

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ
ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

Кафедра транспортного зв'язку

**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»***

Частина 1

Харків – 2022

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри транспортного зв'язку 11 липня 2022 р., протокол № 12.

Навчальний матеріал, поданий у методичних вказівках, відповідає програмі дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті» та «Комп'ютерні мережі», що викладаються на кафедрі транспортного зв'язку Українського державного університету залізничного транспорту.

Методичні вказівки призначено для проведення практичних занять і самостійної роботи з дисципліни «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка та дисципліни «Комп'ютерні мережі» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 126 Інформаційні системи та технології.

Укладачі:

старш. викл. С. В. Індик,
доценти О. С. Жученко,
В. П. Лисечко

Рецензент

доц. Л. А. Клименко

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Базові співвідношення між часом доставки, об'ємом і швидкістю передавання інформації.....	5
1.1 Приклади розв'язання основних типів задач.....	5
1.2 Задачі для самостійного розв'язання.....	9
2 Принципи розділення каналів зв'язку.....	13
2.1 Приклади розв'язання основних типів задач.....	13
2.2 Задачі для самостійного розв'язання.....	18
3 Методи повторного передавання інформації.....	22
3.1 Приклади розв'язання основних типів задач.....	22
3.2 Задачі для самостійного розв'язання.....	25
4 Розрахунок мінімальної та максимальної швидкості передавання інформації кадрами змінної довжини.....	27
4.1 Приклади розв'язання основних типів задач.....	27
4.2 Задачі для самостійного розв'язання.....	31
5 Оцінювання необхідної продуктивності комутатора Ethernet...	33
5.1 Приклади розв'язання основних типів задач.....	33
5.2 Задачі для самостійного розв'язання.....	37
Список літератури.....	43

ВСТУП

З метою закріплення теоретичного матеріалу, що викладається в рамках дисциплін «Телекомунікаційні та інформаційні мережі на залізничному транспорті» та «Комп'ютерні мережі» у методичних вказівках викладено методику розв'язання основних типів задач і контрольні задачі для розв'язання як на практичних заняттях, так і самостійно.

Наведені задачі також можуть бути використані при проведенні поточного контролю знань здобувачів, модульного контролю, при виконанні розрахунково-графічних робіт, курсовому проектуванні та на іспиті або заліку.

У методичних вказівках розглянуто задачі, пов'язані з базовими співвідношеннями між часом доставки, об'ємом і швидкістю передавання інформації, принципами розділення каналів зв'язку, методами повторного передавання інформації, розрахунком мінімальної та максимальної швидкості передавання інформації кадрами змінної довжини та оцінюванням необхідної продуктивності комутатора Ethernet.

Методика розрахунків, отримана при розв'язанні задач, сприяє більш якісному засвоєнню теоретичних знань і вдосконаленню практичних навичок у рамках зазначених дисциплін.

1 БАЗОВІ СПІВВІДНОШЕННЯ МІЖ ЧАСОМ ДОСТАВКИ, ОБ'ЄМОМ І ШВИДКІСТЮ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Приклади розв'язання основних типів задач

Приклад 1.1. Розрахувати швидкість передавання інформації, якщо за 10 с був переданий об'єм інформації 5 Мбайт.

Розв'язання

Об'єм інформації переводимо в біти, спочатку послідовно переводимо в кілобайти, перемножуючи на 1024, потім у байти, також перемножуючи на 1024. Для переведення з байтів у біти потрібно перемножити результат, отриманий на попередньому кроці, на 8.

$$V = 5 \cdot 1024 \cdot 1024 \cdot 8 = 41,943 \cdot 10^6 \text{ біт.}$$

Далі обчислюємо швидкість передавання інформації:

$$R = \frac{V}{T_{\text{пер}}} = \frac{41,963 \cdot 10^6}{10} = 4,1943 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

Приклад 1.2. Розрахувати об'єм інформації, який може бути переданий за 5 с по каналу з пропускною здатністю 100 Мбіт/с.

Розв'язання

Розраховуємо об'єм інформації:

$$V = T_{\text{пер}} \cdot C = 500 \cdot 10^6 \text{ біт.}$$

Переводимо отримане значення з бітів у мегабайти:

$$V = \frac{V}{8 \cdot (1024 \cdot 1024)} = 59,605 \text{ Мбайт.}$$

Приклад 1.3. Розрахувати час, за який буде передана інформація об'ємом 1 Гбайт по каналу з пропускнуою здатністю 50 Мбіт/с.

Розв'язання

Переводимо значення об'єму інформації з гігабайтів у біти:

$$V = 1 \cdot 1024 \cdot 1024 \cdot 1024 \cdot 8 = 8,59 \cdot 10^9 \text{ біт.}$$

Розраховуємо об'єм інформації:

$$T_{\text{пер}} = \frac{C}{V} = 172 \text{ с.}$$

Приклад 1.4. Знайти довжину пакета потоку з постійною швидкістю передавання інформації CBR, що становить 100 Мбіт/с, якщо інтервал часу між пакетами становить 10,24 мкс.

Розв'язання

Знайдемо довжину пакета потоку з постійною швидкістю передавання інформації CBR:

$$L_{\text{пак}} = R \cdot T = 1024 \cdot 10^3 \text{ біт.}$$

Переводимо біти в байти:

$$L_{\text{пак}} = \frac{L_{\text{пак}}}{8} = 128 \text{ байт.}$$

Приклад 1.5. Розрахувати величину пульсації, якщо пікова швидкість передачі інформації становить 100 Мбіт/с, а період пульсації – 0,1 с.

Розв'язання

Розраховуємо величину пульсації:

$$B = r_{\text{пiк}} \cdot T_{\text{пульс}} = 10 \cdot 10^6 \text{ біт.}$$

Переводимо біти у байти:

$$B = \frac{B}{8} = 1,25 \cdot 10^6 \text{ байт.}$$

Приклад 1.6. Нехай вимірювання пікової (максимальної) швидкості передавання здійснюється на інтервалі часу 100 мс, а вимірювання середньої швидкості – на інтервалі часу, що відповідає трьом інтервалам для вимірювання пікової швидкості. На одному інтервалі часу для вимірювання пікової швидкості передавання було зафіксовано три пакети довжиною відповідно 100, 200 і 300 байт, на другому інтервалі – два пакети довжиною відповідно 1500 і 1200 байт, на третьому інтервалі – три пакети довжиною відповідно 1400, 1300 і 150 байт. Розрахувати коефіцієнт пульсації потоку пакетів.

Розв'язання

Розраховуємо об'єм інформації, переданий за один інтервал спостереження, та одночасно переводимо байти в біти шляхом множення на 8:

$$V_1 = (L_{11} + L_{12} + L_{13}) \cdot 8 = 4,8 \cdot 10^3 \text{ біт,}$$

$$V_2 = (L_{21} + L_{22}) \cdot 8 = 21,6 \cdot 10^3 \text{ біт,}$$

$$V_3 = (L_{31} + L_{32} + L_{33}) \cdot 8 = 22,8 \cdot 10^3 \text{ біт.}$$

Розраховуємо швидкості передавання на всіх інтервалах спостереження та обираємо максимальне значення, що і будемо вважати піковою швидкістю:

$$R_1 = \frac{V_1}{T_{\text{пульс}}} = 48 \cdot 10^3 \frac{\text{біт}}{\text{с}},$$

$$R_2 = \frac{V_2}{T_{\text{пульс}}} = 216 \cdot 10^3 \frac{\text{біт}}{\text{с}},$$

$$R_3 = \frac{V_3}{T_{\text{пульс}}} = 228 \cdot 10^3 \frac{\text{біт}}{\text{с}},$$

$$r_{\text{пік}} = \max\{R_1, R_2, R_3\} = 228 \cdot 10^3 \frac{\text{біт}}{\text{с}}.$$

Розраховуємо середню швидкість:

$$R_{\text{сер}} = \frac{(V_1 + V_2 + V_3)}{3 \cdot T_{\text{пульс}}} = 164 \cdot 10^3 \frac{\text{біт}}{\text{с}}.$$

Розраховуємо коефіцієнт пульсації:

$$k_{\text{пульс}} = \frac{r_{\text{пік}}}{R_{\text{сер}}} = 1,39.$$

Приклад 1.7. Розрахувати коефіцієнт використання тракту передавання, пропускна здатність якого становить 100 Мбіт/с, якщо по ньому здійснюється передавання пакетів довжиною 1280 байт з інтервалом між ними 102,4 мкс.

