

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Сумський державний університет  
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до кваліфікаційної роботи магістра на тему:

**«Комунікаційний пристрій для комп'ютерної мережі на  
базі протоколу RIP»**

Завідувач кафедрою

А.С. Опанасюк

Керівник роботи

О.В. Бережна

Консультант з  
техніко-економічної частини

О.М. Маценко

Проектував студент

М.І. Арехов

Суми  
2018 р.



**6. Консультанти до проекту (роботи), з зазначенням розділів проекту, що до них відносяться**

| Розділ    | Консультант  | Підпис, дата   |                  |
|-----------|--------------|----------------|------------------|
|           |              | Завдання надав | Завдання прийняв |
| Економіка | Маценко О.М. |                |                  |
|           |              |                |                  |
|           |              |                |                  |

**7. Дата надання завдання** \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Завдання прийняв до виконання** \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Календарний план**

| № п/п | Найменування етапів дипломного проекту (роботи)        | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------|
| 1.    | Огляд технічної літератури                             | 20.10.18                                 |          |
| 2.    | Науково-дослідна частина                               | 05.11.18                                 |          |
| 3.    | Розробка алгоритму функціонування та структурної схеми | 15.11.18                                 |          |
| 4.    | Розробка схеми електричної функціональної              | 20.11.18                                 |          |
| 5.    | Розробка схеми електричної принципової                 | 28.11.18                                 |          |
| 6.    | Розробка техніко-економічної частини                   | 02.12.18                                 |          |
| 7.    | Оформлення графічної частини                           | 07.12.18                                 |          |
| 8.    | Оформлення пояснювальної записки                       | 10.12.18                                 |          |
| 9.    | Рецензування та підготовка до захисту                  | 15.12.18                                 |          |
|       |                                                        |                                          |          |
|       |                                                        |                                          |          |

**Студент-дипломник** \_\_\_\_\_

**Керівник проекту** \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 96 аркушів, 28 рисунків, 14 таблиці.

Кваліфікаційна робота магістра на тему: «Комунікаційний пристрій для комп'ютерної мережі на базі протоколу RIP» включає в себе пояснювальну записку та графічну частину.

Графічна частина роботи включає в себе: блок-схему алгоритму роботи пристрою, структурну, функціональну та принципову електричну схему.

Пояснювальна записка містить шість розділів: огляд літератури і постановку завдання проектування, розробку структурної схеми пристрою та алгоритму його функціонування, розробку функціональної та принципової схем пристрою, техніко-економічну частину.

У першому розділі описана загальна інформація про маршрутизатори, їх призначення, основні функції та види, а також постановку завдання на проектування.

У другому розділі виконана науково-дослідна робота. Досліджено аналіз часу збіжності мережі і оцінка впливу різних факторів: часових параметрів протоколів маршрутизації, складності топології мережі, пропускну здатності каналів зв'язку та завантаження мережі.

У третьому розділі розроблено алгоритм функціонування і схема електрична структурна пристрою.

У четвертому розділі розроблена схема електрична функціональна пристрою.

У п'ятому розділі розроблено схема електрична принципова, виконано розрахунок її основних вузлів і блоків.

У шостому розділі «Техніко-економічна частина» розраховано показники собівартості виготовлення пристрою.

## ЗМІСТ

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                          | 4  |
| 1 Огляд літератури .....                                            | 6  |
| 1.1 Загальне поняття про комп'ютерні мережі .....                   | 6  |
| 1.2 Внутрішній протокол маршрутизації RIP.....                      | 16 |
| 1.3 Постановка завдання.....                                        | 24 |
| 2 Науково-дослідна частина.....                                     | 25 |
| 2.1 Аналіз результатів досліджень з оцінки часу збіжності .....     | 25 |
| 2.2 Технологічні рішення на зниження часу збіжності мережі.....     | 39 |
| 2.3 Обмеження відносин суміжності при розсилці LSA-повідомлень .... | 41 |
| 2.4 Обчислення алгоритму найкоротших шляхів SPF.....                | 44 |
| 3 Розроблення алгоритму роботи та структурної схеми пристрою .....  | 46 |
| 3.1 Розробка алгоритму функціонування .....                         | 46 |
| 3.2 Обґрунтування структурної схеми.....                            | 53 |
| 4 Розроблення схеми електричної функціональної .....                | 57 |
| 5 Розроблення схеми електричної принципової пристрою .....          | 59 |
| 5.1 Вибір елементарної бази.....                                    | 59 |
| 5.2 Розроблення програмного забезпечення пристрою.....              | 73 |
| 6 Техніко-економічна частина .....                                  | 75 |
| 6.1 Організація електронного документообігу.....                    | 75 |
| 6.2 Розрахунок повної собівартості пристрою (установки) .....       | 80 |
| Висновки .....                                                      | 93 |
| Список літератури .....                                             | 94 |

|            |      |               |        |      |                                                                                                         |                    |       |         |
|------------|------|---------------|--------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|---------|
|            |      |               |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ                                                                                 |                    |       |         |
| Зм.        | Арк. | № докум.      | Підпис | Дата | Комунікаційний пристрій для<br>комп'ютерної мережі на базі<br>протоколу RIP<br><br>Пояснювальна записка | Літ.               | Аркуш | Аркушів |
| Розробив   |      | Архов М.І.    |        |      |                                                                                                         |                    |       |         |
| Перевірила |      | Бережна О.В.  |        |      |                                                                                                         |                    | 3     | 96      |
| Реценз.    |      |               |        |      |                                                                                                         | СумДУ, гр. ЕСм.-71 |       |         |
| Н. контр.  |      | Гапич В.М.    |        |      |                                                                                                         |                    |       |         |
| Затвердив  |      | Опанасюк А.С. |        |      |                                                                                                         |                    |       |         |

## ВСТУП

Напрямок проектування пристрою для магістерської дипломної роботи полягав у розробленні комунікаційного пристрою для комп'ютерної мережі на основі протоколу RIP. Тобто напрямком проектованого пристрою – комп'ютерна мережа.

Актуальність аналізу методів комутації пакетів обумовлена зростаючими вимогами до продуктивності роботи комп'ютерних мереж, використанням інтенсивних прикладних додатків та передачею великих об'ємів даних, що потребує підвищення ефективності роботи мережевого обладнання при передачі різного типу трафіку.

Методи і схеми комутації, що використовуються операційною системою багатопротокольного маршрутизатора визначають спосіб вирішення задачі комутації пакетів з одного мережевого сегмента в інший. Основні зусилля виробників мережевого обладнання направлені на розробку нових та вдосконалення існуючих методів комутації пакетів.

Особливого значення набувають питання виявлення переваг та недоліків існуючих методів комутації, встановлення оптимального методу комутації залежно від рівня навантаження процесора, типу трафіку та рівня якості сервісів користувачів.

Предметом дослідження аналіз часу збіжності мережі і оцінка впливу різних факторів та їх вплив на якість сервісів для користувачів.

У топологічно розподіленій комп'ютерній мережі використовують такі методи комутації: комутацію каналів, пакетів і повідомлень.

Основна особливість методу комутації каналів полягає в встановленні виділеного каналу зв'язку на весь час з'єднання. Метод комутації пакетів полягає в тому, що дані розбиваються і передаються у вигляді блоків, які називаються пакетами. Кожен пакет, що передається, містить дані та службову інформацію. Мережі з комутацією повідомлень стали прототипом сучасних мереж з комутацією пакетів і сьогодні в чистому вигляді практично не використовуються.

