

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**  
Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій  
(назва інституту)

Комп'ютерних наук  
(назва кафедри)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Комп'ютерних наук

В. В. Вишнівський

(підпис, ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**

для проведення \_\_\_\_\_ лабораторного заняття  
(вид заняття)

зі студентами інституту \_\_\_\_\_ ННІТ  
(назва інституту)

з навчальної дисципліни: \_\_\_\_\_ Конвергентна мережна інфраструктура  
(назва навчальної дисципліни)

**Тема 4. Технології локальних комп'ютерних мереж. Мережа Ethernet.**  
(номер і назва теми в програмі навчальної дисципліни)

**Змістовний модуль 2. Сучасні мережеві технології конвергентної  
мережної інфраструктури**

**Заняття 4.3 Оцінка основних параметрів віртуального пакетного каналу.**  
(номер і назва заняття в тематичному плані)

**Час:** 4 години

**Навчальна та виховна мета**

1. Ознайомлення з методичним керівництвом до лабораторних робіт.
2. Навчитись розробляти еталонну схему віртуального каналу в пакетній мережі.
3. Навчити студентів розраховувати мінімальну, середню і максимальну затримки пакетів у віртуальному каналі та їх варіації.
4. Оцінювати імовірність втрати пакетів та імовірність помилкових пакетів у віртуальному каналі.
5. Виховувати відповідальність слухачів за виконання робіт та розрахунків при проектуванні МД.

**Навчально-методичне забезпечення**

1. Слайди

Обговорено та схвалено на засіданні  
кафедри Комп'ютерних наук  
протокол від « 11 » лютого 2019 р. № 8

## План проведення завдання

№ зп	Навчальні питання (проблема)	Час хв	Дії викладача та тих, що навчаються
I	Вступ		
	1. Прийом навчальної групи.	5хв	Перевірка наявності студентів та готовність їх до заняття.
II	2. Зв'язок з матеріалами навчальних дисциплін, що вивчались раніше.	5хв	Нагадую матеріали навчальних дисциплін, що вивчались раніше та пов'язую їх з сьогодишнім заняттям. Актуальність заняття.
	3. Тема: Оцінка основних параметрів віртуального пакетного каналу		Оголошую тему, мету заняття та навчальні питання. Оголошую порядок проведення заняття.
III	Основна частина		
	1. Ознайомлення з методичним керівництвом до лабораторних робіт.	25хв	Матеріал викладати у темпі, що дозволяє вести записи, основні положення, визначення.
	2. Еталонна схема віртуального каналу в пакетній мережі..	35хв	Даю під запис за необхідністю визначений матеріал.
	3. Мінімальна, середня і максимальна затримки пакетів у віртуальному каналі та їх варіації.	35хв	Пояснюю слайди, що демонструються.
	4. Імовірність втрати пакетів та імовірність помилкових пакетів у віртуальному каналі..	35хв	За необхідності наводжу приклади з практики. Короткий висновок.
			Нагадую тему заняття її зміст (навчальні питання). Визначаю ступінь досягнення мети заняття.
	Заключна частина		
	Підведення підсумків та захист лабораторних робіт	35 хв	(Визначаю позитивні сторони заняття та загальні недоліки)
	Відповіді на запитання		Відповідаю на запитання студентів
	Завдання на самостійну підготовку	5 хв	Видаю завдання на самостійну підготовку
	Тема і місце наступного заняття		Оголошую тему, час і місце проведення заняття

\_\_\_\_\_  
 Доцент кафедри, к.т.н. Серих С.О.  
 (посада, науковий ступінь, вчене звання, підпис, ініціали, прізвище)

## Вступна частина

### **Дейтаграмна передача**

У мережах з комутацією пакетів сьогодні застосовується два класи механізмів передачі пакетів:

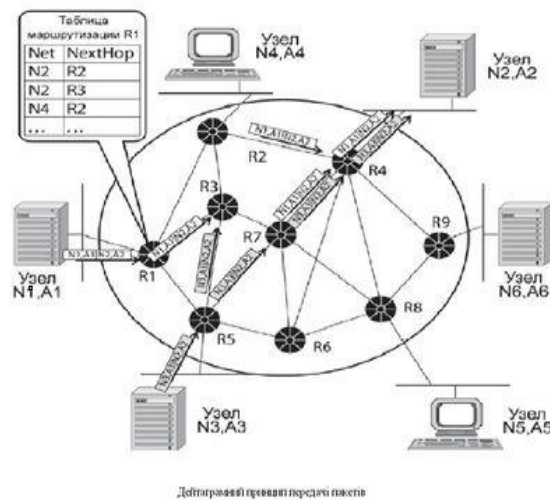
1. дейтаграмна передача;
2. віртуальні канали.

Прикладами мереж, що реалізують дейтаграмним механізм передачі, є мережі Ethernet, IP і IPX. За допомогою віртуальних каналів передають дані мережі X.25, frame relay і ATM. Спочатку ми розглянемо базові принципи дейтаграмного підходу.

Дейтаграмний спосіб передачі даних заснований на тому, що всі передані пакети обробляються незалежно один від одного, пакет за пакетом. Приналежність пакету до певного потоку між двома кінцевими вузлами і двома додатками, що працюють на цих вузлах, ніяк не враховується.

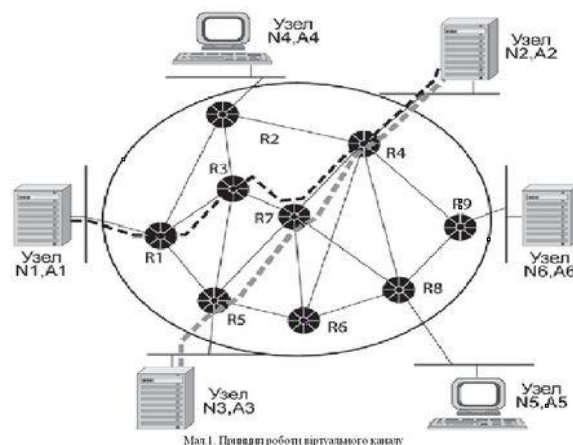
Вибір наступного вузла - наприклад, комутатора Ethernet або маршрутизатора IP / IPX - відбувається тільки на основі адреси вузла призначення, що міститься в заголовку пакета. Рішення про те, якому вузлу передати пакет, що прийшов, приймається на основі таблиці, яка містить набір адрес призначення та адресну інформацію, однозначно визначає наступний (транзитний чи кінцевий) вузол. Такі таблиці мають різні назви - наприклад, для мереж Ethernet вони зазвичай називаються таблиці просування (forwarding table), а для мережевих протоколів, таких як IP і IPX, - таблицями маршрутизації (routing table). Далі для простоти будемо користуватися терміном "таблиця маршрутизації" як узагальненої назви такого роду таблиць, використовуваних для дейтаграмним передачі на підставі тільки адреси призначення кінцевого вузла.

У таблиці маршрутизації для одного і того ж адреси призначення може мати декілька записів, що вказують, відповідно, на різні адреси наступного маршрутизатора. Такий підхід використовується для підвищення продуктивності і надійності мережі. У прикладі на рис. 6.1 пакети, що надходять в маршрутизатор R1 для вузла призначення з адресою N2, A2, з метою балансу навантаження розподіляються між двома наступними маршрутизаторами - R2 і R3, що знижує навантаження на кожен з них, а отже, зменшує черги і прискорює доставку. Деяка "розмитість" шляхів проходження пакетів з одним і тим же адресою призначення через мережу є прямим наслідком принципу незалежної обробки кожного пакета, властивого дейтаграмним протоколам. Пакунки що наступні за одним і тим же адресою призначення, можуть добиратися до нього різними шляхами і внаслідок зміни стану мережі, наприклад відмови проміжних маршрутизаторів.