Розв'язання

Переводимо байти в біти:

$$L_{\text{пак}} = L_{\text{пак}} \cdot 8 = 10,24 \cdot 10^3 \text{ біт}.$$

Розраховуємо інтенсивність потоку пакетів:

$$\lambda = \frac{1}{T_{\text{інт}}} = 20 \cdot 10^3 \frac{\text{пакет}}{\text{с}}.$$

Спосіб розв'язання 1

Розраховуємо максимальну інтенсивність потоку пакетів з визначеною у вихідних даних довжиною, що може передаватися по тракту з визначеною у вихідних даних пропускною здатністю:

$$T_{\text{перед пакета}} = L_{\text{пак}} \cdot \frac{1}{C} = 10,24 \cdot 10^{-6} \text{ с.}$$

$$\mu = \frac{1}{T_{\text{перед пакета}}} = 97,656 \cdot 10^3 \text{ с.}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання тракту передавання:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = 0,205.$$

Спосіб розв'язання 2

Розраховуємо швидкість потоку пакетів:

$$R = \lambda \cdot L_{\text{пак}} = 204,8 \cdot 10^6 \text{ с.}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання тракту передавання:

$$\rho = \frac{R}{C} = 0,205.$$

1.2 Задачі для самостійного розв'язання

Задача 1.1. Розрахувати швидкість передавання інформації R , якщо за час $T_{\text{пер}}$ був переданий об'єм інформації V (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$T_{\text{пер}}, \text{с}$	$V, \text{Мбайт}$
1	8	6
2	9	5,6
3	10	5,4
4	11	5
5	12	4,2
6	8	8
7	9	7,2
8	10	4,8
9	11	3,6
10	12	2,4

Задача 1.2. Розрахувати об'єм інформації V , який може бути переданий за час $T_{\text{пер}}$ по каналу з пропускною здатністю C (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$T_{\text{пер}}, \text{с}$	$C, \text{Мбіт/с}$
1	4	100
2	4,4	120
3	5	160
4	6	200
5	3,6	1000
6	4,8	300
7	10	140
8	7,2	250
9	8	300
10	6,5	100

Задача 1.3. Розрахувати час $T_{\text{пер}}$, за який буде передана інформація об'ємом V по каналу з пропускною здатністю C (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	V , Гбайт	C , Мбіт/с
1	2	100
2	1,8	120
3	2,2	160
4	1,3	200
5	1,6	1000
6	2,8	300
7	1,4	140
8	1,2	250
9	0,8	300
10	1,5	100

Задача 1.4. Знайти довжину пакета потоку з постійною швидкістю передавання інформації CBR, що становить R , якщо інтервал часу між пакетами становить T (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	T , мкс	R , Мбіт/с
1	10,12	100
2	9,86	120
3	9,82	160
4	11,08	200
5	10,24	1000
6	11,12	300
7	10,36	140
8	10,54	250
9	11,22	300
10	10,68	100

Задача 1.5. Розрахувати величину пульсації, якщо пікова швидкість передачі інформації становить $r_{\text{пик}}$, а період пульсації – $T_{\text{пульс}}$ (таблиця 1.5).

Таблиця 1.5 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$T_{\text{пульс}}, \text{с}$	$r_{\text{пік}}, \text{Мбіт/с}$
1	0,12	100
2	0,15	120
3	0,09	160
4	0,013	200
5	0,1	1000
6	0,11	300
7	0,08	140
8	0,09	250
9	0,1	300
10	0,12	100

Задача 1.6. Нехай вимірювання пікової (максимальної) швидкості передавання здійснюється на інтервалі часу $T_{\text{пульс}}$, а вимірювання середньої швидкості – на інтервалі часу, що відповідає трьом інтервалам для вимірювання пікової швидкості. На одному інтервалі часу для вимірювання пікової швидкості передавання було зафіксовано три пакети довжиною відповідно L_{11} , L_{12} і L_{13} , на другому інтервалі – два пакети довжиною відповідно L_{21} і L_{22} , на третьому інтервалі – три пакети довжиною відповідно L_{31} , L_{32} і L_{33} . Розрахувати коефіцієнт пульсації потоку пакетів (таблиця 1.6).

Таблиця 1.6 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$T_{\text{пульс}}, \text{с}$	L_{11}	L_{12}	L_{13}	L_{21}	L_{22}	L_{31}	L_{32}	L_{33}
1	0,11	200	120	700	1400	2100	1000	980	130
2	0,2	500	360	230	1500	1800	950	650	260
3	0,15	160	410	160	900	2000	1400	1040	150
4	0,1	100	600	200	1200	1400	1280	1250	120
5	0,24	280	280	420	1500	1200	1250	1100	200
6	0,16	390	200	70	1000	1600	870	990	180
7	0,09	780	80	100	1700	900	830	1210	100
8	0,13	820	170	300	1550	850	900	1400	190
9	0,23	250	290	320	950	1100	1240	1350	210
10	0,17	340	370	140	1100	1300	1300	1380	170

Задача 1.7. Розрахувати коефіцієнт використання тракту передавання, пропускна здатність якого становить C , якщо по ньому здійснюється передавання пакетів довжиною $L_{\text{пак}}$ з інтервалом між ними $T_{\text{інт}}$ (таблиця 1.7).

Таблиця 1.7 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	C , Мбіт/с	$T_{\text{інт}}$	$L_{\text{пак}}$
1	300	102,5	1200
2	150	96,8	1160
3	200	112,7	1410
4	100	102,6	1600
5	200	108,8	1280
6	120	94,2	1200
7	150	98,7	1380
8	250	99,9	1170
9	100	100	1290
10	200	111,3	1370

2 ПРИНЦИПИ РОЗДІЛЕННЯ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ

2.1 Приклади розв'язання основних типів задач

Приклад 2.1. Аналогова система передавання з частотним розділенням каналів з односмуговою амплітудною модуляцією має три канали тональної частоти (0,3 – 3,4 кГц). Несуча частота найнижчого за частотою каналу (каналу 1) становить 12 кГц. Для формування групового сигналу каналними смуговими фільтрами на виході амплітудних модуляторів виділяється нижня бокова смуга. Захисний інтервал між каналами в груповому сигналі становить 0,9 кГц.

Визначити нижню та верхню частоти спектра каналу 2 в груповому сигналі.

Розв'язання

Визначаємо ширину спектра каналу тональної частоти:

$$\Delta F = F_B \cdot F_H = 3,1 \text{ кГц.}$$

Розраховуємо різницю частот (відстань) між несучими частотами:

$$\Delta f_{\text{нес}} = \Delta F + \delta = 4 \text{ кГц.}$$

Визначаємо частоту несучої для першого каналу:

$$\Delta f_{\text{нес1}} = 12 \text{ кГц.}$$

Визначаємо частоту несучої для другого каналу:

$$\Delta f_{\text{нес2}} = \Delta f_{\text{нес1}} + \Delta f_{\text{нес}} = 16 \text{ кГц.}$$

Визначаємо нижню та верхню частоти спектра каналу 2 в груповому сигналі:

$$\Delta f_{\text{н канал2}} = \Delta f_{\text{нес2}} - F_B = 12,6 \text{ кГц,}$$

$$\Delta f_{\text{в канал2}} = \Delta f_{\text{нес2}} - F_H = 15,7 \text{ кГц.}$$

Приклад 2.2. Аналогова система передавання з частотним розділенням каналів з односмуговою амплітудною модуляцією має три канали тональної частоти (0,3 – 3,4 кГц). Несуча частота найнижчого за частотою каналу (каналу 1) становить 12 кГц. Для формування групового сигналу каналними смуговими фільтрами на виході амплітудних модуляторів виділяється нижня бокова смуга. Захисний інтервал між каналами в груповому сигналі становить 0,9 кГц.

Визначити нижню та верхню частоти спектра каналу 1 в груповому сигналі.