Так само, як і дипломати, які використовують під час зустрічей дипломатичні протоколи, комп'ютери використовують мережеві протоколи для зв'язку один із них в комп'ютерній мережі.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 4   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

Маршрутизатор будує свої адресні таблиці за допомогою спеціальних службових протоколів, які зазвичай називають протоколами обміну маршрутною інформацією або протоколами маршрутизації.

По-перше, протокол обміну маршрутною інформацією тісно пов'язаний з певним протоколом мережевого рівня, так як він повинен відображати спосіб адресації мереж і вузлів, прийнятий в цьому мережевому протоколі. Тому для кожного мережевого протоколу повинен використовуватися свій протокол обміну маршрутною інформацією. По-друге, для кожного мережевого протоколу розроблено кілька протоколів обміну маршрутною інформацією, що відрізняються способом побудови таблиці маршрутизації.

У результаті в корпоративній мережі може одночасно працювати кілька протоколів обміну маршрутною інформацією, наприклад, RIP IP, RIP IPX, OSPF, NLSP, IGRP. Для того щоб домогтися їх узгодженої роботи, від адміністратора мережі потрібне використання відповідних маршрутизаторів і виконання специфічних операцій по їх настройці.

Протокол RIP дуже популярний серед тих, хто має відношення до Internet. Це протокол з використанням алгоритму довжини вектора, де маршрут визначається виходячи з відстані (числа транзитних вузлів) на шляху проходження даних до точки призначення. RIP відомий досить давно – вперше він з'явився в 1982 році як частина набору протоколів TCP/IP у версії UNIX, запропонованої Berkley Software Distribution.

У даний час RIP служить основою для багатьох інших протоколів маршрутизації, наприклад для протоколів маршрутизації компаній AppleTalk, Novell і Banyan. По суті, компанії Microsoft вдалося розширити можливості Windows NT для роботи в глобальних мережах саме за рахунок підтримки маршрутизації пакетів на основі RIP.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 5   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

# 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Загальне поняття про комп'ютерні мережі

Комп'ютерна мережа – це кілька комп'ютерів в межах обмеженої території (що знаходяться в одному приміщенні, в одному або декількох близько розташованих будівлях) і підключених до єдиних ліній зв'язку. Сьогодні більшість комп'ютерних мереж – це локальні комп'ютерні мережі (Local-Area Network), які розміщуються всередині однієї конторської будівлі і засновані на комп'ютерній моделі клієнт/сервер. Мережеві з'єднання складається з двох беручих участь в зв'язку комп'ютерів та шляхи між ними[1].

У моделі клієнт/сервер зв'язок по мережі ділиться на дві області: сторону клієнта і сторону сервера. За визначенням, клієнт запитує інформацію або послуги з сервера. Сервер в свою чергу, обслуговує запити клієнта. Часто кожна сторона в моделі клієнт/сервер може виконувати функції, як сервера, так і клієнта. При створенні комп'ютерної мережі необхідно вибрати різні компоненти, що визначають, свою корпоративну мережу. Комп'ютерна мережа – це невід'ємна частина сучасної ділової інфраструктури, а корпоративна мережа – лише одне із використовуваних в ній додатків і, відповідно, не повинна бути єдиним фактором, що визначає вибір компонентів мережі[1].

Передача інформації між комп'ютерами відбувається за допомогою електричних сигналів, які бувають цифровими та аналоговими. У комп'ютері використовуються цифрові сигнали у двійковому вигляді, а під час передачі інформації по мережі – аналогові (хвильові). Частота аналогового сигналу – це кількість виникнень хвилі у задану одиницю часу. Аналогові сигнали також використовуються модеми, у яких двійковий нуль, що перетворюється у сигнал низької частоти, а одиниця – високої частоти. Комп'ютерна мережа являє собою сукупність територіально рознесених комп'ютерів, здатних обмінюватися між собою повідомленнями через середовище передачі даних.

Комп'ютери підключаються до мережі через вузли комутації. Вузли комутації з'єднуються між собою каналами зв'язку. Вузли комутації разом з каналами зв'язку утворюють середовище передачі даних. Комп'ютери,

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 6   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |



підключені до мережі, у літературі називають вузлами, абонентськими пунктами чи робочими станціями. Комп'ютери, що виконують функції керування мережею чи надають які-небудь мережеві послуги, називаються серверами. Комп'ютери, що користуються послугами серверів, називаються клієнтами. Кожен комп'ютер, підключений до мережі, має ім'я (адресу)[2].

Комп'ютерні мережі можуть обмінюватися між собою інформацією у вигляді повідомлень. У загальному випадку повідомлення по шляху до абонента-одержувача проходить декілька вузлів комутації. Кожний з них, аналізуючи адресу одержувача в повідомленні і володіючи інформацією про конфігурацією мережі, вибирає канал зв'язку для наступного пересилання повідомлення. Таким чином, повідомлення "подорожує" по мережі, поки не досягає абонента-одержувача[1].

1.1.1 Види класифікацій комп'ютерних мереж. Сьогодні в світі нараховується десятки тисяч різних інформаційно-комунікаційних мереж і для їх розгляду корисно мати систему класифікації [3]. Установленої класифікації мереж поки, що не існує, але для них можна виявити певні класифікаційні ознаки за призначенням:

- організацією управління;
- організації передачі інформації;
- топологією;
- методах теледоступу;
- фізичних носіях сигналів;
- управлінню доступом до фізичного середовища передачі, тощо.

Шинна топологія представлена на рис 1.1. При такій топології комунікаційний кабель створює незамкнуту лінію, тобто кабель має лівий і правий кінці, на яких встановлюються спеціальні обмежувачі – термінатори. Дані, що передаються вузлом, поширюються на два кінці кабеля.

Проміжні вузли не виконують ніяких функцій щодо ретрансляції інформації, яка передається. Приймний вузол розпізнає призначені йому дані і читає повідомлення, що передаються. Мережі з шинною топологією характеризуються хорошою стійкістю і економічністю, але можуть мати невелику довжину[2].

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 7   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

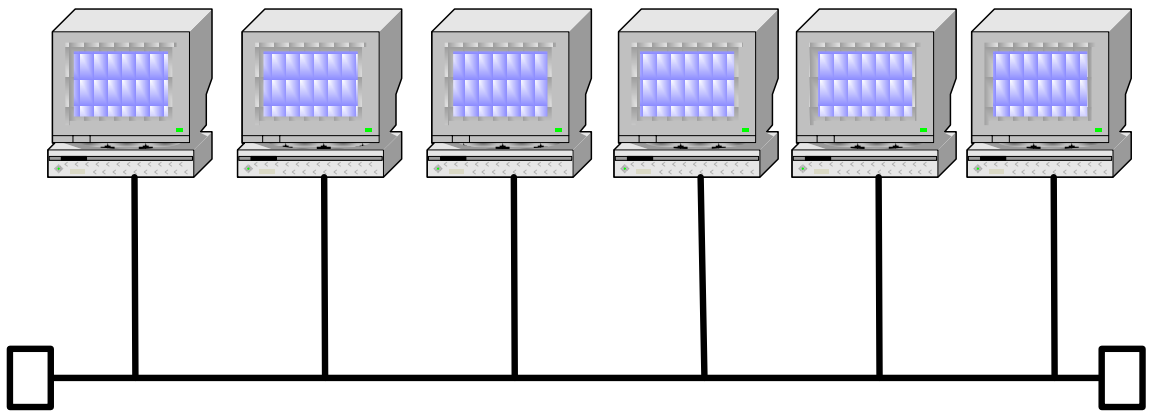


Рисунок 1.1 – Шинна топологія

Кільцева топологія представлена на рис 1.2. При такій топології вузли з'єднуються один до другого, створюючи коло. Дані передаються в мережі по колу від вузла до вузла тільки в одному напрямі, наприклад, за годинниковою стрілкою. Кожен проміжний вузол між передавачем і приймачем ретранслює послане повідомлення. Вузол-приймач розпізнає і приймає тільки адресоване йому повідомлення. Мережі з кільцевою топологією мають більшу надійність порівняно з зіркоподібною, ретрансляція інформації окремими вузлами дозволяє підсилювати сигнали і таким чином збільшити довжину мережі, з одного боку, а з іншого – мережа виходить з ладу при несправностях хоча б в одному із вузлів[4].