Механізм віртуальних каналів (virtual circuit чи virtual channel) створює в мережі стійкі шляхи проходження трафіку через мережу з комутацією пакетів. Цей механізм враховує існування в мережі потоків даних.

Якщо метою є прокладка для всіх пакетів потоку єдиного шляху через мережу, то необхідним (але не завжди єдиним) ознакою такого потоку повинна бути наявність для всіх його пакетів спільних точок входу і виходу з мережі. Саме для передачі таких потоків в мережі створюються віртуальні канали. На малюнку 1 показаний фрагмент мережі, в якій прокладені два віртуальних каналу. Перший проходить від кінцевого вузла з адресою N1, A1 до кінцевого вузла з адресою N2, A2 через проміжні комутатори мережі R1, R3, R7 і R4. Другий забезпечує просування даних по шляху N3, A3 - R5 - R7 - R4 - N2, A2. Між двома кінцевими вузлами може бути прокладено кілька віртуальних каналів, як повністю збігаються щодо шляху прямуювання через транзитні вузли, так і відмінних.



Мережа тільки забезпечує можливість передачі трафіку уздовж віртуального каналу, а які саме потоки будуть передаватися по цих каналах, вирішують самі кінцеві вузли. Вузол може використовувати один і той же

віртуальний канал для передачі всіх потоків, які мають спільні з даними віртуальним каналом кінцеві точки, або ж тільки частини з них. Наприклад, для потоку реального часу можна використовувати один віртуальний канал, а для трафіку електронної пошти - інший. В останньому випадку різні віртуальні канали будуть висувати різні вимоги до якості обслуговування, і задовольнити їх буде простіше, ніж у тому випадку, коли по одному віртуальному каналу передається трафік з різними вимогами до параметрів QoS.

Важливою особливістю мереж з віртуальними каналами є використання локальних адрес пакетів при ухваленні рішення про передачу. Замість досить довгого адреси вузла призначення (його довжина повинна дозволити унікально ідентифікувати всі вузли і підмережі в мережі, наприклад технологія ATM оперує адресами довжиною в 20 байт) застосовується локальна, тобто змінюється від вузла до вузла, мітка, якою позначаються всі пакети, що переміщуються по певному віртуальному каналу. Ця позначка в різних технологіях називається по-різному: в технології X.25 - номер логічного каналу (Logical Channel number, LCN), в технології frame relay - ідентифікатор з'єднання рівня каналу даних (Data Link Connection Identifier, DLCI), в технології ATM - ідентифікатор віртуального каналу (Virtual Channel Identifier, VCI). Однак призначення її скрізь однаково - проміжний вузол, званий в цих технологіях комутатором, читає значення мітки з заголовка пакету, що прийшов і переглядає свою таблицю комутації, в якій вказується, на який вихідний порт потрібно передати пакет. Таблиця комутації містить записи тільки про проходять через даний комутатор віртуальних каналів, а не про всі наявні в мережі вузлах (або підмережах, якщо застосовується ієрархічний спосіб адресації). Зазвичай у великій мережі кількість прокладених через вузол віртуальних каналів істотно менше кількості вузлів і підмереж, тому за розмірами таблиця комутації набагато менше таблиці маршрутизації, а, отже, перегляд займає набагато менше часу і не вимагає від комутатора великої обчислювальної потужності.

Ідентифікатор віртуального каналу (саме таку назву мітки буде використовуватися далі) також набагато коротше адреси кінцевого вузла (з тієї ж причини), тому і надмірність заголовка пакета, який тепер не містить довгого адреси, а переносить по мережі тільки ідентифікатор, істотно менше.

