

средство
забез-
печивает
сети
и
коды,
управляе

Получая
 3) Выходит новый процес. передачи
 данных в соответствии с каналом, враща-
 ем. терминами. Выходит за дополнитель-
 ную процедуру HDLC, передача в блоках
 блоками из 16 кадров. Кадр с
 номером 7 прикето с номером.

1. \checkmark

01111110	Адреса	11	N: = встан. ретран.
----------	--------	----	---------------------

и Норм. выдв. с размер. N показав, P/F CRC 01111110 CC

2.

01111110	Адреса	11	N: = 4A	P/F	CRC	01111110	CC
----------	--------	----	---------	-----	-----	----------	----

2.

71

01111110	Адреса	0	N(S): = 1, P/F, N(R): = 2	Дан 1	CRC	01111110
----------	--------	---	---------------------------	-------	-----	----------

72

-11-	-11-	-11-	2 -11-	3	Дан 2	CRC	-11-
------	------	------	--------	---	-------	-----	------

716

01111110	Адреса	0	N(S): = 16, P/F, N(R): = 17	Дан 16	CRC	F	CC
----------	--------	---	-----------------------------	--------	-----	---	----

суперфрейм 1 Byte

77

01111110	Адреса	10	S: = RNR, P/F, N(R): = 7	CRC	F	CC
----------	--------	----	--------------------------	-----	---	----

Смущ все OK, S: = RR, N(R): = 17

V- кадр)
 нумеровані

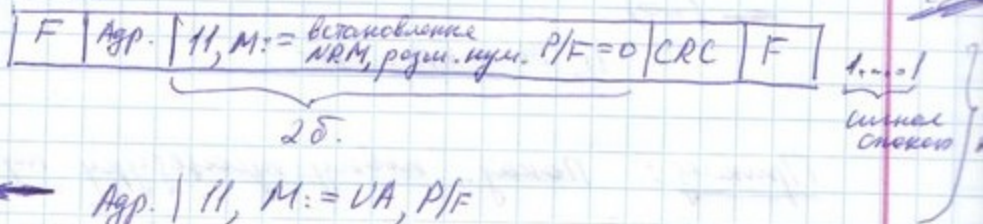
← RD (визв. ст.)
 → UA

ування (SAW)

Приклад: Показати повну процедуру передачі даних в натівдуплексному режимі, в режимі норм. відновл. за доп. протоколу HDLC.
 Передача викон. блоками з 10 кадрів.
 При передачі 5-го кадру виникла помилка