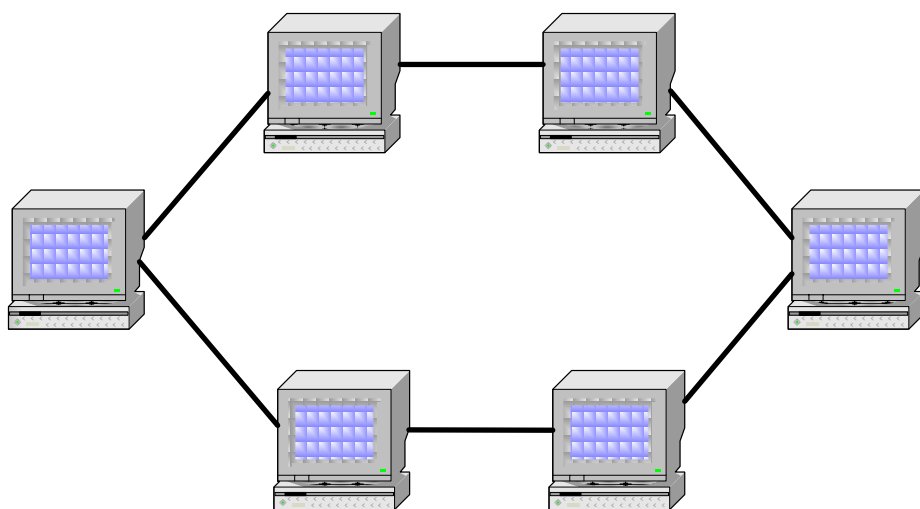


Рисунок 1.2 – Кільцева топологія



Комутатор — пристрій, призначений для з'єднання декількох вузлів інфо-комунікаційної мережі в межах одного або декількох сегментів мережі.

На відміну від концентратора, який поширює трафік від одного підключеного пристрою до всіх останніх, комутатор передає дані тільки безпосередньо одержувачеві, виняток становить ширококомовний трафік всім вузлам мережі.

Програмний комутатор (англ. Softswitch) — це пристрій управління мережею NGN, покликаний відокремити функції управління з'єднаннями від функцій комутації, здатне обслуговувати велике число абонентів і взаємодіяти з серверами додатків, підтримуючи відкриті стандарти[6].

Основне завдання Softswitch – погоджувати різні протоколи сигналізації. Він здатний погоджувати роботу мереж одного типу і налагоджувати взаємодію мереж комутації каналів з IP – мережами[6].

Softswitch забезпечує доступ до різних мереж і додатків, за рахунок чого спрощує процес організації додаткових сервісів. Він робить можливим повний набір сучасних послуг телефонії (інтелектуальна маршрутизація викликів, виклик, переклад, конференції, контроль і обмеження і т.д.). Softswitch надає великі можливості для сервісів певної телефонної лінії .

1.1.3 Керовані і некеровані комутатори. Всі комутатори можна умовно поділити на керовані і некеровані. Комутатор 2-го рівня передає кадри за MAC-адресами, ставить і прибирає мітки VLAN (Virtual Local Area Network) – логічна ("віртуальна") локальна комп'ютерна мережа, представляє собою групу хостів із загальним 23 набором вимог, розпізнавати пріоритети (QoS), встановлювати кадри в черзі, визначати атаки, рахувати трафік, фільтрувати за номерами портів та інше. Вони призначені для створення невеликих локальних мереж. Можуть бути в настольному виконанні і можуть монтуватися в стійку. Зазвичай мають від 4 до 48 портів по 10-100 Мбіт/с. Деякі моделі можуть мати гігабітні порти, а зі сторони магістралі - роз'єми для оптичних кабелів.

Некеровані комутатори можуть мати і деякі розширені функції – такі як підтримка режиму живлення по Ethernet (POE), завдяки чому до них можна підключати пристрої, що розміщуються у важко доступних місцях. Є «зелені» комутатори, які економлять електроенергію, автоматично відключаючи неактивні входи. Клас керованих комутаторів другого рівня починається з автономних пристроїв, які характеризуються збільшеними

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 10  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

функціями конфігурації, виставлення пріоритетів трафіка, управління пропускнуою спроможністю, моніторингу трафіку і т.д., а також великою наявністю протоколів управління. Комутатори ядра мережі (рівня 3). в додаток до функцій рівня 2, реалізують маршрутизацію IP-пакетів, забезпечують фільтрацію трафіку[6].

Комутатор рівня 3 дозволяє організувати кілька VLAN, трафік яких не змішується – це корисно, наприклад, в бізнес-центрах, де можна на одному комутаторі організувати локальні мережі декількох компаній, або ж для розмежування підрозділів однієї компанії. Комутатори 3-го рівня здатні, на додаток до звичайних функцій, маршрутизувати трафік між портами на IP-рівні. Швидко, але з дуже обмеженими можливостями (як правило, не можна підрахувати трафік, побудувати складні фільтри та інше). Основне призначення комутаторів третього рівня (Layer 3 Switch) – створення високопродуктивних магістралей і усунення "вузьких місць" в локальних мережах. З функціональної точки зору, комутатори третього рівня є швидко працюючими маршрутизаторами. При обробці пакету вони виконують ті ж самі дії: використовуючи інформацію третього рівня, визначають кращий шлях передачі пакета, за допомогою контрольної суми перевіряють цілісність пакету і т.д [6].

1.1.4 Типи комутації. Під комутацією зазвичай розуміють чотири різні технології – конфігураційна комутація, комутація кадрів, комутація осередків і перетворення між кадрами, і осередками[3].

Конфігураційна комутація відома також як комутація портів, при цьому конкретний порт на модулі інтелектуального концентратора приписується до одного з внутрішніх сегментів Ethernet (чи Token Ring). Це призначення робиться видаленим чином за допомогою програмного управління мережею при підключенні або переміщенні користувачів і ресурсів в мережі.

Комутація кадрів, або комутація, в локальній мережі використовує стандартні формати кадрів Ethernet (чи Token Ring). Кожен кадр обробляється найближчим комутатором і передається далі по мережі безпосередньо одержувачеві. У результаті мережа перетворюється як би на сукупність паралельно працюючих високошвидкісних прямих каналів[2].