Розв'язання

Визначаємо ширину спектра каналу тональної частоти:

$$\Delta F = F_B \cdot F_H = 3,1 \text{ кГц.}$$

Розраховуємо різницю частот (відстань) між несучими частотами:

$$\Delta f_{\text{нес}} = \Delta F + \delta = 4 \text{ кГц.}$$

Визначаємо частоту несучої для першого каналу:

$$\Delta f_{\text{нес1}} = 12 \text{ кГц.}$$

Визначаємо нижню та верхню частоти спектра каналу 1 в груповому сигналі:

$$\Delta f_{\text{н канал1}} = \Delta f_{\text{нес1}} - F_{\text{в}} = 8,6 \text{ кГц,}$$

$$\Delta f_{\text{в канал1}} = \Delta f_{\text{нес1}} - F_{\text{н}} = 11,7 \text{ кГц.}$$

Приклад 2.3. Аналогова система передавання з частотним розділенням каналів з односмуговою амплітудною модуляцією має три канали тональної частоти (0,3 – 3,4 кГц). Несуча частота найнижчого за частотою каналу (каналу 1) становить 12 кГц. Для формування групового сигналу каналними смуговими фільтрами на виході амплітудних модуляторів виділяється нижня бокова смуга. Захисний інтервал між каналами в груповому сигналі становить 0,9 кГц.

Визначити нижню та верхню частоти спектра каналу 3 в груповому сигналі.

Розв'язання

Визначаємо ширину спектра каналу тональної частоти:

$$\Delta F = F_{\text{в}} \cdot F_{\text{н}} = 3,1 \text{ кГц.}$$

Розраховуємо різницю частот (відстань) між несучими частотами:

$$\Delta f_{\text{нес}} = \Delta F + \delta = 4 \text{ кГц.}$$

Визначаємо частоту несучої для першого каналу:

$$\Delta f_{\text{нес1}} = 12 \text{кГц.}$$

Визначаємо частоту несучої для другого каналу:

$$\Delta f_{\text{нес2}} = \Delta f_{\text{нес1}} + \Delta f_{\text{нес}} = 16 \text{кГц.}$$

Визначаємо частоту несучої для третього каналу:

$$\Delta f_{\text{нес3}} = \Delta f_{\text{нес2}} + \Delta f_{\text{нес}} = 20 \text{кГц.}$$

Визначаємо нижню та верхню частоти спектра каналу 3 в груповому сигналі:

$$\Delta f_{\text{н канал3}} = \Delta f_{\text{нес3}} - F_{\text{в}} = 16,6 \text{кГц,}$$

$$\Delta f_{\text{в канал3}} = \Delta f_{\text{нес3}} - F_{\text{н}} = 19,7 \text{кГц.}$$

Приклад 2.4. Аналогова система передавання з частотним розділенням каналів з односмуговою амплітудною модуляцією має три канали тональної частоти (0,3 – 3,4 кГц). Несуча частота найнижчого за частотою каналу (каналу 1) становить 12 кГц. Для формування групового сигналу каналними смуговими фільтрами на виході амплітудних модуляторів виділяється нижня бокова смуга. Захисний інтервал між каналами в груповому сигналі становить 0,9 кГц.

Розрахувати ширину спектра групового сигналу.

Розв'язання

Визначаємо ширину спектра каналу тональної частоти:

$$\Delta F = F_{\text{в}} \cdot F_{\text{н}} = 3,1 \text{кГц.}$$

Розраховуємо різницю частот (відстань) між несучими частотами:

$$\Delta f_{\text{нес}} = \Delta F + \delta = 4 \text{ кГц.}$$

Визначаємо частоту несучої для першого каналу:

$$\Delta f_{\text{нес1}} = 12 \text{ кГц.}$$

Визначаємо частоту несучої для другого каналу:

$$\Delta f_{\text{нес2}} = \Delta f_{\text{нес1}} + \Delta f_{\text{нес}} = 16 \text{ кГц.}$$

Визначаємо частоту несучої для третього каналу:

$$\Delta f_{\text{нес3}} = \Delta f_{\text{нес2}} + \Delta f_{\text{нес}} = 20 \text{ кГц.}$$

Визначаємо нижню та верхню частоти спектра каналу 1 в груповому сигналі:

$$\Delta f_{\text{н канал1}} = \Delta f_{\text{нес1}} - F_{\text{в}} = 8,6 \text{ кГц,}$$

$$\Delta f_{\text{в канал1}} = \Delta f_{\text{нес1}} - F_{\text{н}} = 11,7 \text{ кГц.}$$

Визначаємо нижню та верхню частоти спектра каналу 2 в груповому сигналі:

$$\Delta f_{\text{н канал2}} = \Delta f_{\text{нес2}} - F_{\text{в}} = 12,6 \text{ кГц,}$$

$$\Delta f_{\text{в канал2}} = \Delta f_{\text{нес2}} - F_{\text{н}} = 15,7 \text{ кГц.}$$

Визначаємо нижню та верхню частоти спектра каналу 3 в груповому сигналі:

$$\Delta f_{\text{н канал3}} = \Delta f_{\text{нес3}} - F_{\text{в}} = 16,6 \text{ кГц,}$$

$$\Delta f_{\text{в канал3}} = \Delta f_{\text{нес3}} - F_{\text{н}} = 19,7 \text{ кГц.}$$

Визначаємо ширину спектра групового сигналу:

$$\Delta f_{\text{груп сигн}} = \Delta f_{\text{в канал3}} - \Delta f_{\text{н канал1}} = 11,1 \text{ кГц.}$$

Приклад 2.5. Розрахувати швидкість передавання групового потоку системи передавання з часовим розділенням каналів і побайтним мультиплексуванням, якщо кількість каналних інтервалів становить 32, а тривалість циклу – 125 мкс.

Розв'язання

Розраховуємо час передавання одного каналного інтервалу:

$$T_{\text{кі}} = \frac{T_{\text{циклу}}}{N_{\text{кі}}} = 3,906 \text{ кГц.}$$

Розраховуємо час передавання одного біта інформації:

$$T_{\text{біта}} = \frac{T_{\text{кі}}}{8} = 0,488 \text{ кГц.}$$

Розраховуємо швидкість передавання групового потоку:

$$R = \frac{1}{T_{\text{біта}}} = 2,048 \frac{\text{Мбіт}}{\text{с}}.$$

2.2 Задачі для самостійного розв'язання

Задача 2.1. Аналогова система передавання з частотним розділенням каналів з односмуговою амплітудною модуляцією має три канали тональної частоти (0,3 – 3,4 кГц). Несуча частота найнижчого за частотою каналу (каналу 1) становить $\Delta f_{\text{нес}}$. Для формування групового сигналу каналними смуговими фільтрами на виході амплітудних модуляторів виділяється нижня бокова смуга. Захисний інтервал між каналами в груповому сигналі становить δ .

Визначити нижню та верхню частоти спектра каналу 2 в груповому сигналі (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	δ , кГц	$\Delta f_{\text{нес}}$, кГц
1	0,8	10
2	0,82	10,5
3	0,84	10,6
4	0,86	11
5	0,88	11,2
6	0,9	11,8
7	0,92	12
8	0,94	12,4
9	0,96	12,7
10	0,98	12,9

Задача 2.2. Аналогова система передавання з частотним розділенням каналів з односмужовою амплітудною модуляцією має три канали тональної частоти (0,3 – 3,4 кГц). Несуча частота найнижчого за частотою каналу (каналу 1) становить $\Delta f_{\text{нес}}$. Для формування групового сигналу каналними смужовими фільтрами на виході амплітудних модуляторів виділяється нижня бокова смуга. Захисний інтервал між каналами в груповому сигналі становить δ (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	δ , кГц	$\Delta f_{\text{нес}}$, кГц
1	0,8	10
2	0,82	10,5
3	0,84	10,6
4	0,86	11
5	0,88	11,2
6	0,9	11,8
7	0,92	12
8	0,94	12,4
9	0,96	12,7
10	0,98	12,9

Задача 2.3. Аналогова система передавання з частотним розділенням каналів з односмужовою амплітудною модуляцією має три канали тональної частоти (0,3 – 3,4 кГц). Несуча частота

найнижчого за частотою каналу (каналу 1) становить $\Delta f_{\text{нес}}$. Для формування групового сигналу каналними смуговими фільтрами на виході амплітудних модуляторів виділяється нижня бокова смуга. Захисний інтервал між каналами в груповому сигналі становить δ (таблиця 2.3).