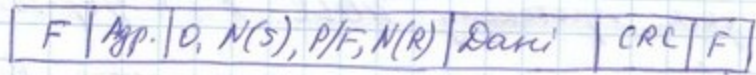
I3 I4 I5 I6 ...
 ↓ ACK

1. →

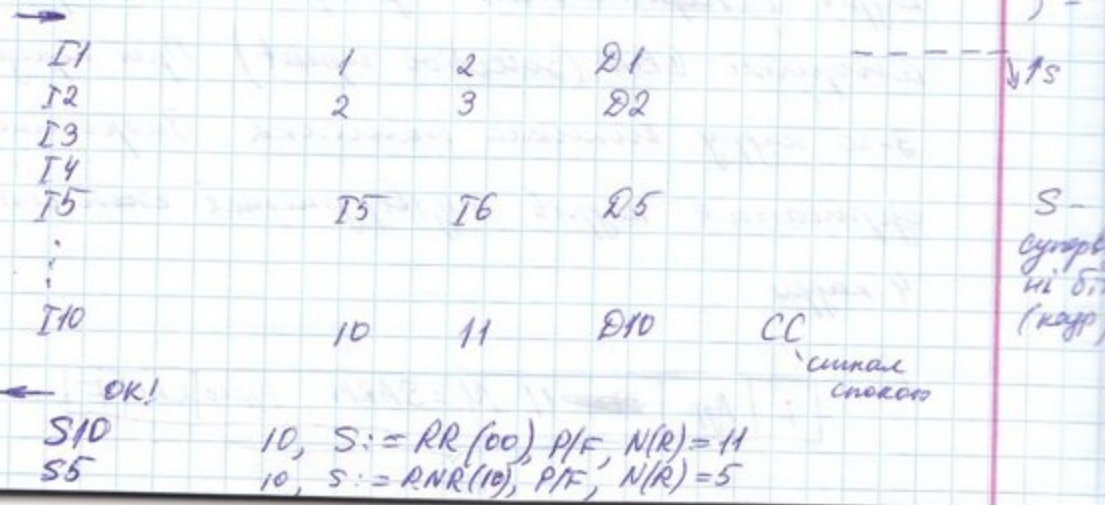


N кадрів (GBN)

2.



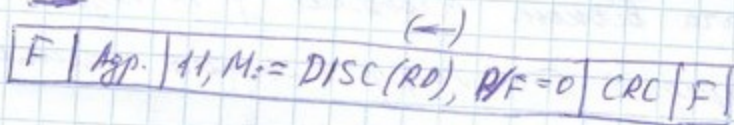
режим (SR)



I5
 I6
 I7
 I8
 I9
 :
 I14

→ I1
 I2
 I3
 I4
 I5
 I6
 I7
 I8
 I9
 :

3.

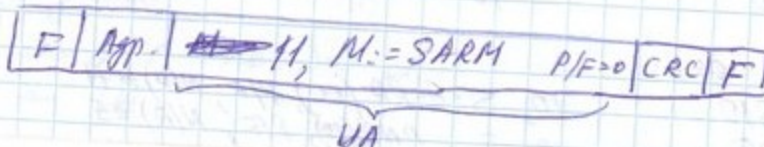


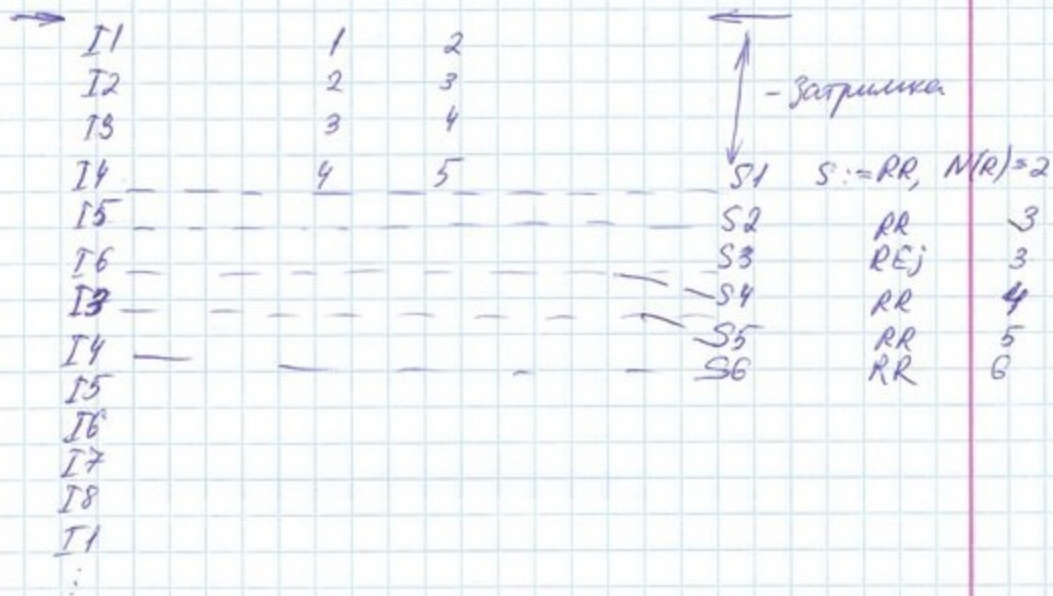
← (→)

H, M := VA, P/F =

Приклад: Покаж. повну процедуру передачі даних в дупл. рет. при асинхр. відновленні за доп. протоколу HDLC. Для упр-ня потіку кадрів з нормальною нумерацією викорст. алгоритм GBN (selective repeat). При передачі 3-го кадру виникла помилка. Затримка одержання кадрів підтвердження становить 4 кадри.