Комутація осередків застосовується в АТМ (асинхронний спосіб передачі даних). Використання невеликих осередків фіксованої довжини дає можливість створити недорогі високошвидкісні комутуючі структури на

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 11  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

апаратному рівні. І комутатори кадрів, і комутатори осередків можуть підтримувати декілька незалежних робітників груп незалежно від їх фізичного підключення.

Перетворення між кадрами і осередками дозволяє, наприклад, станції з платою Ethernet безпосередньо взаємодіяти з пристроями в мережі АТМ.

1.1.5 Порівняння комутації каналів та комутації пакетів. Процес з'єднання абонентів інфо-комунікаційної мережі через транзитні вузли називається – комутацією. Комунікаційні мережі повинні забезпечувати зв'язок своїх абонентів між собою. Використовуються два види комутації абонентів в мережі: комутація каналів та комутація пакетів.

Під комутацією каналів розуміється утворення складного фізичного каналу, з послідовно з'єднаних окремих канальних ділянок, для прямої передачі даних між вузлами. Окремі канали з'єднуються між собою спеціальною апаратурою — комутаторами, що можуть встановлювати зв'язок між будь-якими кінцевими вузлами мережі. У мережі з комутацією каналів перед передачею даних завжди необхідно виконати процедуру встановлення з'єднання, у процесі якої і створюється складений канал[7].

Переваги:

- постійна і відома швидкість передачі;
- постійний рівень затримок.

Недоліки:

- відмова мережі в обслуговуванні;
- нераціональне використання каналу;
- обов'язкова затримка перед передачею даних.

1.1.6 Комутуючі концентратори. Перший комутуючий концентратор EtherSwitч був представлений компанією Kalpana. Цей концентратор дозволяв понизити конкуренцію в мережі за рахунок скорочення числа вузлів в логічному сегменті за допомогою технології мікросегментації. Число станцій в одному сегменті скорочувалося до двох: станція, що ініціює запит, і станція, що відповідає на запит. Ніяка інша станція не бачить передавану між ними інформацію. Пакети передаються через міст, але без властивої мосту затримки[7].

У комутованій мережі Ethernet кожному членові групи з декількох користувачів може бути одночасно гарантована пропускна спроможність 10 Мбіт/с.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 12  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

Комутуючі концентратори діють аналогічним чином: вони передають пакети з вхідного порту на вихідний порт через комутуючу матрицю. Коли пакет потрапляє на вхідний порт, комутатор читає його MAC-адреса (адреса другого рівня), і він негайно перенаправляється на порт, пов'язаний з цією адресою. Якщо порт зайнятий, то пакет поміщається в чергу. По суті, черга є буфером на вхідному порту, де пакети чекають, коли потрібний порт звільниться [7]. Проте методи буферизації дещо відрізняються. Комутуючі концентратори функціонують аналогічно колишнім телефонним комутаторам: вони сполучають вхідний порт безпосередньо з вихідним через комутуючу матрицю.

1.1.7 Принцип роботи комутатора. Комутатор зберігає в пам'яті таблицю комутації (що зберігається в асоціативній пам'яті), в якій вказується відповідність MAC-адресу вузла порту комутатора. При включенні комутатора ця таблиця порожня, і він працює в режимі навчання. У цьому режимі дані, що поступають на який-небудь порт передаються на решту всіх портів комутатора. При цьому комутатор аналізує кадри (фрейми) і, визначивши MAC-адресу хоста-відправника, заносить його в таблицю. [6].

1.1.8 Побудова віртуальних мереж. Окрім підвищення продуктивності, комутатори дозволяють створювати віртуальні мережі. Одним з методів створення віртуальної мережі є створення широкомовного домена за допомогою логічного з'єднання портів усередині фізичної інфраструктури комунікаційного пристрою (це може бути як інтелектуальний концентратор – конфігураційна комутація, так і комутатор – комутація кадрів)[8]. Наприклад, непарні порти восьмипортового пристрою приписуються до однієї віртуальної мережі, а парні – до іншої.

1.1.9 Мережевий протокол. Протокол являє собою набір правил і угод для оформлення, і передачі інформації з комп'ютерної мережі. Пакет, створений за обраним мережевим протоколом, має строго визначений формат. Якщо на комп'ютерах мережі встановлено однаковий мережевий протокол, то вони зможуть «розуміти» один одного, тобто читати пакети. Комп'ютери з різними протоколами мають різний формат пакетів і відповідно один одного не зрозуміють, також як люди, що сидять в одній кімнаті, але говорять на різних мовах.

Мережевий рівень визначає маршрут передачі інформації між мережами, окремими комп'ютерами, забезпечує обробку помилок, а також

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 13  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

управління потоками даних. Основне завдання мережевого рівня – маршрутизація даних (передача даних між мережами). Спеціальні пристрої - маршрутизатори (Router) визначають для якої мережі призначене те або інше повідомлення, і направляють цю посилку в задану мережу. Для визначення абонента всередині мережі використовується адреса вузла. Для того, щоб визначити шлях передачі даних між мережами на маршрутизаторах будуються таблиці маршрутів, що містять послідовність передачі даних через маршрутизатори[8].

Перш ніж вникати в подробиці і особливості динамічної маршрутизації звернемо увагу на дворівневу модель, в рамках якої розглядається все більше машин Internet. Автономна система – це безліч комп’ютерів, які утворюють досить щільне співтовариство, де існує безліч маршрутів між двома комп’ютерами, що належать цієї спільноти.

У рамках цієї спільноти можна говорити про оптимізацію маршрутів з метою досягнення максимальної швидкості передачі інформації. На противагу цьому щільному конгломерату, автономні системи пов’язані між собою не так тісно як комп’ютери всередині автономної системи[8].



Рисунок 1.4 – Схема взаємодії автономних систем



Сама ідеологія автономних систем виникла в той період, коли ARPANET представляла ієрархічну систему. У той час було ядро системи, до якого підключалися зовнішні автономні системи. Інформація з однієї автономної системи в іншу могла потрапити тільки через маршрутизатори ядра. Така структура досі зберігається в MILNET.

На рисунку 1.4 автономні системи пов'язані тільки однією лінією зв'язку. У класичних публікаціях по Internet взаємодія автономних частин частіше позначають пересічними колами, підкреслюючи той факт, що маршрутів з однієї автономної системи в іншу може бути кілька.

Опис цієї моделі Internet необхідно тільки для того, щоб пояснити наявність двох типів протоколів динамічної маршрутизації (зовнішня і внутрішня).

Зовнішні протоколи служать для обміну інформацією про маршрути між автономними системами.

Внутрішні протоколи служать для обміну інформацією про маршрути усередині автономної системи.

У реальній практиці побудови локальних мереж, корпоративних мереж та їх підключення до провайдерів потрібно знати, головним чином, тільки внутрішні протоколи динамічної маршрутизації. Зовнішні протоколи динамічної маршрутизації необхідні тільки тоді, коли слід побудувати закриту велику систему, яка із зовнішнім світом буде з'єднана тільки невеликим числом захищених каналів даних[8].

До зовнішніх протоколів відносяться Exterior Gateway Protocol (EGP) і Protocol Gateway.

EGP призначений для анонсування мереж, які доступні для автономних систем за межами даної автономної системи. За даним протоколом шлюз однієї AS передає шлюзу іншій AS інформацію про мережі з яких складається його AS. EGP не використовується для оптимізації маршрутів. Вважається, що цим повинні займатися протоколи внутрішньої маршрутизації.