Визначити нижню та верхню частоти спектра каналу 3 в груповому сигналі.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	δ , кГц	$\Delta f_{\text{нес}}$, кГц
1	0,8	10
2	0,82	10,5
3	0,84	10,6
4	0,86	11
5	0,88	11,2
6	0,9	11,8
7	0,92	12
8	0,94	12,4
9	0,96	12,7
10	0,98	12,9

Задача 2.4. Аналогова система передавання з частотним розділенням каналів з односмуговою амплітудною модуляцією має три канали тональної частоти (0,3 – 3,4 кГц). Несуча частота найнижчого за частотою каналу (каналу 1) становить $\Delta f_{\text{нес}}$. Для формування групового сигналу каналними смуговими фільтрами на виході амплітудних модуляторів виділяється нижня бокова смуга. Захисний інтервал між каналами в груповому сигналі становить δ (таблиця 2.4).

Розрахувати ширину спектра групового сигналу.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	δ , кГц	$\Delta f_{\text{нес}}$, кГц
1	0,8	10
2	0,82	10,5
3	0,84	10,6
4	0,86	11
5	0,88	11,2
6	0,9	11,8
7	0,92	12
8	0,94	12,4
9	0,96	12,7
10	0,98	12,9

Задача 2.5. Розрахувати швидкість передавання групового потоку системи передавання з часовим розділенням каналів і побайтним мультиплексуванням, якщо кількість каналних інтервалів становить $N_{\text{кі}}$, а тривалість циклу – $T_{\text{циклу}}$ (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	$N_{\text{кі}}$	$T_{\text{циклу}}$, мкс
1	16	10
2	32	10,5
3	24	10,6
4	64	11
5	48	11,2
6	24	11,8
7	32	12
8	16	12,4
9	64	12,7
10	24	12,9

3 МЕТОДИ ПОВТОРНОГО ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

3.1 Приклади розв'язання основних типів задач

Приклад 3.1. Розрахувати показник ефективності методу повторного передавання з зупинкою та очікуванням – коефіцієнт використання, що визначається як відношення часу передавання корисної інформації до повного часу, необхідного для передавання одного пакета (складові показника ефективності показані на рисунку 3.1).

Вихідні дані для розрахунку: довжина поля даних (корисної інформації) пакета – 1500 байт; довжина заголовка пакета – 50 байт; довжина квитанції для підтвердження приймання пакета (АСК) – 20 байт; швидкість передавання – 2048 кбіт/с; відстань між передавачем та отримувачем даних (довжина каналу) – 50 км; швидкість розповсюдження сигналів у каналі – 200 000 000 км/с. Вважати, що помилки при передаванні пакетів і квитанцій відсутні.

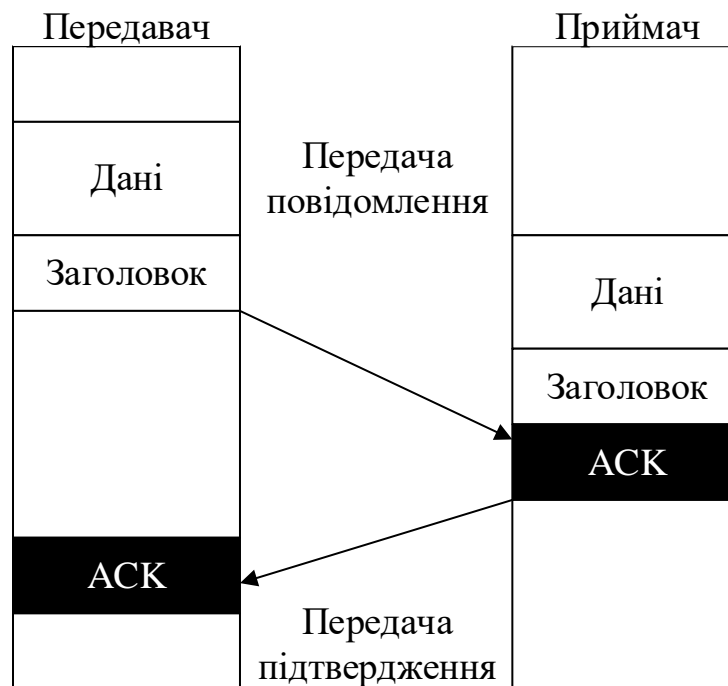


Рисунок 3.1 – Метод повторного передавання з зупинкою та очікуванням

Розв'язання

Розраховуємо час розповсюдження сигналів у каналі:

$$\tau = \frac{1}{r} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ с.}$$

Розраховуємо показник ефективності – коефіцієнт використання каналу:

$$\frac{(8 \cdot m)}{c} + \frac{(8 \cdot h)}{c} = 6,055 \cdot 10^{-3},$$

$$\rho = \frac{\left(\frac{8 \cdot m}{c}\right)}{\left(\frac{8 \cdot m}{c}\right) + \left(\frac{8 \cdot h}{c}\right) + \tau + \left(\frac{8 \cdot a}{c}\right) + \tau} = 0,883.$$

Приклад 3.2. Розрахувати показник ефективності методів повторного передавання з ковзним вікном (з повертанням на N пакетів назад або вибіркоvim повторенням) – коефіцієнт використання, що розраховується як відношення часу передавання корисної інформації до повного часу, необхідного для передавання одного пакета (складові показника ефективності показані на рисунку 3.2).

При розв'язанні задачі врахувати таке:

- помилки при передаванні пакетів і квитанцій відсутні;
- неперервне передавання пакетів (без зупинення передавання для очікування квитанції з метою підтвердження приймання пакета) буде відбуватися, якщо довжина вікна на одиницю більше, ніж кількість пакетів, що можуть бути передані за час очікування квитанції (визначається як результат ділення часу, необхідного для отримання квитанції, на час передавання повного пакета).

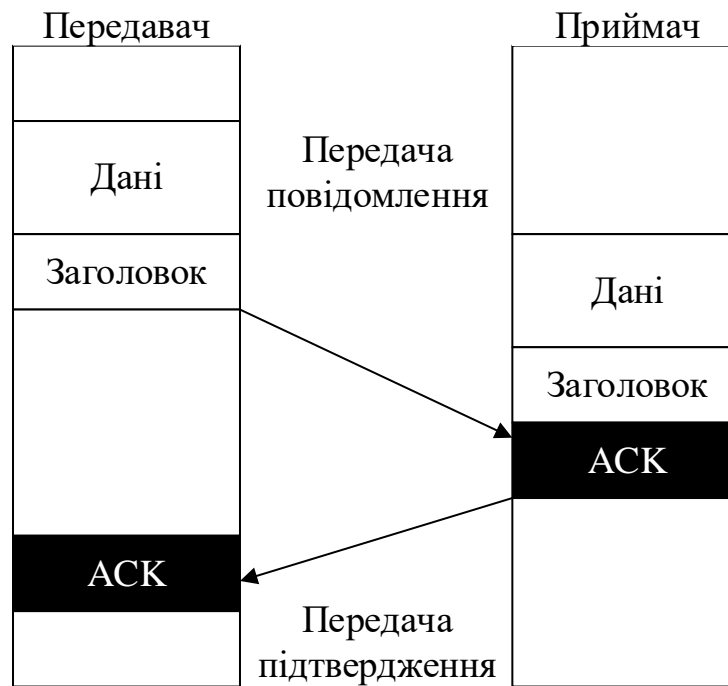


Рисунок 3.2 – Метод повторного передавання з ковзним вікном

Вихідні дані для розрахунку: довжина поля даних (корисної інформації) пакета – 1500 байт; довжина заголовку пакета – 50 байт; довжина квитанції для підтвердження приймання пакета (АСК) – 20 байт; швидкість передавання – 2048 кбіт/с; відстань між передавачем та отримувачем даних (довжина каналу) – 5000 км; швидкість розповсюдження сигналів у каналі – 200 000 000 км/с; довжина вікна – 20 пакетів.

