 & 50 & 250 \\ 60 & 0 & 180 & 120 \\ 70 & 90 & 0 & 800 \\ 110 & 140 & 150 & 0 \end{pmatrix}$$

Знайдемо розрахункове значення необхідної продуктивності як суму всіх елементів матриці розподілу потоків кадрів між портами комутатора:

$$\begin{aligned} C_{\text{роз}} &= \sum_i A_{ij} = \\ &= 0 + 100 + 50 + 250 + \\ &+ 60 + 0 + 180 + 120 + \\ &+ 70 + 90 + 0 + 800 + \\ &+ 110 + 140 + 150 + 0 = 2120 \text{ кадрів/с} \end{aligned}$$

де  $C_{\text{роз}}$  – розрахункове значення необхідної продуктивності, а сума береться по всім портам.

Оцінимо вимоги до продуктивності комутатора (в кадрах за одну секунду). З метою гарантування забезпечення необхідної продуктивності в реальних умовах роботи є доцільним, щоб вимоги до продуктивності комутатора перевищували розрахункове значення необхідної продуктивності  $C_{\text{роз}} = 2120$  кадрів/с в 4 + 6 разів:

$$\begin{aligned} 4C_{\text{роз}} &\leq C_{\text{ем}} \leq 6C_{\text{роз}} \\ 4 \cdot 2120 &\leq C_{\text{ем}} \leq 6 \cdot 2120, \\ 8480 \text{ кадрів/с} &\leq C_{\text{ем}} \leq 12720 \text{ кадрів/с}. \end{aligned}$$

Таким чином, доцільно вибрати комутатор з продуктивністю не нижче 8480 кадрів/с і не вище 12720 кадрів/с. Примітка: комутатор з продуктивністю більшою ніж 12720 кадрів/с також буде працювати в сталому заблокованому режимі, але вибір комутатора зі значно завищеною продуктивністю є необґрунтованим та економічно нездійсним.