1.





у передачі
 мур. відповіди
 тр-не тяжко
 вкорист.
 При передачі
 Затримка
 е становить



Протокол HDLC

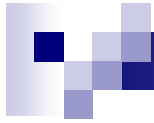
В процесі взаємодії станції можуть знаходитись в одному з трьох логічних станів:

- ініціалізації **IS** (Initialization State);
- передачі інформації **ITS** (Information Transfer State);
- логічного роз'єднання **LDS** (Logical Disconnect State).

Ініціалізація (з'єднання) використовується для передачі команд управління на віддалену вторинну або комбіновану станцію, а також для обміну параметрами між віддаленими станціями в каналі передачі.

При *передачі інформації* станції будь-якого статусу головна, вторинні або комбіновані) виконують передачу та прийом інформації користувача. При цьому передача здійснюється в режимах NRM, ARM і ABM.

Реалізація *логічного роз'єднання* полягає в видачі запиту на роз'єднання і отриманні підтвердження цього роз'єднання.



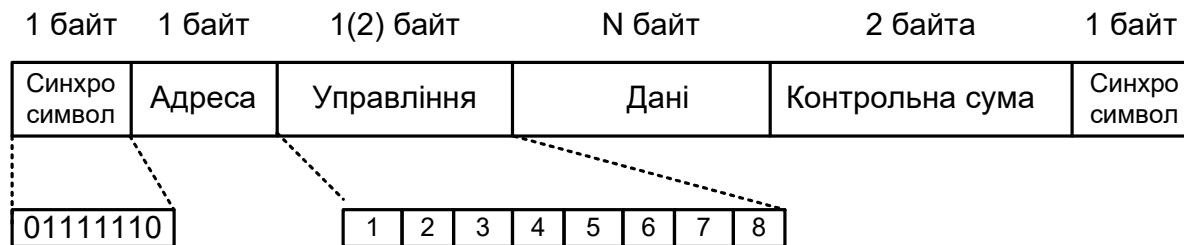
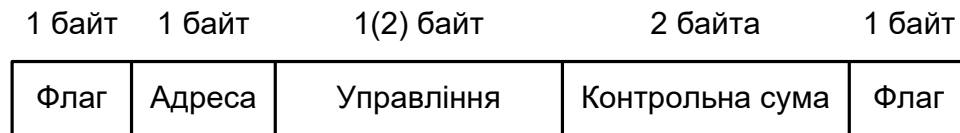
Протокол HDLC

У протоколі HDLC передбачено **три способи конфігурування** каналу при його використанні первинною, вторинною або комбінованою станціями:

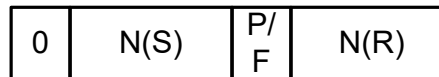
- незбалансована конфігурація **UN** (Unbalanced Normal);
- симетрична конфігурація **UA** (Unbalanced Asynchronous);
- збалансована конфігурація **BA** (Balanced Asynchronous).

Протокол HDLC

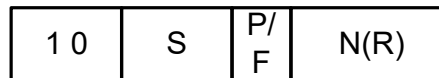
Формат кадру



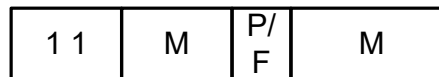
I – кадр
Інформаційний кадр



S – кадр
Супервізорний кадр



U – кадр
Ненумерований кадр



Протокол HDLC

Формат кадру при розширеній нумерації кадрів





Типи кадрів протоколу HDLC

Інформаційний та супервізорні кадри

Найменування	Мнемо-ніка	Код поля S	Функція
Інформаційний кадр	I		K/B
Супервізорні кадри			
Готовність до прийому RR (Receive Ready)	RR	00	K/B
Неготовність до прийому RNR (Receive Not Ready)	RNR	10	K/B
Відмова від прийому REJ (Reject)	REJ	01	K/B
Вибіркова відмова від прийому SREJ (Selective Reject)	SREJ	11	K/B