Розв'язання

Розраховуємо час розповсюдження сигналів у каналі:

$$\tau = \frac{1}{r} = 0,025 \text{ с.}$$

Час на передавання цілого пакета

$$T_{\text{пер цілого пакету}} = \frac{8 \cdot m + 8 \cdot h}{C} = 6,055 \cdot 10^{-3}.$$

Час до приймання підтвердження

$$T_{\text{до прийому підтв}} = 2 \cdot \tau + \frac{8 \cdot a}{C} = 0,05.$$

Кількість пакетів, що можна передати при очікуванні підтвердження,

$$W_{\text{пакетів при очік}} = \frac{T_{\text{до прийому підтв}}}{T_{\text{пер цілого пакету}}} = 8,271.$$

$$W_{\text{мін безперерв пер}} = W_{\text{пакетів при очік}} + 1 = 10.$$

Умова безперервної передачі

$$W \geq W_{\text{мін безперерв пер}} = 1.$$

Умова короткого вікна 0 поява часу очікування у процесі передавання

$$W < W_{\text{мін безперерв пер}} = 0.$$

Розраховуємо показник ефективності – коефіцієнт використання каналу:

$$\rho(W \geq W_{\text{мін безперерв пер}}, \frac{8 \cdot m}{8 \cdot m + 8 \cdot h}, \frac{8 \cdot m \cdot W}{8 \cdot m + 8 \cdot h + 8 \cdot a + 2 \cdot \tau \cdot C}) = 0,968.$$

$$\rho(W \geq W_{\text{мін безперерв пер}}, \frac{8 \cdot m}{8 \cdot m + 8 \cdot h}, \frac{(\frac{8 \cdot m}{C}) \cdot W}{(\frac{8 \cdot m}{C}) + (\frac{8 \cdot h}{C}) + \tau + (\frac{8 \cdot a}{C}) + \tau}) = 0,968.$$

3.2 Задачі для самостійного розв'язання

Задача 3.1. Розрахувати показник ефективності методу повторного передавання з зупинкою та очікуванням – коефіцієнт використання, що визначається як відношення часу передавання корисної інформації до повного часу, необхідного для передавання одного пакета (складові показника ефективності показані на рисунку 3.1).

Вихідні дані для розрахунку: довжина поля даних (корисної інформації) пакета – m ; довжина заголовка пакета – h ; довжина

квитанції для підтвердження приймання пакета (АСК) – a ; швидкість передавання – C ; відстань між передавачем та отримувачем даних (довжина каналу) – l ; швидкість розповсюдження сигналів у каналі – r (таблиця 3.1). Вважати, що помилки при передаванні пакетів і квитанцій відсутні.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	r , м/с	l , км	a , байт	h , байт	m , байт	C , с
1	$2,2 \cdot 10^8$	45	17	44	1424	$2,048 \cdot 10^6$
2	$2,1 \cdot 10^8$	50	18	45	1356	$1,024 \cdot 10^6$
3	$2,3 \cdot 10^8$	42	16	46	1436	$3,072 \cdot 10^6$
4	$2,5 \cdot 10^8$	43	19	48	1500	$2,048 \cdot 10^6$
5	$1,2 \cdot 10^8$	55	22	42	1515	$1,024 \cdot 10^6$
6	$1,8 \cdot 10^8$	57	20	56	1522	$3,072 \cdot 10^6$
7	$1,9 \cdot 10^8$	52	17	52	1448	$2,048 \cdot 10^6$
8	$2 \cdot 10^8$	54	18	54	1396	$1,024 \cdot 10^6$
9	$1,6 \cdot 10^8$	46	19	50	1550	$3,072 \cdot 10^6$
10	$1,7 \cdot 10^8$	48	16	58	1440	$2,048 \cdot 10^6$

Задача 3.2. Розрахувати показник ефективності методів повторного передавання з ковзним вікном (з повертанням на N пакетів назад або вибіркоvim повторенням) – коефіцієнт використання, що визначається як відношення часу передавання корисної інформації до повного часу, необхідного для передавання одного пакета (складові показника ефективності показані на рисунку 3.2).

При розв'язанні задачі врахувати таке:

- помилки при передаванні пакетів і квитанцій відсутні;
- неперервне передавання пакетів (без зупинення передавання для очікування квитанції з метою підтвердження приймання пакета) буде відбуватися, якщо довжина вікна на одиницю більше, ніж кількість пакетів, що можуть бути передані за час очікування квитанції (визначається як результат ділення часу, необхідного для отримання квитанції, на час передавання повного пакета).

Вихідні дані для розрахунку: довжина поля даних (корисної інформації) пакета – m ; довжина заголовка пакета – h ; довжина квитанції для підтвердження приймання пакета (АСК) – a ;

швидкість передавання – C ; відстань між передавачем та отримувачем даних (довжина каналу) – l ; швидкість розповсюдження сигналів у каналі – r ; довжина вікна – W (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	W , пакет	r , м/с	l , км	a , байт	h , байт	m , байт	C , с
1	21	$2,2 \cdot 10^8$	45	17	44	1424	$2,048 \cdot 10^6$
2	18	$2,1 \cdot 10^8$	50	18	45	1356	$1,024 \cdot 10^6$
3	22	$2,3 \cdot 10^8$	42	16	46	1436	$3,072 \cdot 10^6$
4	20	$2,5 \cdot 10^8$	43	19	48	1500	$2,048 \cdot 10^6$
5	17	$1,2 \cdot 10^8$	55	22	42	1515	$1,024 \cdot 10^6$
6	23	$1,8 \cdot 10^8$	57	20	56	1522	$3,072 \cdot 10^6$
7	24	$1,9 \cdot 10^8$	52	17	52	1448	$2,048 \cdot 10^6$
8	25	$2 \cdot 10^8$	54	18	54	1396	$1,024 \cdot 10^6$
9	15	$1,6 \cdot 10^8$	46	19	50	1550	$3,072 \cdot 10^6$
10	16	$1,7 \cdot 10^8$	48	16	58	1440	$2,048 \cdot 10^6$

4 РОЗРАХУНОК МІНІМАЛЬНОЇ ТА МАКСИМАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ КАДРАМИ ЗМІННОЇ ДОВЖИНИ

4.1 Приклади розв'язання основних типів задач

Приклад 4.1. Між суміжними вузлами комутації пакетів (кадрів) телекомунікаційної мережі утворений канал електров'язку (тракт передавання кадрів на основі технології Fast Ethernet) зі швидкістю передачі 100 Мбіт/с. Передавання інформації здійснюється кадрами змінної довжини. При цьому загальна довжина службових полів кадра становить 18 байт, довжина поля даних (корисної інформації) кадра мінімальної довжини – 46 байт, довжина поля даних (корисної інформації) кадра максимальної довжини – 1500 байт, мінімальний інтервал часу між часом закінчення передавання попереднього кадру та початком передавання наступного (міжкадровий інтервал) –

0,96 мкс, загальна довжина преамбули з початковим обмежувачем кадру, що передаються перед кожним кадром, – 8 байт.

Розрахувати відношення максимальної швидкості передавання корисної інформації до мінімальної.

Розв'язання

Знаходимо час передавання одного біта по утвореному каналу:

$$T_{\text{пер біта}} = \frac{1}{C} = 10 \cdot 10^{-9} \text{ с.}$$

Знаходимо час передавання одного байта по утвореному каналу:

$$T_{\text{пер байта}} = 8 \cdot T_{\text{пер біта}} = 80 \cdot 10^{-9} \text{ с.}$$

Обчислюємо довжини кадрів і час їх передавання включно з преамбулою:

$$L_{\text{кадр мін}} = L_{\text{служ}} + L_{\text{корис мін}} = 64 \text{ байт,}$$

$$L_{\text{кадр макс}} = L_{\text{служ}} + L_{\text{корис макс}} = 1,518 \cdot 10^3 \text{ байт,}$$

$$T_{\text{кадр мін}} = L_{\text{кадр мін}} \cdot 8 \cdot T_{\text{пер біт}} = 5,12 \cdot 10^{-6} \text{ с,}$$

$$T_{\text{кадр макс}} = L_{\text{кадр макс}} \cdot 8 \cdot T_{\text{пер біт}} = 121,44 \cdot 10^{-6} \text{ с.}$$

Обчислюємо інтенсивність кадрів, враховуючи міжкадровий інтервал для кадрів мінімальної і максимальної довжини:

$$\lambda_{\text{кадр мін}} = \frac{1}{T_{\text{преам}} + T_{\text{кадр мін}} + T_{\text{міжкадр}}} = 148,81 \cdot 10^3 \text{ с,}$$

$$\lambda_{\text{кадр макс}} = \frac{1}{T_{\text{преам}} + T_{\text{кадр макс}} + T_{\text{міжкадр}}} = 8,127 \cdot 10^3 \text{ с.}$$