BGP – це інший протокол зовнішньої маршрутизації, який з'явився пізніше EGP. У своїх повідомленнях він вже дозволяє вказати різні ваги для маршрутів, і, таким чином, сприяти вибору найкращого маршруту. Однак, призначення цих ваг не визначається якимись незалежними факторами типу часу доступу до ресурсу або числом шлюзів на шляху до ресурсу.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 15  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

уподобання встановлюються адміністратором і тому іноді таку маршрутизацію називають політичною маршрутизацією, маючи на увазі, що вона відображає технічну політику адміністрації даної автономної системи при доступі з інших автономних систем до її інформаційних ресурсів.

До внутрішніх протоколів відносяться протоколи Routing Information Protocol (RIP), HELLO, Intermediate System to Intermediate System (ISIS), Shortest Path First (SPF) і Open Shortest Path First (OSPF). [9].

Протокол RIP (Routing Information Protocol) призначений для автоматичного оновлення таблиці маршрутів. При цьому використовується інформація про стан мережі, яка розсилається маршрутизаторами (routers). Відповідно до протоколу RIP будь-яка машина може бути маршрутизатором. При цьому, всі маршрутизатори діляться на активні і пасивні. Активні маршрутизатори повідомляють про маршрутах, які вони підтримують в мережі. Пасивні маршрутизатори читають ці ширококомовні повідомлення і виправляють свої таблиці маршрутів, але самі при цьому інформації в мережу не надають. Зазвичай в якості активних маршрутизаторів виступають шлюзи, а в якості пасивних – звичайні машини (hosts).

В основу алгоритму маршрутизації по протоколу RIP покладена проста ідея: чим більше шлюзів треба пройти пакету, тим більше часу потрібно для проходження маршруту. При обміні повідомленнями маршрутизатори повідомляють в мережу IP-номер мережі і число "стрибків" (hops), яке треба зробити, користуючись даним маршрутом. Треба відразу зазначити, що такий алгоритм справедливий тільки для мереж, які мають однакову швидкість передачі з будь-якого сегменту мережі [9].

## 1.2 Внутрішній протокол маршрутизації RIP

Протокол маршрутизації RIP (Routing Information Protocol) відноситься до алгоритмів класу «distance vector» (алгоритм Белмана-Форда). Цей алгоритм є одним із перших алгоритмів маршрутизації, які були використані в інформаційно – обчислювальних мережах взагалі і в мережі Internet зокрема. Однак він досі надзвичайно поширений в обчислювальних мережах. Крім версії RIP для мереж TCP/IP, існує також версія RIP для мереж IPX/SPX компанії Novell.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 16  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

Цей протокол маршрутизації призначений для порівняно невеликих і щодо однорідних мереж. Протокол розроблений в університеті Каліфорнії (Берклі), базується на розробках фірми Ксерокс і реалізує ті ж принципи, що і програма маршрутизації routed, використовувана в ОС UNIX (4BSD). Маршрут тут характеризується вектором відстані до місця призначення. Передбачається, що кожен маршрутизатор є відправною точкою декількох маршрутів до мереж, з якими він пов'язаний[11].

У сучасних мережевих середовищах RIP – не найкраще рішення для вибору в якості протоколу маршрутизації, так як його можливості поступають більш сучасним протоколам, таким як EIGRP, OSPF. Присутнє обмеження на 15 хопов, яке не дає застосовувати його у великих мережах.

1.2.1 RIP працює на основі UDP протоколі. Використовує порт 520. На кожному хості, що використовує RIP, має бути встановлено програмне забезпечення, обробляє RIP пакети. Налаштувати роботу протоколу на маршрутизаторі можна за допомогою того ж Нурер Terminal з робочої станції, що має на це право і доступ. Налаштування проводиться за допомогою команд відповідно до документації до маршрутизатора.

Приклад коректної роботи протоколу

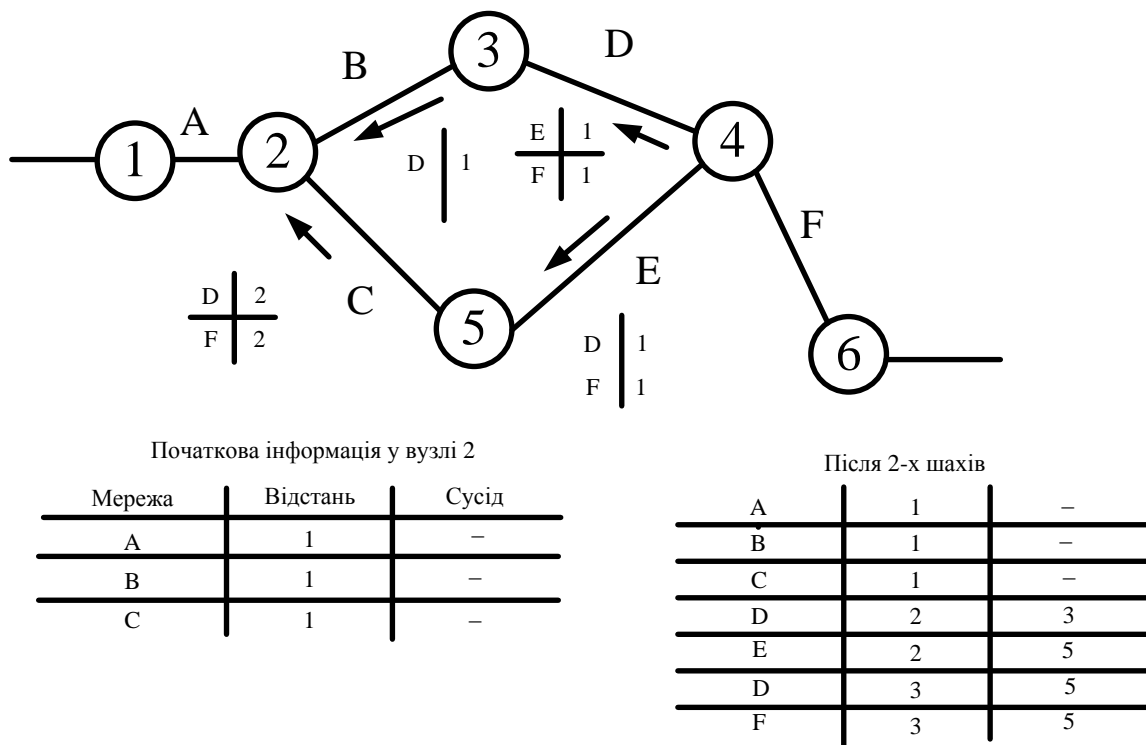


Рисунок 1.5 – Схема коректної роботи протоколу

На рисунку: маршрутизатори 1-6, сегменти мереж А..F; приведена початкова інформація в маршрутизаторі 2 і інформація в ньому після двох ітерацій обміну маршрутними пакетами RIP; після певного числа ітерацій маршрутизатор буде знати про відстані до всіх сегментів, а також альтернативні маршрути.

Нехай мережею призначення є сегмент D. При необхідності відправити пакет в мережу D маршрутизатор переглядає свою базу даних маршрутів і вибирає порт, що має найменше відстані до мережі призначення (у даному випадку порт, що зв'язує його з маршрутизатором 3)[11].

Для адаптації до зміни стану зв'язків і обладнання з кожним записом таблиці маршрутизації пов'язаний таймер. Якщо за час тайм-ауту не прийде нове повідомлення, яке підтверджує цей маршрут, то він видаляється з маршрутної таблиці[11].