Типи кадрів протоколу HDLC

Найменування	Мнемоніка	Код поля М	Функція
Ненумеровані кадри			
Ненумерована інформація	UI	00000	к/в
Установка нормального відгуку (Set Normal Regime Mode)	SNRM	00001	К
Розрив з'єднання, роз'єднання (Disconnect)	DISC	00010	К
Запит роз'єднання (Request Disconnect)	RD	00011	В
Ненумерований запит передачі, опитування (Unnumbered Poll)	UP	00100	К
Ненумероване підтвердження (Unnumbered Acknowledgment)	UA	00110	В
Тестування системи передачі даних	TEST	00111	В
Установка режиму ініціалізації (Set Initialization Mode)	SIM	10000	К
Запит режиму ініціалізації (Request Initialization Mode)	RIM	10000	В
Відмова від кадру (Frame Reject)	FRMR	10001	К/В
Установка режиму асинхронного відгуку (Set Asynchronous Regime Mode)	SARM	11000	К
Перезапуск	RSET	11001	К
Установка з SARM розширеною нумерацією	SARME	11010	К
Установка з SNRM розширеною нумерацією	SNRME	11011	К
Установка асинхронного збалансованого режиму	SAMB	11100	К
Обмін ідентифікаторами (Exchange Identifier)	XID	11101	К/В
Установка з розширеною нумерацією	SAMBE	11110	К
Ініціалізація режиму логічного роз'єднання (Disconnect Mode)	DM	11000	40 В



Протокол HDLC

Для синхронізації взаємодії станцій каналу визначено декілька **службових сигналів**:

- аварійного завершення;
- спокою;
- міжкадрового часового заповнення.

Сигнал аварійного завершення (A3) складається з послідовності одиниць, кількість яких від семи до чотирнадцяти, і записується в кінці кадру. Станція передає цей сигнал при виникненні нештатної ситуації, яка вимагає відновлення. За сигналом A3 можуть передаватися синхросигнали для підтримки каналу в активному стані.



Протокол HDLC

Сигнал спокою (СС) означає, що канал перебуває в стані спокою, представляє собою послідовність п'ятнадцяти або більшої кількості одиниць і також записується в кінці кадру. Найчастіше використовується в напівдуплексному каналі для зміни напрямку передачі на протилежне. Сигнал спокою вимагає від віддаленої станції переналаштування вихідного інтерфейсу і видачі відповідного реакції на прийнятий кадр.

Для підтримки каналу в активному стані між кадрами передається безперервна послідовність байтів синхросимволів, яка називається сигналом *міжкадрового часового заповнення*. Ця послідовність передачі може бути як побайтною передачею синхросимволів, так і з об'єднанням останнього нульового біта попереднього синхросимволу з першим нульовим бітом поточного синхросимволу. Тобто в каналі можу передаватися як послідовність 011111100111111001111110, так і 0111111011111101111110.

Протокол HDLC

Процедура біт-стафінгу

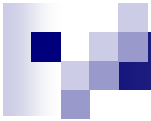
Вихідний кадр

0111111001111111111101001111100011011111101111110
синхросимвол синхросимвол

Послідовність, яка передається в каналі

01111110011111 0 11111 0 01001111 0 0001101111 0 101111110
синхросимвол синхросимвол

0 - біти, які вставлені в послідовність передачі (біт-стафінг)



Процедури передачі даних в інформаційному каналі за допомогою протоколу HDLC

Процедура з'єднання

Головна станція задає режим роботи каналу за допомогою формування відповідного нумерованого кадру:

- **SNRM, SARM, SABM** – для нормальної нумерації кадрів;
- **SNRME, SARME, SABME** – для розширеної нумерації.

Після відправки в канал цього кадру запускається процедура тайм-ауту, до закінчення якої необхідно отримати відповідь від вторинної станції. Якщо цього не сталося, головна станція повторно відправляє команду в канал. Кількість цих повторів задається і зазвичай дорівнює трьом. Якщо і після цього немає відповіді від вторинної станції, головна станція переходить в режим тестування каналу.

Вторинна станція в разі неготовності до взаємодії відповідає нумерованим кадрами *Запит роз'єднання* **RD**, а в разі готовності – кадрами *Ненумероване підтвердження* **UA**. Прийом цього кадру завершує процедуру установки режиму та ініціалізації каналу.