Обчислюємо мінімальну і максимальну швидкість передавання корисної інформації:

$$R_{\text{кадр мін}} = 8 \cdot L_{\text{корис мін}} \cdot \lambda_{\text{кадр мін}} = 54,762 \cdot 10^6 \frac{\text{байт}}{\text{с}},$$

$$R_{\text{кадр макс}} = 8 \cdot L_{\text{корис макс}} \cdot \lambda_{\text{кадр макс}} = 97,529 \cdot 10^6 \frac{\text{байт}}{\text{с}}.$$

Розраховуємо відношення максимальної швидкості передавання корисної інформації до мінімальної:

$$\frac{R_{\text{кадр макс}}}{R_{\text{кадр мін}}} = 1,781 \frac{\text{байт}}{\text{с}}.$$

Приклад 4.2. Між суміжними вузлами комутації пакетів (кадрів) телекомунікаційної мережі утворений канал електрозв'язку (тракт передачі кадрів на основі технології Gigabit Ethernet) зі швидкістю передачі 1000 Мбіт/с. Передавання інформації здійснюється кадрами змінної довжини. При цьому загальна довжина службових полів кадру становить 18 байт, довжина поля даних (корисної інформації) кадру мінімальної довжини – 46 байт, довжина поля даних (корисної інформації) кадру максимальної довжини – 1500 байт, мінімальний інтервал часу між часом закінчення передавання попереднього кадру та початком передавання наступного (міжкадровий інтервал) – 0,096 мкс, загальна довжина преамбули з початковим обмежувачем кадру, що передаються перед кожним кадром, – 8 байт.

Розрахувати відношення максимальної швидкості передавання корисної інформації до мінімальної, враховуючи, що кадр з загальною довжиною менше 512 байт має бути доповнений додатковими байтами (розширенням носія), що не несуть корисної інформації.

Розв'язання

Знаходимо час передавання одного біта по утвореному каналу:

$$T_{\text{пер біта}} = \frac{1}{C} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ с.}$$

Знаходимо час передавання одного байта по утвореному каналу:

$$T_{\text{пер байта}} = 8 \cdot T_{\text{пер біта}} = 8 \cdot 10^{-9} \text{ с.}$$

Обчислюємо довжини кадрів і час їх передавання включно з преамбулою:

$$L_{\text{кадр мін}} = L_{\text{служ}} + L_{\text{корис мін}} = 64 \text{ байт,}$$

$$L_{\text{кадр мін}} < L_{\text{мін загальн.}}$$

Якщо нерівність виконується, то загальна довжина кадру менше 512, тому потрібно додати доповнення носія з такою довжиною, щоб загальна довжина кадру була 512 (без урахування преамбули). Якщо нерівність не виконується – довжина доповнення встановлюється 0.

$$L_{\text{дод кадр мін}} = 512 - 64 = 448 \text{ байт,}$$

$$L_{\text{кадр макс}} = L_{\text{служ}} + L_{\text{корис макс}} = 1,518 \cdot 10^3 \text{ байт,}$$

$$L_{\text{кадр макс}} < L_{\text{мін загальн.}}$$

Як видно з нерівності, кадр максимальної довжини більше 512, тому доповнення до кадру не потрібне.

$$T_{\text{кадр мін}} = L_{\text{кадр мін}} \cdot 8 \cdot T_{\text{пер біт}} = 512 \cdot 10^{-9} \text{ с,}$$

$$T_{\text{кадр макс}} = L_{\text{кадр макс}} \cdot 8 \cdot T_{\text{пер біт}} = 12,144 \cdot 10^{-6} \text{ с.}$$

$$T_{\text{преамб}} = L_{\text{преамб}} \cdot 8 \cdot T_{\text{пер біт}} = 64 \cdot 10^{-9} \text{ с,}$$

$$T_{\text{допов кадр мін}} = L_{\text{допов кадр мін}} \cdot 8 \cdot T_{\text{пер біт}} = 3,584 \cdot 10^{-6} \text{ с,}$$

$$T_{\text{допов кадр макс}} = L_{\text{допов кадр макс}} \cdot 8 \cdot T_{\text{пер біт}} = 0 \text{ с.}$$

Обчислюємо інтенсивність кадрів, враховуючи міжкадровий інтервал для кадрів мінімальної і максимальної довжини:

$$\lambda_{\text{кадр мін}} = \frac{1}{T_{\text{преам}} + T_{\text{кадр мін}} + T_{\text{міжкадр}} + T_{\text{допов кадр мін}}} = 234,962 \cdot 10^3 \text{ с,}$$

$$\lambda_{\text{кадр макс}} = \frac{1}{T_{\text{преам}} + T_{\text{кадр макс}} + T_{\text{міжкадр}} + T_{\text{допов кадр макс}}} = 81,274 \cdot 10^3 \text{ с.}$$

Обчислюємо мінімальну і максимальну швидкість передавання корисної інформації:

$$R_{\text{кадр мін}} = 8 \cdot L_{\text{корис мін}} \cdot \lambda_{\text{кадр мін}} = 86,466 \cdot 10^6 \frac{\text{байт}}{\text{с}},$$

$$R_{\text{кадр макс}} = 8 \cdot L_{\text{корис макс}} \cdot \lambda_{\text{кадр макс}} = 975,293 \cdot 10^6 \frac{\text{байт}}{\text{с}}.$$

Розраховуємо відношення максимальної швидкості передавання корисної інформації до мінімальної:

$$\frac{R_{\text{кадр макс}}}{R_{\text{кадр мін}}} = 11,279 \frac{\text{байт}}{\text{с}}.$$

4.2 Задачі для самостійного розв'язання

Задача 4.1. Між суміжними вузлами комутації пакетів (кадрів) телекомунікаційної мережі утворений канал електров'язку (тракт передавання кадрів на основі технології Fast Ethernet) зі швидкістю передавання C . Передавання інформації здійснюється кадрами змінної довжини. При цьому загальна довжина службових полів кадру становить $L_{\text{служ}}$, довжина поля даних (корисної інформації) кадру мінімальної довжини – $L_{\text{корис мін}}$,

довжина поля даних (корисної інформації) кадру максимальної довжини – $L_{\text{корис макс}}$, мінімальний інтервал часу між часом закінчення передавання попереднього кадру та початком передавання наступного (міжкадровий інтервал) – $T_{\text{міжкадр}}$, загальна довжина преамбули з початковим обмежувачем кадру, що передаються перед кожним кадром, – $L_{\text{преамб}}$ (таблиця 4.1).

Розрахувати відношення максимальної швидкості передавання корисної інформації до мінімальної.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку

Варі-ант	C , Мбіт/с	$L_{\text{служ}}$, байт	$L_{\text{преамб}}$, байт	$L_{\text{корис мін}}$, байт	$L_{\text{корис макс}}$, байт	$T_{\text{міжкадр}}$, с
1	100	17	7	44	1424	$0,94 \cdot 10^{-6}$
2	120	18	8	45	1356	$0,92 \cdot 10^{-6}$
3	160	16	6	46	1436	$0,93 \cdot 10^{-6}$
4	200	19	9	48	1500	$0,91 \cdot 10^{-6}$
5	1000	14	12	42	1515	$0,97 \cdot 10^{-6}$
6	300	21	10	56	1522	$0,98 \cdot 10^{-6}$
7	140	15	7	52	1448	$0,89 \cdot 10^{-6}$
8	250	20	8	54	1396	$0,78 \cdot 10^{-6}$
9	300	18	9	50	1550	$0,87 \cdot 10^{-6}$
10	100	16	6	58	1440	$0,96 \cdot 10^{-6}$

Задача 4.2. Між суміжними вузлами комутації пакетів (кадрів) телекомунікаційної мережі утворений канал електров'язку (тракт передавання кадрів на основі технології Gigabit Ethernet) зі швидкістю передавання C . Передавання інформації здійснюється кадрами змінної довжини. При цьому загальна довжина службових полів кадру становить $L_{\text{служ}}$, довжина поля даних (корисної інформації) кадру мінімальної довжини – $L_{\text{корис мін}}$, довжина поля даних (корисної інформації) кадру максимальної довжини – $L_{\text{корис макс}}$, мінімальний інтервал часу між часом закінчення передавання попереднього кадру та початком передавання наступного (міжкадровий інтервал) – $T_{\text{міжкадр}}$, загальна довжина преамбули з початковим обмежувачем кадру, що передаються перед кожним кадром, – $L_{\text{преамб}}$ (таблиця 4.2).