Приклад нестійкої роботи по протоколу (відстеження змін в топології)

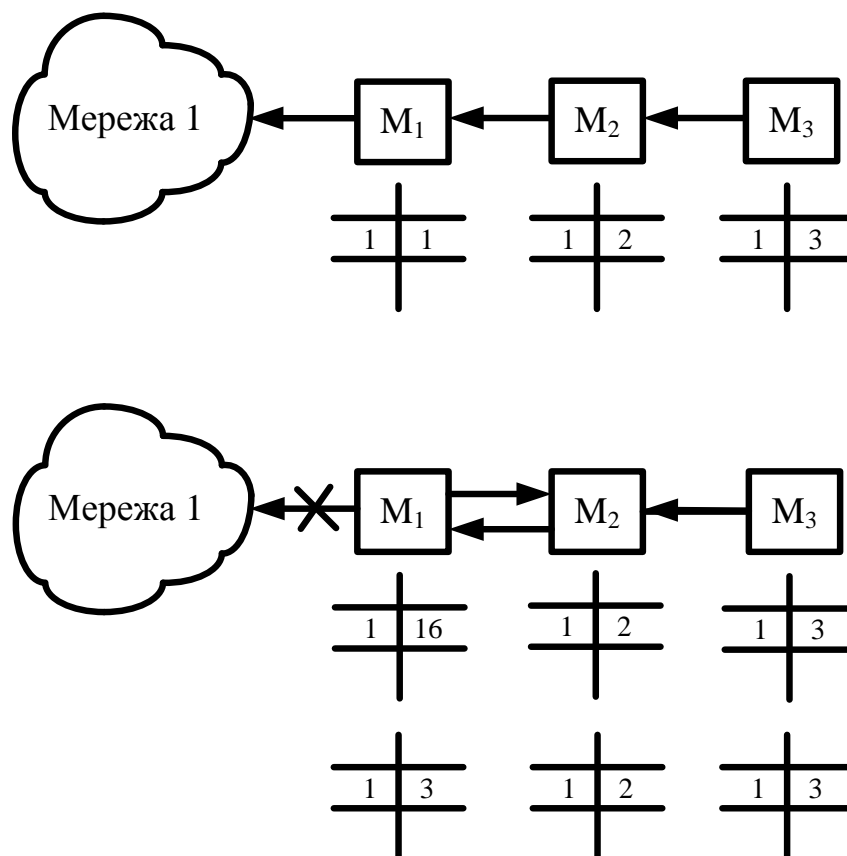


Рисунок 1.6 – Схема нестійкої роботи по протоколу

На рисунку: маршрутизатори M1..M3; при працездатному стані в таблиці маршрутів кожного маршрутизатора є запис про мережу 1 та про відповідній відстані до неї; далі розглянемо випадок обриву лінії зв'язку між мережею 1 і маршрутизатором M1.

При обриві зв'язку з мережею 1 маршрутизатор M1 зазначає, що відстань до цієї мережі прийняло значення 16. Проте отримавши через деякий час від маршрутизатора M2 маршрутне повідомлення про те, що від нього до мережі 1 відстань складає 2 хопу, маршрутизатор M1 нарощує цю відстань на 1 і зазначає, що мережа 1 досяжна через маршрутизатор 2. У записи про мережі 1 в маршрутизаторі 2, і він не передасть цю інформацію березня шрутизатору M1.результаті пакет, призначений для мережі 1, буде циркулювати між маршрутизаторами M1 і M2 до тих пір, поки не закінчиться час зберігання.

Для виключення подібних ситуацій маршрутна інформація про відомого маршрутизатора мережі не передається тому маршрутизаторі, від якого вона прийшла [12].

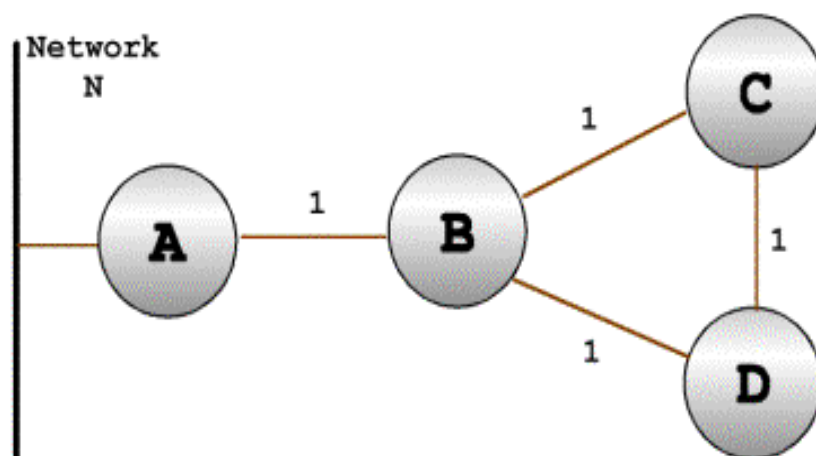


Рисунок 1.7 – Схема нестійкої роботи по протоколу

У початковому стані всі канали передачі даних функціонують нормально і, тому, маршрути з вузлів D і C до мережі N лежать через маршрутизатор B і мають метрику 2.

Припустимо, що в деякий момент часу канал, який пов'язує маршрутизатори A і B, виходить з ладу. Маршрутизатор B в цьому випадку

перестає приймати update для мережі N від маршрутизатора A і після закінчення встановленого інтервалу часу маршрутизатор B визначає мережу N в якості недосяжною і виключає її зі своїх масивів update.

Однак через те, що ці масиви передаються в мережі асинхронно цілком можливо, що незабаром після цього маршрутизатор C отримає масивів update від маршрутизатора D, який поки ще вважає, що маршрут з B до мережі N існує. Отримавши таку інформацію, маршрутизатор C включить в свою таблицю маршрутизації новий маршрут до мережі N - через маршрутизатор D з метрикою 3. Після того, як закінчиться час існування вихідного маршруту в маршрутизаторі D, ця ситуація повториться абсолютно аналогічним чином.

У результаті маршрутизатор D скоректує свою таблицю маршрутизації і внесе в неї маршрут до мережі N через шлюз C з метрикою 4. Подібна ситуація буде таким чином відновлюватися знову і знову з періодом, який відповідає часу існування маршруту (3 T Update). Цей цикл, який називається «рахунок до нескінченності», триватиме до тих пір, поки метрика циклічного маршруту не досягне значення 15, після чого він розірветься автоматично. [11].

1.2.2 Приклад нестійкої роботи по протоколу (лічильник часу timeout – timer). Можливе виникнення ситуації, коли періодичне оновлення буде просто втрачено в мережі через виникнення короткострокового перевантаження або тимчасової непрацездатності каналу передачі даних. Для того щоб в цій ситуації маршрути не були помилково видалені з таблиці маршрутизації, кожному маршруту ставиться у відповідність спеціальний лічильник часу, який називається timeout – timer.

У той момент часу, коли даний маршрут включається в таблицю маршрутизації, або коли для нього приходить чергове оновлення значення лічильника timeout – timer встановлюється рівним  $T_{\text{timeoutmax}} = 180$  секунд і цей лічильник починає зворотний відлік часу. У тому випадку, якщо лічильник timeout – timer будь-якого маршруту досягне значення 0, цей маршрут повинен бути виключений з числа активних маршрутів[13].