Процедури передачі даних в інформаційному каналі за допомогою протоколу HDLC

Процедура передачі даних

Після встановлення з'єднання станція-відправник передає дані за допомогою інформаційних **I-кадрів**, які вимагають перевірки коректності їх передачі та підтвердження прийому від віддаленої станції.

При необхідності передачі інформаційного потоку іноді використовують кадри *Ненумерована інформація UI*, які містять інформацію користувача, але на відміну від прийому I-кадрів, не можуть бути повторені при їх пошкодженні або втраті.

При передачі інформаційних кадрів вказується його порядковий номер $N(S)$ и номер кадру $N(R)$, який станція готова відправити в наступному циклі. *Копії відправлених кадрів обов'язково повинні зберігатися в вихідному буфері станції-відправника до отримання позитивного підтвердження від станції-отримувача*, яка перевіряє отриманий кадр на наявність помилок за допомогою циклічного коду.



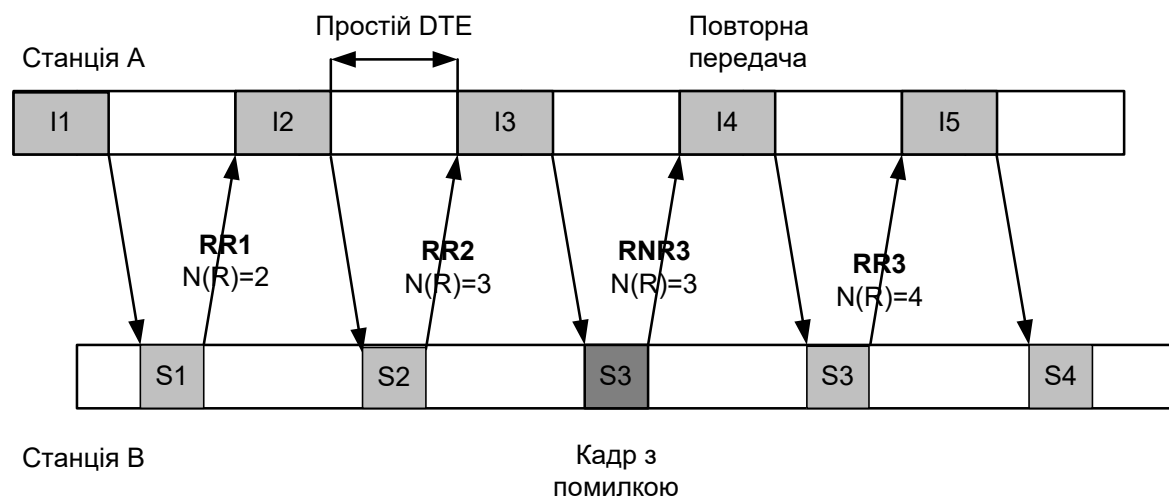
Процедури передачі даних в інформаційному каналі за допомогою протоколу HDLC

Кадр, прийнятий без помилок, передається для подальшої обробки на третій, мережний рівень. Якщо помилки, які виникли при передачі, не можуть бути виправлені наявними ресурсами, ініціюється його повторна передача. Існує декілька алгоритмів управління передачею на канальному рівні:

- зупинки та очікування **SAW (Stop (Send) And Wait)**:
 - блокова (передача n кадрів та їх підтвердження);
- з поверненням на N кадрів **GBN(Go-Back-N)**;
- вибіркового повторення **SR (Selective Repeat)**.