## **Оцінка основних параметрів віртуального пакетного каналу**

Різниця метода комутації пакетів (КП) від метода комутації каналів (КК) є невизначеність пропускної здібності з'єднання між двома абонентами. У методі КК після виникнення поставного каналу пропускна здібність мережі при передачі даних між кінцевими вузлами визначена – це пропускна здібність каналу. Дані після затримки, пов'язаної з встановленням каналу починають передаватися на максимальній для каналу швидкості. Час передачі повідомлення у мережі з КК  $T_{KK}$  дорівнює сумі затримки розповсюдження сигналу по лінії зв'язку  $t_{zp}$  і затримки передачі повідомлення  $t_{zn}$  (рис.1)

Для мережі з КП наглядаємо іншу картину. Процедура встановлення з'єднання в цих мережах займає такий же час, як і в мережах з КК, тому будемо розглядати тільки час передачі даних.

Вважаємо, що у мережу передається повідомлення що й у мережі з КК (рис 1), але воно поділено на пакети, кожний з яких має заголовок. Час передачі будемо позначати  $T_{КП}$  (рис.2). При передачі цього повідомлення поділеного на пакети, по мережі КП виникають додаткові часові затримки.

По перше, це затримки у джерелі передачі, яке крім на передачу повідомлення, витрачає час на передачу заголовків  $t_{nz}$ , плюс до цього додаються затримки  $t_{int}$ , які викликані інтервалами між передачею кожного наступного пакету (цей час йде на формування наступного стеку протоколів).

По друге, додатковий час витрачається у кожному комутаторі. Тут затримки складаються з часу буферизації пакету  $t_{bn}$  (комутатор не почати передачу пакета, не прийнявши його повністю у свій буфер) і часу комутації  $t_k$ .

Час буферизації дорівнює часу прийому пакету з бітовою швидкістю протоколу. Час комутації затримки складається з очікування пакета у черзі і часу переходу пакета у вихідний порт.