Протокол RIP не забезпечує вирішення всіх можливих проблем, які можуть виникнути в процесі визначення маршруту в мережах передачі даних. Як уже згадувалося вище, в першу чергу він призначений для використання в якості IGP в гомогенних мережах невеликого розміру. Крім

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 20  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

того, використання даного протоколу призводить до появи специфічних обмежень на параметри мережі, в якій він може бути використаний.

#### Обмеження максимальної довжини маршруту

Використання протоколу RIP доцільно в мережах, найдовший шлях в яких становить не більше 15 переходів (hops). Дане обмеження визначається способом обчислення маршруту, який прийнятий в даному алгоритмі і не може бути подолане.

Зациклення маршрутів. Використання протоколу RIP може в ряді випадків привести до появи «зациклених маршрутів». Для запобігання виникнення подібних ситуацій повинні бути використані спеціальні заходи (poison reverse, split horizon).

Формат метрики. Для порівняння маршрутів протокол RIP використовує досить просту «метрику» – число переходів. Однак використання даного критерію в цілому ряді випадків не може забезпечити оптимальний вибір маршруту. [13].

Реалізація протоколу. Існують дві версії протоколу RIP: RIP 1 і RIP 2. Версія 2 має деякі удосконалення, як то: можливість маршрутизації мереж по моделі CIDR (крім адреси мережі передається і маска), підтримка мультікастинга, можливість використання аутентифікації RIP повідомлень і ін.[13].

Типи і формат повідомлень. У протоколі RIP є два типи повідомлень, якими обмінюються маршрутизатори:

- відповідь (response) – розсилка вектора відстаней;
- запит (request) – маршрутизатор після завантаження запитує у сусідів їх маршрутні таблиці або дані про певному маршруті.

Поля, помічені знаком \*, відносяться до версії 2; в повідомленнях RIP 1 ці поля повинні бути обнулені. Повідомлення RIP складається з 32 бітного слова, що визначає тип повідомлення і версію протоколу (плюс «Routing Domain» у версії 2), за яким слідує набір з одного і більше елементів вектора відстаней. Кожен елемент вектора відстаней займає 5 слів (20 октетів) (від початку поля «Address Family Identifier» до кінця поля «Metric» включно). Максимальне число елементів вектора – 25, якщо вектор довше, він може розбиватися на кілька повідомлень[14].

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 21  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

|                |            |         |                  |    |
|----------------|------------|---------|------------------|----|
| 0              | 7          | 15      | 23               | 31 |
| Command        |            | Version | Routing Domain * |    |
| Address Family | Identifier |         | Route Tag *      |    |
| IP address     |            |         |                  |    |
| Subnet Mask *  |            |         |                  |    |
| Next Hop *     |            |         |                  |    |
| Metric         |            |         |                  |    |

Рисунок 1.8 – Формат повідомлень

Поле «Command» визначає тип повідомлення: 1 – request, 2 – response; поле «Version» – версію протоколу (1 або 2).

Поле «Address Family Identifier» містить значення 2, яке позначає сімейство адрес IP; інші значення не визначено. Поля «IP address» і «Metric» містять адресу мережі і відстань до неї.

Додатково до полів версії 1 у другій версії визначені наступні.

«Routing Domain» – ідентифікатор RIP системи, до якої належить дане повідомлення; часто - номер автономної системи. Використовується, коли до одного фізичного каналу підключені маршрутизатори з кількох автономних систем, в кожній автономній системі підтримується своя таблиця маршрутів.

«Route Tag» – використовується як мітка для зовнішніх маршрутів при роботі з протоколами зовнішньої маршрутизації.

«Subnet Mask» – маска мережі, адреса якої міститься в поле IP address. RIP 1 працює тільки з класової моделлю адрес.

«Next Hop» – адреса наступного маршрутизатора для даного маршруту, якщо він відрізняється від адреси маршрутизатора, що послав дане повідомлення. Це поле використовується, коли до одного фізичного каналу підключені маршрутизатори з кількох автономних систем і, отже, деякі маршрутизатори «чужий» автономної системи фізично можуть бути досягнуті безпосередньо, минаючи прикордонний маршрутизатор. Про це прикордонний маршрутизатор і оголошує в поле «Next Hop» [13].

1.2.3 Робота протокола RIP. Для кожного запису в таблиці маршрутів існує час життя, контрольоване таймером. Якщо для будь-якої конкретної мережі, внесеної в таблицю маршрутів, протягом 180 с ми отримали вектор



відстаней, що підтверджує або встановлює нову відстань до даної мережі, то мережа буде відзначена як недосяжна. Через певний час модуль RIP, видаляє з таблиці маршрутів всі мережі, відстань до яких нескінченний. [3].

При отриманні повідомлення типу «відповідь», що міститься в ньому елемент вектора відстаней модуль RIP виконує наступні дії:

- перевіряє коректність адреси мережі і маски, зазначених в повідомленні;
- перевіряє, чи не перевищує метрика (відстань до мережі) нескінченності;
- некоректний елемент ігнорується;
- якщо метрика менше нескінченності, вона збільшується на 1;
- проводиться пошук мережі, в таблиці маршрутів;
- якщо запис про таку мережу в таблиці маршрутів не існує і метрика в отриманому елементі вектора менше нескінченності, мережа вноситься в таблицю маршрутів з вказаною метрикою;
- якщо шуканий запис присутній в таблиці з метрикою більше, ніж оголошена в отриманому векторі, в таблицю вносяться нові метрика і, відповідно, адреса наступного маршрутизатора;
- у всіх інших випадках розглянутий елемент вектора відстаней ігнорується.

Повідомлення типу «відповідь» розсилаються модулем RIP кожні 30 сек. по ширококомовному або мультикастинговому (тільки RIP 2) адресами; розсилка «відповідь» може відбуватися також поза графіком, якщо маршрутна таблиця була змінена (triggered response). [3].

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 23  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

### 1.3 Постановка завдання

Для підвищення ефективності функціонування протокола маршрутизації в RIP, обґрунтувати нові алгоритмічні рішення при маршрутизації трафіку в мережах, на які впливають різного роду дестабілізуючі чинники

Для цього потрібно:

- визначити область вдосконалення і перспективу напрямку протокола маршрутизації в RIP;
- розробити структурну схему, блок-схему алгоритму роботи проектованого пристрою на базі протоколу обміну інформацією про маршрутизацію RIP;
- розрахувати повну собівартість пристрою.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 24  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1 Час збіжності протоколів маршрутизації при відмовах в мережі

Постановка завдання: збільшення структурної складності мереж зв'язку і зростання інтенсивності переданого трафіку актуалізує питання забезпечення стійкості мереж до відмов її окремих елементів – каналів і вузлів зв'язку. Проведений аналіз статистики причин відмов в мережах показав, що до 70% відмов обумовлені старінням телекомунікаційного обладнання, 20% – некоректними операціями технічного обслуговування, 17% – збоями в програмному забезпеченні. При виникненні мережевій відмови протоколи маршрутизації повинні забезпечити його коректну обробку, особливо якщо він веде до зміни топології мережі, причому зробити це з мінімальними тимчасовими витратами.

Мета: аналіз часу збіжності мережі і оцінка впливу на даний час різних факторів: часових параметрів протоколів маршрутизації, складності топології мережі, пропускної спроможності каналів зв'язку та завантаження мережі.