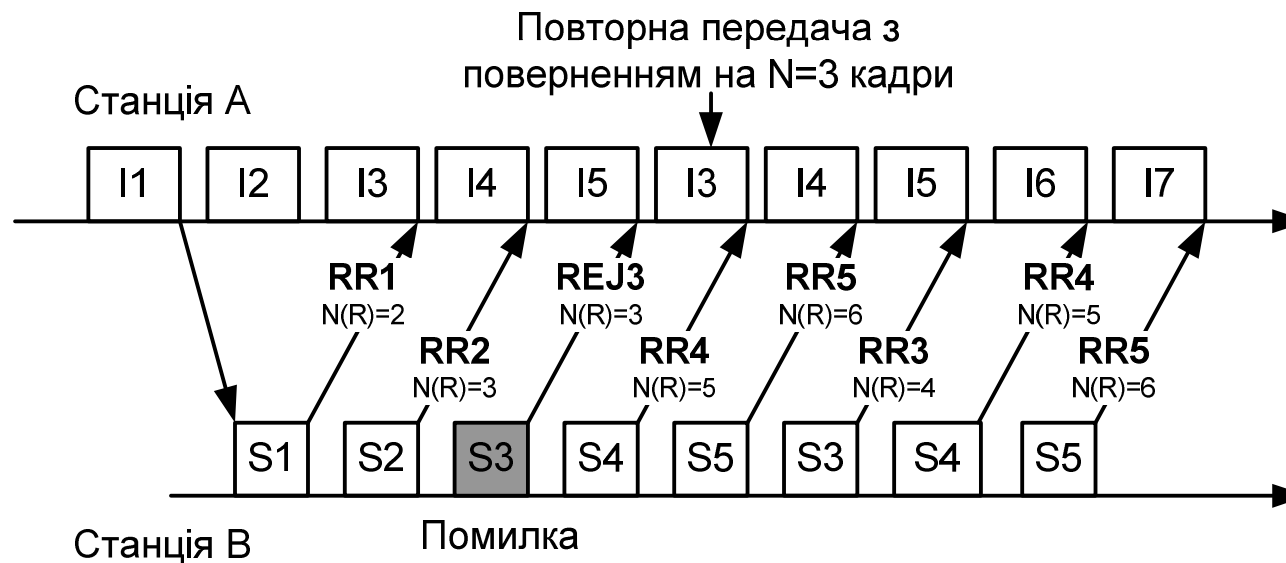
Процедури передачі даних в інформаційному каналі за допомогою протоколу HDLC

Процедура з зупинками та очікуванням SAW



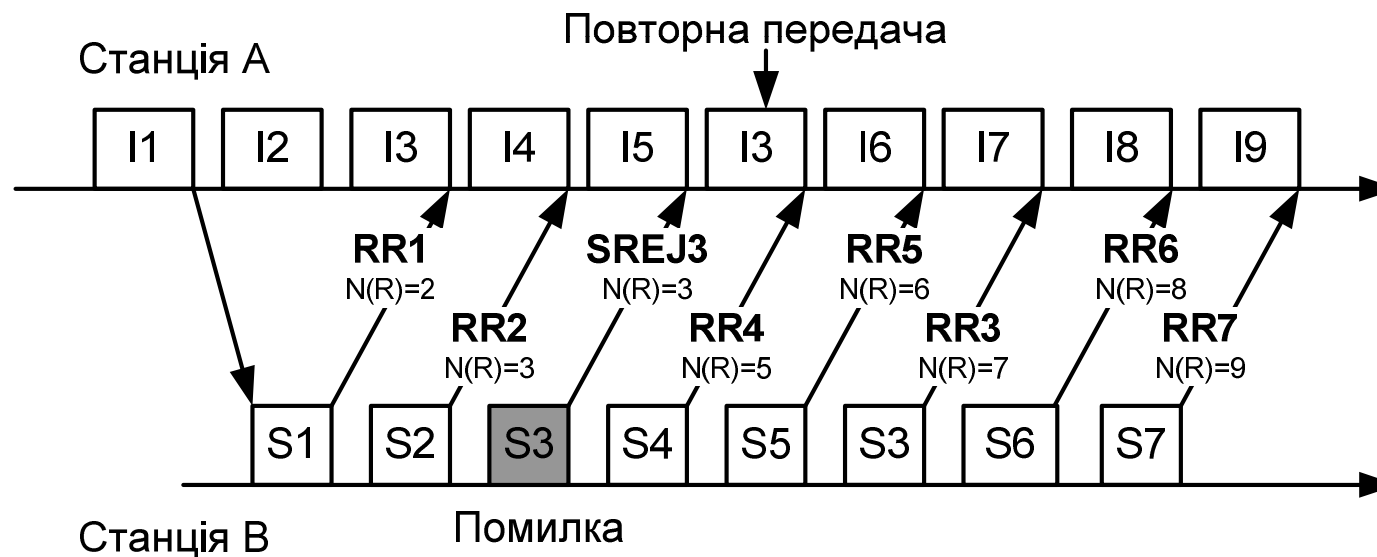
Процедури передачі даних в інформаційному каналі за допомогою протоколу HDLC