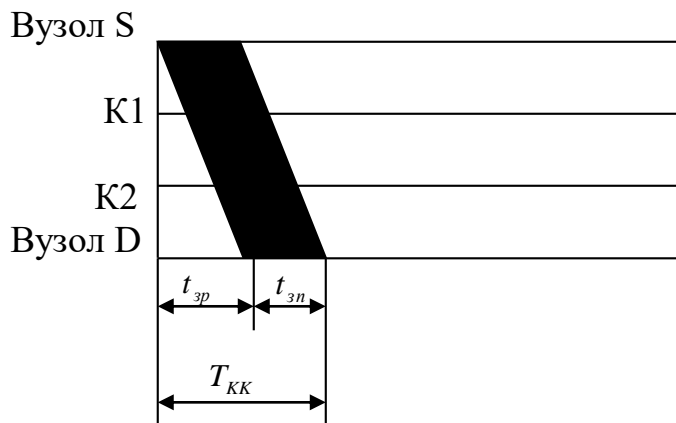


Рис.1

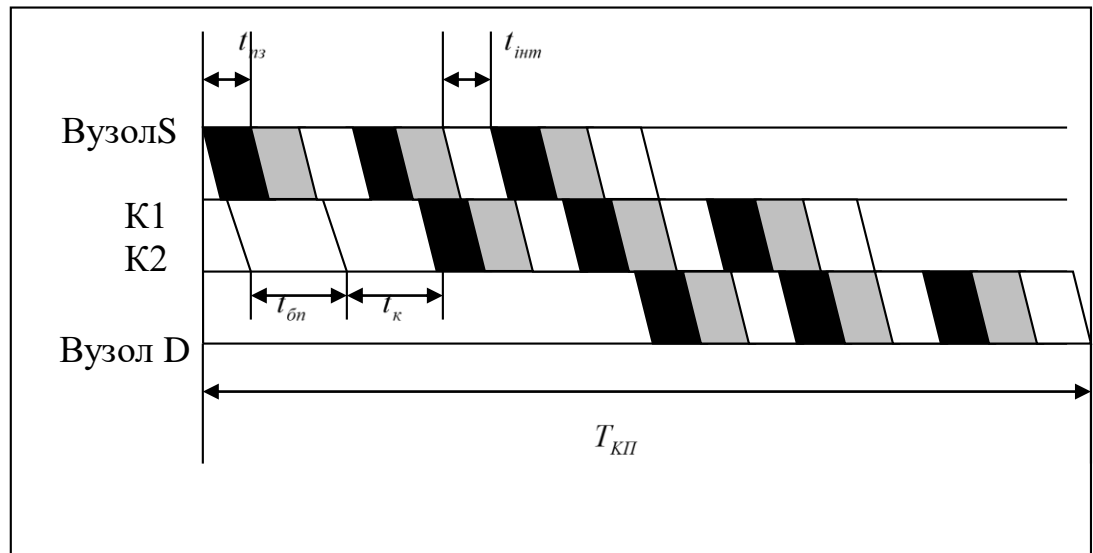


Рис.2

### Віртуальні з'єднання та дейтаграми

Інформаційна взаємодія між абонентами мереж пакетної передачі може відбуватися за допомогою встановлення постійних (Permanent Virtual Circuit - PVC) або тимчасових (Switched Virtual Circuit - SVC) віртуальних з'єднань, а також у режимі передача дейтаграм.

Перший тип постійне логічне з'єднання (рис.3а) між двома визначеними термінальними пристроями, яке дозволяє будь-якій парі абонентів обмінюватися даними в будь-який момент без необхідності попереднього встановлення з'єднання (при готовності двох нижніх рівнів - фізичного і канального). У деякому розумінні такий канал подібний до виділеного (закріпленого) каналу зв'язку двопунктової схеми взаємодії між абонентами.

Постійний віртуальний ланцюг аналогічний орендованій лінії телефонної мережі: передавальному КУД гарантовано з'єднання з приймальним КУД у пакетній мережі (рис.3а). Стандарт X.25 вимагає створення віртуального ланцюга до початку сесії. Отже, має бути досягнута згода між двома користувачами й адміністрацією мережі відносно створення постійного віртуального з'єднання.

Другий тип – тимчасове віртуальне з'єднання (рис.3б) – встановлюється на термін інформаційного контакту між двома термінальними пристроями і по завершенні його ліквідується. В існуючих мережах обміну даними (мережі комутації пакетів) тимчасове віртуальне з'єднання є найпоширенішим типом логічного з'єднання між абонентами, бо забезпечує найбільш ефективне використання номінальної пропускної здатності мережа.

Механізм віртуальних з'єднань дає змогу передавати пакети, які відповідають певному логічному з'єднанню, за фіксованим маршрутом. Маршрут для кожного віртуального з'єднання визначаються на етапі встановлення з'єднання і не змінюється в процесі сеансу зв'язку. З одного боку - це перевага, тому що немає необхідності вибирати маршрут передачі для

кожного пакета. З іншого - недолік, оскільки відсутня адаптація встановленого з'єднання до зміни ситуації в мережі. Цей недолік виявляється тим суттєвішим, чим довший сеанс передачі.

Нагадує деякі з процедур, пов'язані з телефонними лініями, у яких здійснюється набір номера. Процес зображено на рис. 3б. Вихідний КУД посилає пакет запиту на виклик мережі, маючи номер логічного каналу11. Мережа спрямовує пакет запиту на виклик як вхідний пакет виклику з вузла мережі з НЛК з номером 16.

Логічна нумерація каналу виконана на кожному кінці мережі. Головною вимогою є те, що специфічні сесії між КУД кожного разу повинні ідентифікуватись НЛК11 і НЛК16. Логічні канали специфічно ідентифікують сеанси різних користувачів для кожного фізичного ланцюга на кожному кінці ланцюга. У самій мережі проміжні вузли комутації пакетів також можуть виконувати власну нумерацію логічних каналів. Коли приймальні КУД розпізнали і прийняли запит на виклик, вони посилають у мережу пакет прийому виклику. Мережа передає цей пакет на вимогу КУД у формі пакета з'єднання виклику. Канал переходить у стан передавання даних після того, як зв'язок установлено.