Розрахувати відношення максимальної швидкості передавання корисної інформації до мінімальної, враховуючи, що

кадр з загальною довжиною менше 512 байт має бути доповнений додатковими байтами (розширенням носія), що не несуть корисної інформації.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку

Варі-ант	C , Мбіт/с	$L_{\text{служ}}$, байт	$L_{\text{преамб}}$, байт	$L_{\text{корис мін}}$, байт	$L_{\text{корис макс}}$, байт	$T_{\text{міжкадр}}$, с
1	1000	17	7	44	1424	$0,94 \cdot 10^{-6}$
2	1200	18	8	45	1356	$0,92 \cdot 10^{-6}$
3	1600	16	6	46	1436	$0,93 \cdot 10^{-6}$
4	2000	19	9	48	1500	$0,91 \cdot 10^{-6}$
5	1000	14	12	42	1515	$0,97 \cdot 10^{-6}$
6	1300	21	10	56	1522	$0,98 \cdot 10^{-6}$
7	1400	15	7	52	1448	$0,89 \cdot 10^{-6}$
8	2500	20	8	54	1396	$0,78 \cdot 10^{-6}$
9	1000	18	9	50	1550	$0,87 \cdot 10^{-6}$
10	1800	16	6	58	1440	$0,96 \cdot 10^{-6}$

5 ОЦІНЮВАННЯ НЕОБХІДНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КОМУТАТОРА ETHERNET

5.1 Приклади розв'язання основних типів задач

Приклад 5.1. Нехай дана матриця розподілу потоків пакетів між портами комутатора Ethernet, елементами якої є інтенсивності потоків пакетів між відповідними портами:

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

Визначити мінімально допустиму продуктивність комутатора (у кадрах за 1 с) з урахуванням того, що вона має перевищувати розрахункове значення продуктивності в п'ять разів з метою гарантування забезпечення необхідної продуктивності в

реальних умовах роботи з урахуванням використання додаткових функцій.

Розв'язання

Розраховуємо завантаженість комутатора:

$$C = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 n_{i,j} = 2120 \frac{\text{кадр}}{\text{с}}.$$

Розраховуємо продуктивність комутатора:

$$P = 5 \cdot C = 10600 \frac{\text{кадр}}{\text{с}}.$$

Приклад 5.2. Нехай дана матриця розподілу потоків пакетів між портами комутатора Ethernet, елементами якої є інтенсивності потоків пакетів між відповідними портами:

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

Визначити мінімально допустиму продуктивність комутатора з урахуванням того, що вона має перевищувати розрахункове значення продуктивності в п'ять разів з метою гарантування забезпечення необхідної продуктивності в реальних умовах роботи з урахуванням використання додаткових функцій.

При проведенні розрахунку використовувати мінімальну довжину кадру Ethernet, а преамбулою та міжкадровим інтервалом знехтувати.

Розв'язання

Розраховуємо завантаженість комутатора:

$$C = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 n_{i,j} = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{кадр}}{\text{с}}.$$

Розраховуємо продуктивність комутатора:

$$P = 5 \cdot C = 10,6 \cdot 10^3 \frac{\text{кадр}}{\text{с}}.$$

Розраховуємо продуктивність комутатора з урахуванням використання додаткових функцій:

$$P_{\text{дод}} = 8 \cdot L_{\text{кадр мін}} \cdot P = 5,4 \cdot 10^6 \frac{\text{біт}}{\text{с}}.$$

Приклад 5.3. Нехай відомі значення вхідної та вихідної інтенсивності потоків кадрів для кожного порту комутатора Ethernet (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Параметри потоків кадрів

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

Визначити мінімально допустиму продуктивність комутатора (у кадрах за 1 с) з урахуванням того, що вона має перевищувати розрахункове значення продуктивності в п'ять разів з метою гарантування забезпечення необхідної продуктивності в реальних умовах роботи з урахуванням використання додаткових функцій.

Розв'язання

Розраховуємо сумарну інтенсивність вхідного потоку кадрів комутатора:

$$\sum_{\text{ВХ}} = P_{1 \text{ ВХ}} + P_{2 \text{ ВХ}} + P_{3 \text{ ВХ}} + P_{4 \text{ ВХ}} = 2120 \frac{\text{кадр}}{\text{с}}.$$

Розраховуємо сумарну інтенсивність вхідного потоку кадрів комутатора:

$$\sum_{\text{ВИХ}} = P_{1 \text{ ВИХ}} + P_{2 \text{ ВИХ}} + P_{3 \text{ ВИХ}} + P_{4 \text{ ВИХ}} = 2120 \frac{\text{кадр}}{\text{с}}.$$

Розраховуємо продуктивність комутатора:

$$P = 5 \cdot \sum_{\text{ВИХ}} = 10600 \frac{\text{кадр}}{\text{с}}.$$

Розраховуємо продуктивність комутатора з урахуванням використання додаткових функцій:

$$P_{\text{дод}} = 8 \cdot L_{\text{кадр мін}} \cdot P = 5427200 \frac{\text{біт}}{\text{с}}.$$

Приклад 5.4. Нехай на один із портів комутатора Ethernet надходить потік кадрів з такими розрахунковими параметрами:

- інтенсивність потоку кадрів – 400 пакет/с;
- довжина поля даних у кадрі – 600 байт.

Обрати мінімально необхідну швидкість передавання, яку має підтримувати розглядуваний порт комутатора, враховуючи, що коефіцієнт використання цього порту не має перевищувати 30 %.

При проведенні розрахунку преамбулюю та міжкадровим інтервалом Ethernet знехтувати.

Розв'язання

Оскільки коефіцієнт використання цього порту не має перевищувати 30 %, то

$$\rho_{\text{макс}} = \frac{30}{100} = 0,3.$$

Об'єм службової інформації кадру Ethernet становить 18 байт. Тоді загальна довжина кадру Ethernet становить

$$L_{\text{кадр Ethernet}} = L_{\text{служб}} + L_{\text{корисн}} = 618 \text{ байт.}$$

Розраховуємо швидкість передачі, яку має підтримувати розглядуваний порт комутатора:

$$C = \frac{8 \cdot L_{\text{кадр Ethernet}} \cdot \lambda}{\rho_{\text{макс}}} = 6,592 \cdot 10^6 \frac{\text{біт}}{\text{с}}.$$

5.2 Задачі для самостійного розв'язання

Приклад 5.1. Нехай дана матриця розподілу потоків пакетів між портами комутатора Ethernet, елементами якої є інтенсивності потоків пакетів між відповідними портами, A .

Визначити мінімально допустиму продуктивність комутатора (у кадрах за 1 с) з урахуванням того, що вона має перевищувати розрахункове значення продуктивності в n разів з метою гарантування забезпечення необхідної продуктивності в реальних умовах роботи з урахуванням використання додаткових функцій (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	Матриця розподілу потоків пакетів між портами комутатора Ethernet A	n , рази
1	2	3
1	$\begin{pmatrix} 0 & 100 & 80 & 250 \\ 60 & 20 & 120 & 170 \\ 70 & 90 & 0 & 800 \\ 110 & 140 & 150 & 0 \end{pmatrix}$	4
2	$\begin{pmatrix} 0 & 330 & 165 & 825 \\ 198 & 0 & 594 & 396 \\ 231 & 297 & 0 & 2640 \\ 363 & 462 & 495 & 0 \end{pmatrix}$	6