Процедура з поверненням на N кадрів GBN



Процедури передачі даних в інформаційному каналі за допомогою протоколу HDLC

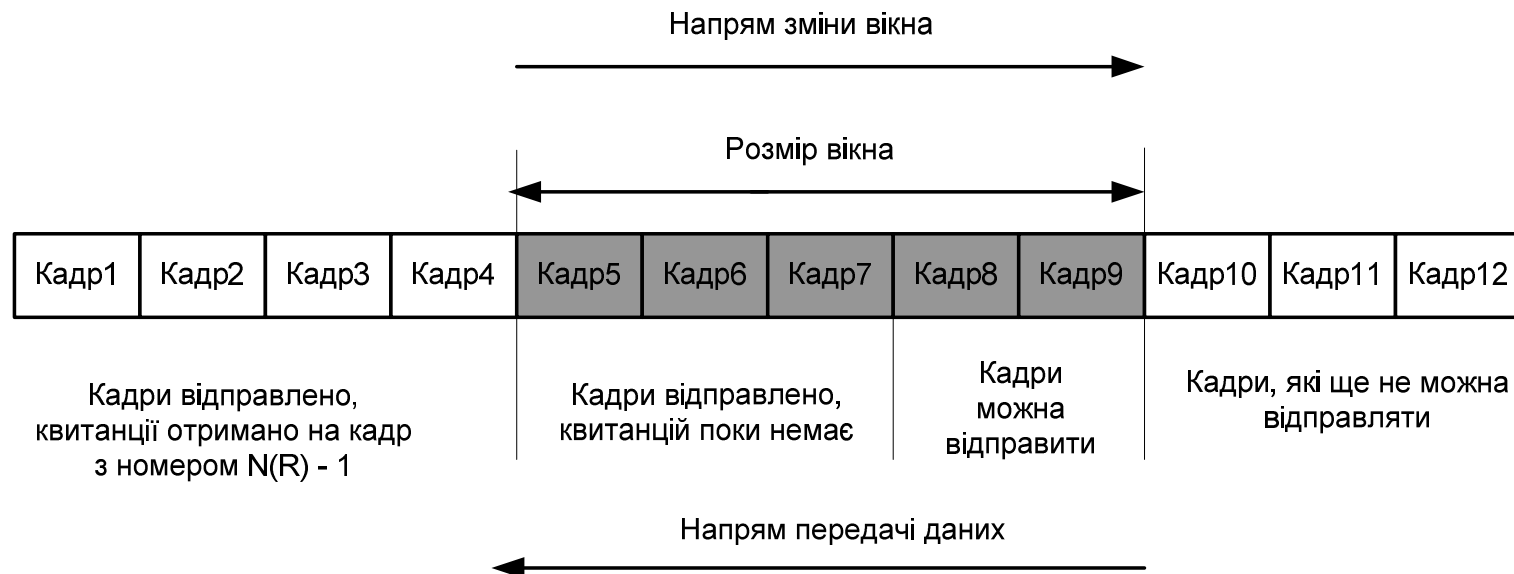
Алгоритм вибіркового повторення SR



Процедури передачі даних в інформаційному каналі за допомогою протоколу HDLC

Алгоритм плаваючого вікна (sliding window)

Розмір вікна встановлюється з урахуванням об'єму пам'яті вхідного і вихідного буферів взаємодіючих станцій, а також способу нумерації кадрів (для нормальної нумерації – максимум 8 кадрів, для розширеної – максимум 128 кадрів).