Для завершення сеансу будь-який КУД посилає запит на очищення. Він сприймається як показник очищення і підтверджується пакетом підтвердження очищення.

Дейтаграмна передача (рис.3в) заснована на повній незалежності (автономності) кожного пакета (навіть якщо вони є частинами одного повідомлення) і доставляння їх до одержувача в загальному випадку за різними маршрутами, які визначаються сформованою динамічною ситуацією в мережі.

Концепція віртуальних з'єднань передбачає попереднє встановлення маршруту передачі всього повідомлення від відправника до одержувача за допомогою спеціального службового пакета - запиту на з'єднання. Для цього пакета вибирається маршрут, який у випадку згоди одержувача на з'єднання закріплюється на весь наступний трафік й одержує номер відповідного віртуального каналу (з'єднання), щоб використовувати його іншими пакетами того ж повідомлення, переданими за тією ж адресою. Режим дейтаграм є видом обслуговування без з'єднань. У цьому режимі послідовність проходження пакетів може бути порушена, тобто послідовність прийому пакетів не збігається з послідовністю їх передавання. Режим дейтаграм застосовується рідко через те, що не забезпечується наскрізна цілісність і з міркувань безпеки даних.

Пакети, що передаються по одному віртуальному з'єднанню, не є незалежними і тому мають скорочений заголовок, що містить порядковий номер пакета в складі одного повідомлення (діалогу).

Перевага режиму віртуальних з'єднань перед режимом дейтаграмної передачі полягає в забезпеченні визначеної послідовності проходження пакетів, які надходять на адресу одержувача, а також у порівнянній простоті керування потоком даних уздовж маршруту з метою обмеження навантаження в мережі та забезпечення можливості попереднього резервування ресурсів



пам'яті на вузлах комутації на даному маршруті.