Продовження таблиці 5.2

1	2	3
3	$\begin{pmatrix} 0 & 220 & 110 & 550 \\ 132 & 0 & 396 & 264 \\ 154 & 198 & 0 & 1760 \\ 242 & 308 & 330 & 0 \end{pmatrix}$	7
4	$\begin{pmatrix} 0 & 580 & 290 & 1450 \\ 348 & 0 & 1044 & 696 \\ 406 & 522 & 0 & 4640 \\ 638 & 812 & 870 & 0 \end{pmatrix}$	5
5	$\begin{pmatrix} 0 & 620 & 310 & 1550 \\ 372 & 0 & 1116 & 744 \\ 434 & 558 & 0 & 4960 \\ 682 & 868 & 930 & 0 \end{pmatrix}$	4
6	$\begin{pmatrix} 0 & 720 & 360 & 1800 \\ 432 & 0 & 1296 & 864 \\ 504 & 648 & 0 & 5760 \\ 792 & 1008 & 1080 & 0 \end{pmatrix}$	8
7	$\begin{pmatrix} 0 & 750 & 375 & 1875 \\ 450 & 0 & 1350 & 900 \\ 525 & 675 & 0 & 6000 \\ 825 & 1050 & 1125 & 0 \end{pmatrix}$	6
8	$\begin{pmatrix} 0 & 850 & 425 & 2125 \\ 510 & 0 & 1530 & 1020 \\ 595 & 765 & 0 & 6800 \\ 935 & 1190 & 1275 & 0 \end{pmatrix}$	5
9	$\begin{pmatrix} 0 & 1070 & 535 & 2675 \\ 642 & 0 & 1926 & 1284 \\ 749 & 963 & 0 & 8560 \\ 1177 & 1498 & 1605 & 0 \end{pmatrix}$	7

Продовження таблиці 5.2

1	2	3
10	$\begin{pmatrix} 0 & 1170 & 585 & 2925 \\ 702 & 0 & 2106 & 1404 \\ 819 & 1053 & 0 & 9360 \\ 1287 & 1638 & 1755 & 0 \end{pmatrix}$	4

Задача 5.2. Нехай дана матриця розподілу потоків пакетів між портами комутатора Ethernet, елементами якої є інтенсивності потоків пакетів між відповідними портами A .

Визначити мінімально допустиму продуктивність комутатора з урахуванням того, що вона має перевищувати розрахункове значення продуктивності в n разів з метою гарантування забезпечення необхідної продуктивності в реальних умовах роботи з урахуванням використання додаткових функцій.

При проведенні розрахунку використовувати мінімальну довжину кадру Ethernet $L_{\text{кадр мін}}$, а преамбулою та міжкадровим інтервалом знехтувати (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	Матриця розподілу потоків пакетів між портами комутатора Ethernet A	n	$L_{\text{кадр мін}}$, байт
1	2	3	4
1	$\begin{pmatrix} 0 & 100 & 80 & 250 \\ 60 & 20 & 120 & 170 \\ 70 & 90 & 0 & 800 \\ 110 & 140 & 150 & 0 \end{pmatrix}$	6	128
2	$\begin{pmatrix} 0 & 220 & 110 & 550 \\ 132 & 0 & 396 & 264 \\ 154 & 198 & 0 & 1760 \\ 242 & 308 & 330 & 0 \end{pmatrix}$	4	64

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4
3	$\begin{pmatrix} 0 & 330 & 165 & 825 \\ 198 & 0 & 594 & 396 \\ 231 & 297 & 0 & 2640 \\ 363 & 462 & 495 & 0 \end{pmatrix}$	5	256
4	$\begin{pmatrix} 0 & 580 & 290 & 1450 \\ 348 & 0 & 1044 & 696 \\ 406 & 522 & 0 & 4640 \\ 638 & 812 & 870 & 0 \end{pmatrix}$	7	64
5	$\begin{pmatrix} 0 & 620 & 310 & 1550 \\ 372 & 0 & 1116 & 744 \\ 434 & 558 & 0 & 4960 \\ 682 & 868 & 930 & 0 \end{pmatrix}$	8	128
6	$\begin{pmatrix} 0 & 720 & 360 & 1800 \\ 432 & 0 & 1296 & 864 \\ 504 & 648 & 0 & 5760 \\ 792 & 1008 & 1080 & 0 \end{pmatrix}$	4	64
7	$\begin{pmatrix} 0 & 750 & 375 & 1875 \\ 450 & 0 & 1350 & 900 \\ 525 & 675 & 0 & 6000 \\ 825 & 1050 & 1125 & 0 \end{pmatrix}$	5	32
8	$\begin{pmatrix} 0 & 850 & 425 & 2125 \\ 510 & 0 & 1530 & 1020 \\ 595 & 765 & 0 & 6800 \\ 935 & 1190 & 1275 & 0 \end{pmatrix}$	6	128
9	$\begin{pmatrix} 0 & 1070 & 535 & 2675 \\ 642 & 0 & 1926 & 1284 \\ 749 & 963 & 0 & 8560 \\ 1177 & 1498 & 1605 & 0 \end{pmatrix}$	4	64
10	$\begin{pmatrix} 0 & 1170 & 585 & 2925 \\ 702 & 0 & 2106 & 1404 \\ 819 & 1053 & 0 & 9360 \\ 1287 & 1638 & 1755 & 0 \end{pmatrix}$	7	32

Задача 5.3. Нехай відомі значення вхідної та вихідної інтенсивності потоків кадрів для кожного порту комутатора Ethernet (таблиця 5.4).

Визначити мінімально допустиму продуктивність комутатора (у кадрах за 1 с) з урахуванням того, що вона має перевищувати розрахункове значення продуктивності в n разів з метою гарантування забезпечення необхідної продуктивності в реальних умовах роботи з урахуванням використання додаткових функцій.

Таблиця 5.4 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	N	λ , кадр/с		$L_{\text{кадр}}$ мін, байт	n
		вхідного	вихідного		
1	2	3	4	5	6
1	1	880	528	64	4
	2	792	726		
	3	2112	836		
	4	880	2574		
2	1	1320	792	32	6
	2	1188	1089		
	3	3168	1254		
	4	1320	3861		
3	1	2320	1392	128	5
	2	2088	1914		
	3	5568	2204		
	4	2320	6786		
4	1	2480	1488	256	7
	2	2232	2046		
	3	5952	2356		
	4	2480	7254		
5	1	2880	1728	32	8
	2	2592	2376		
	3	6912	2736		
	4	2880	8424		
6	1	3000	1800	64	4
	2	2700	2475		
	3	7200	2850		
	4	3000	8775		

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6
7	1	3400	2040	256	5
	2	3060	2805		
	3	8160	3230		
	4	3400	9945		
8	1	4280	2568	128	6
	2	3852	3531		
	3	10272	4066		
	4	4280	12519		
9	1	4680	2808	64	7
	2	4212	3861		
	3	11232	4446		
	4	4680	13689		
10	1	4420	2616	128	5
	2	3942	3188		
	3	10124	4256		
	4	3860	12286		

Задача 5.4. Нехай на один із портів комутатора Ethernet надходить потік кадрів з такими розрахунковими параметрами (таблиця 5.5):

- інтенсивність потоку кадрів – λ ;
- довжина поля даних у кадрі – $L_{\text{корисн}}$.

Обрати мінімально необхідну швидкість передавання, яку має підтримувати розглядуваний порт комутатора, враховуючи, що коефіцієнт використання цього порту не має перевищувати 30 %.

При проведенні розрахунку преамбулою та міжкадровим інтервалом Ethernet знехтувати.

Таблиця 5.5 – Вихідні дані для розрахунку

Варіант	λ , пакет/с	$L_{\text{корисн}}$, байт
1	2200	650
2	1000	700
3	900	500
4	250	650
5	55000	850
6	70000	1200
7	9200	680
8	800	720
9	72000	720
10	800	840

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Горбатий І. В., Бондарєв А. П. Телекомунікаційні системи та мережі. Принципи функціонування, технології та протоколи. Львів: Львівська політехніка, 2016. 336 с.

2 Електронні матеріали з сайту <http://www.cisco.com>.

3 Воробієнко П. П., Нікітюк Л. А., Резніченко П. І. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: підруч. для вищ. навч. закл. Київ: САММІТ-Книга, 2010. 708 с.

4 Blokdyk G. Telecommunications Network A Complete Guide. 5STARCOOKS. 2021. 306 p.

5 Yaman H. Concentrator Location in Telecommunications Networks. Solan: Springer. 2014. 275 p.

6 Ekman B. Telecommunication Networks: Present and Future Scenario. CLANRYE INTERNATIONAL. 2015. 206 p.

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»*

Частина 1

Відповідальний за випуск Індик С. В.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 2022 р.
Умовн. друк. арк. 2,0. Тираж . Замовлення № .
Видавець та виготовлювач Український державний
університет залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.