Процедури передачі даних в інформаційному каналі за допомогою протоколу HDLC

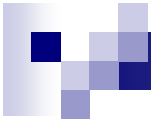
Всі кадри потоку, для яких ще не отримано підтвердження, потрібно зберігати в вихідному буфері, тому розмір вікна не слід встановлювати занадто великим.

При використанні алгоритму плаваючого вікна ефективність передачі даних між взаємодіючими станціями суттєво залежить:

- від розміру вікна;
- від значення тайм-ауту очікування квитанції від віддаленої станції.

Тому при використанні в мережі **надійних** каналів зв'язку для підвищення пропускної спроможності мережі розмір вікна необхідно збільшувати, що призведе до зменшення пауз між відправленими кадрами.

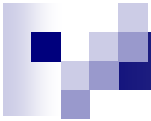
Якщо в мережі використовуються переважно **ненадійні** канали зв'язку, розмір вікна необхідно зменшувати, оскільки часті пошкодження та втрати кадрів призводять до різкого збільшення кількості кадрів, які необхідно повторно передавати в мережу, що в свою чергу призведе до зменшення загальної корисної пропускної спроможності мережі.



Процедури передачі даних в інформаційному каналі за допомогою протоколу HDLC

Вибір тайм-ауту залежить не стільки від надійності каналів зв'язку і модулів мережі, скільки від затримок передачі кадрів в мережі, які залежать від багатьох причин і постійно змінюються. Тому при використанні алгоритму плаваючого вікна значення тайм-ауту і розміру вікна обираються адаптивно, залежно від поточного стану мережі.

Аналогічний алгоритм управління використовується і протоколом ТСР з єдиною відмінністю: розмір вікна вираховується не в кількості кадрів, а в кількості байтів, які можуть бути передані без підтвердження.



Процедури передачі даних в інформаційному каналі за допомогою протоколу HDLC

Процедура роз'єднання

Для роз'єднання каналу зв'язку, створеного між взаємодіючими станціями, *головна* станція формує і видає в канал команду *Роз'єднання DISC*, яка підтверджується відповіддю *Ненумероване підтвердження UA*.

Запит на роз'єднання може формуватися і з боку *вторинної* станції видачею кадру *Запит роз'єднання RD*, який також підтверджується кадром *UA*.



Сімейство протоколів HDLC

LLC (*Logical Link Control*) – протоколи управління логічним каналом для локальних мереж;

PPP (*Point-to-Point Protocol*) – сукупність протоколів, яка включає:

- протокол управління зв'язком **LCP** (Link Control Protocol),
- протокол управління мережею **NCP** (Network Control Protocol),
- протоколи аутентифікації **PAP** (Password Authentication Protocol), **CHAP** (Challenge Handshake Authentication Protocol),
- багатоканальний протокол **MLPPP** (Multilink PPP);

модифікації протоколу PPP:

- **PPPoE (*Point-to-Point Protocol over Ethernet*)**, який використовується при підключенні до мережі Ethernet,
- **PPPoA (*Point-to-Point Protocol over ATM*)**, який використовується для підключення до мереж з асинхронним доступом АТМ тощо;



Сімейство протоколів HDLC

LAP (*Link Access Procedure*) – процедура доступу до каналу є однією з перших і використовувалась в каналах з асинхронною відповіддю та збалансованою конфігурацією;

LAPB (*Link Access Procedure Balance*) – застосовується в мережах X.25;

LAPD (*Link Access Procedure D-channel*) – застосовується в цифрових мережах з інтегральним доступом ISDN (Integrated Services Digital Network);

V.120 – застосовується в цифрових мережах з інтегральним доступом ISDN;

LAPM (*Link Access Procedure for Modems*) – протокол синхронної передачі в комутованих телефонних мережах загального використання PSTN (Public Switched Telephone Network);

LAPX (*Link Access Procedure eXtention*) – напівдуплексний варіант HDLC використовується в термінальних системах і стандарті TELETEX;

SDLC (*Synchronous Data-Link Control*), розроблений IBM для мереж SNA (Systems Network Architecture);

LAPF – протокол канального рівня для мереж Frame Relay.