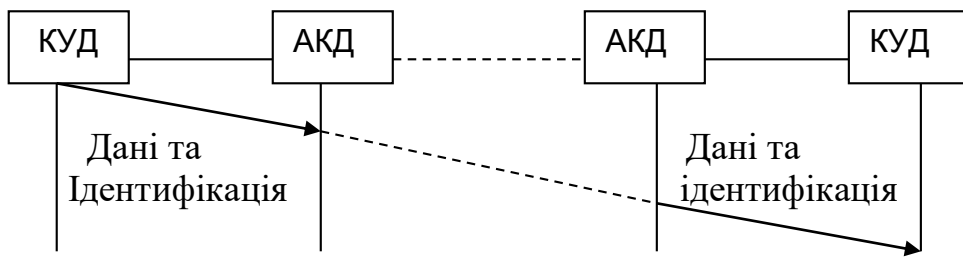


Рис. 3а

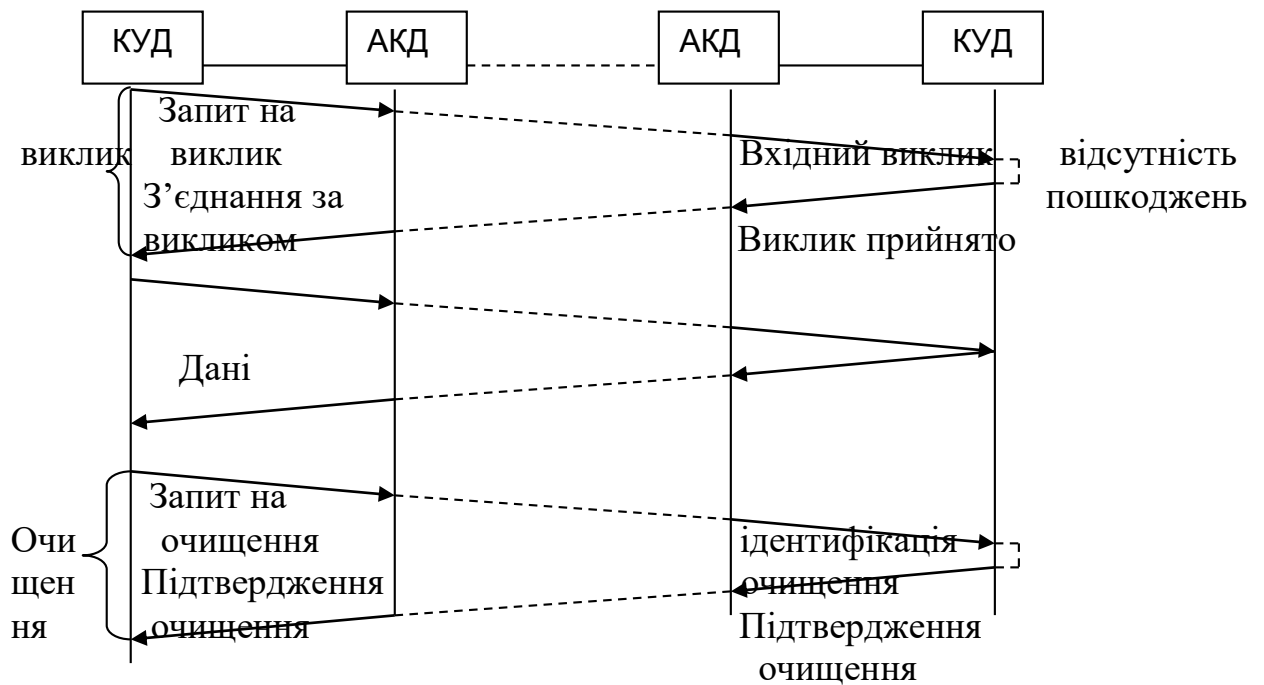


Рис. 3б

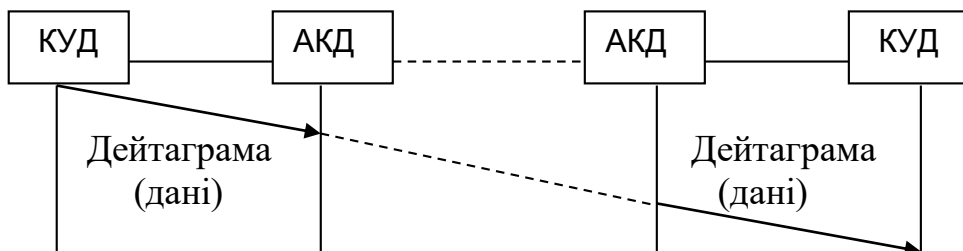


Рис. 3в

### Контрольні запитання

1. Яка різниця між КК та КП.
2. Пояснити діаграму КК.
3. Пояснити діаграму КП.

4. Які існують віртуальні з'єднання та поясніть як вони працюють.
5. Що таке дейтагромне з'єднання.

### **Використана література:**

1. Методичні вказівки для студентів денної та заочної форми навчання на лабораторне завдання;
2. -ДСТУ 34.601. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Автоматизовані системи. Стадії створення;
3. -ДСТУ 34.602. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Технічне завдання на створення автоматизованої системи.
4. Гніденко М.П., Вишнівський В.В., Серих С.О., Зінченко О.В., Прокопов С.В. Конвергентна мережна інфраструктура. – Навчальний посібник. – Київ: ДУТ, 2019. – 179 с.
5. Гніденко М.П. Налаштування конвергентних комп'ютерних мереж (на англійській мові). – Лабораторний практикум – Київ: ДУТ, 2020. – 154 с.
6. Серих С.А., Гайдур Г.І. Методичні вказівки по курсовому проекту з дисципліни "Телекомунікаційні та інформаційні мережі" – Київ, 2006. – 17 с.

Методичну розробку склав  
Доцент кафедри КН

\_\_\_\_\_ С.О.Серих  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019\_р.