Елементом новизни є результати узагальненого аналізу принципів функціонування протоколів маршрутизації і впливу їх часових параметрів на час збіжності мережі. Також до елементу новизни варто віднести теоретичне узагальнення напрямків вдосконалення протоколів маршрутизації в частині поліпшення їх стійкості до відмов в мережі і зниження часу збіжності.

Результати узагальненого аналізу принципів функціонування протоколів маршрутизації, а також впливу їх часових параметрів на час збіжності мережі можуть бути використані для обґрунтування нових алгоритмічних рішень при маршрутизації трафіку в мережах, на які впливають різного роду дестабілізуючі чинники. Аналіз перспективних напрямків вдосконалення протоколів маршрутизації може бути використаний для вдосконалення таких протоколів як: OSPF, OSPF-TE, IS-IS, IGRP, EIGRP.

Актуальність. Розвиток сучасних мереж зв'язку, високі швидкості передачі інформації, а також високі вимоги до надійності і стійкості мереж актуалізують дослідження процесів відновлення мереж після відмов.

Незважаючи на те, що сучасне активне мережеве обладнання відноситься до високонадійних елементів, відмови в мережах не так вже й рідкісне явище.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 25  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

Проведений аналіз [15] показав, що ознаки відмов в мережах можна класифікувати за такими групами:

- 45% ... 70% - природне старіння елементів апаратного забезпечення маршрутизаторів (в першу чергу зносом інтерфейсних плат);
- 20% - некоректні операції технічного обслуговування ;
- 17% - збої в програмному забезпеченні маршрутизаторів;
- 16% - збоями в електроживленні ;
- стосовно до транспортних мереж 84% відмов у них обумовлені збоями оптичного устаткування .

Кожна відмова в мережі веде до припинення інформаційного обміну на десятки секунд. З урахуванням високих швидкостей передачі, це викликає втрати гігабіт даних, і, як наслідок, суттєво знижує готовність мережі[15].

Проведений аналіз робіт вітчизняних авторів показав, що підвищення стійкості мереж зв'язку до відмов її елементів за рахунок конфігурації інформаційних потоків і підвищення ефективності протоколів маршрутизації є актуальною прикладною задачею.

У роботі не розглядається тимчасові параметри реакції протоколу маршрутизації на відмову в мережі, не деталізуються процеси реконфігурації маршрутів, а основна увага приділяється топологічним аспектам стійкості мереж.

Роглянуто процеси реакції мережі на відмови каналів зв'язку і вузлового обладнання в межах однієї автономної області маршрутизації, тому в ній аналізуються лише протоколи внутрішньодоменної динамічної маршрутизації[17].

У загальному випадку протоколи внутрішньодоменної динамічної маршрутизації засновано на алгоритмах, які можна віднести до однієї з двох груп:

- дистанційно-векторні алгоритми (DVA – Distance Vector Algorithm);
- алгоритми стану каналів (LSA – Link State Algorithm).

У протоколах на основі DVA кожен маршрутизатор періодично і широкомовно розсилає по мережі повідомлення, що містять вектор, компонентами якого є відстані, виміряні в тій чи іншій метриці від даного маршрутизатора до всіх відомих йому мереж. Отримавши від деякого сусіда вектор відстаней (дистанцій) до відомих тому мереж, маршрутизатор

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 26  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

нарощує компоненти вектора на величину відстані від себе до даного сусіда. Оновлене значення вектора маршрутизатор розсилає своїм сусідам[15].

Таким чином, у результаті ширококомовного розсилання кожен маршрутизатор дізнається через суміжні з ним маршрутизатори інформацію про всі наявні в складовій мережі підмережі і про відстані до них. Дистанційно-векторні алгоритми стійко функціонують тільки в невеликих мережах. У великих мережах вони можуть завантажувати лінії зв'язку інтенсивним ширококомовним трафіком[16].

У протоколах на основі LSA кожен маршрутизатор володіє даними про топологію мережі. Використовуючи дані про топології, він обчислює дерево найкоротших шляхів SPT (Shortest Path Tree) і на основі нього становить таблицю маршрутизації.

У протоколі на основі стану каналів передбачений регулярний обмін повідомленнями про стан (метриці) каналу зв'язку і корекції топології мережі. Внаслідок того, що протоколи спочатку орієнтовані на облік даних про всю топології мережі, даний тип протоколів є набагато більш стійким. При цьому протоколи на основі LSA забезпечують менший час збіжності в порівнянні з дистанційно векторними протоколами маршрутизації. До протоколів на основі відносяться IS-IS і OSPF.

Основні параметри протоколів внутрішньодоменної динамічної маршрутизації, а також міждоменного протоколу BGP (Border Gateway Protocol), представлені в таблиці 2.1[17].

Аналіз функціонування протоколів внутрішньодоменної динамічної маршрутизації показав, що, незважаючи на ряд відмінностей, що стосуються обчислення метрики шляхів в мережі і алгоритмічних підходів до обчислення найкоротших шляхів, загальні принципи їх функціонування стосовно реакції на відмови каналів досить схожі.

У зв'язку з тим, що протоколи маршрутизації на основі алгоритмів стану каналів мають кращі характеристики за часом збіжності, в даній роботі буде розглянуто протоколи, як найбільш поширений представник LSA протоколів. [17].

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 27  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

Таблиця 2.1 – Порівняльна таблиця основних характеристик  
протоколів динамічної маршрутизації [18]

| Показники/<br>протоколи                                  | RIP                                                    | IGRP                                      | EIGRP                                  | IS-IS                               | OSPF                                                           |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Безпека                                                  | відкритий<br>пароль;<br>аутентифікація<br>по ключу MD5 | –                                         | аутентифіка-<br>ція по ключу<br>MD5    | –                                   | відкритий<br>пароль або<br>аутентифіка-<br>ція по ключу<br>MD5 |
| Тип алгоритма                                            | вектор відстані                                        | вектор<br>відстані                        | комбінований                           | стан<br>каналів<br>зв'язку          | стан каналів<br>зв'язку                                        |
| Балансу-<br>вання<br>нагрузки                            | –                                                      | різні<br>метрики                          | різні метрики                          | однакові<br>метрики                 | однакові<br>метрики                                            |
| Об'єднання<br>маршрутів                                  | –                                                      | –                                         | +                                      | –                                   | +                                                              |
| Маски<br>підмереж<br>змінюючої<br>довжини                | +                                                      | –                                         | +                                      | –                                   | +                                                              |
| Максимальна<br>кількість<br>маршрутизаторів<br>у мережі  | 15                                                     | 255<br>(реком.<br><50)                    | 255                                    | 1024                                | 65534                                                          |
| Облік в<br>метриці<br>різних<br>характери-<br>стик шляху | одна основна                                           | комбінова<br>ний                          | комбінований                           | Одна<br>основна і<br>три<br>додатк. | Одна<br>основна і три<br>додатково                             |
| Підтримка QoS                                            | –                                                      | +                                         | +                                      | +                                   | +                                                              |
| Оновлення<br>маршрутної<br>інформації                    | вся таблиця                                            | вся<br>таблиця                            | тільки зміни                           | тільки<br>зміни                     | тільки зміни                                                   |
| Доступність<br>реалізації                                | відкрито                                               | тільки на<br>обладнні<br>Cisco<br>Systems | тільки на<br>обладнні<br>Cisco Systems | відкрито                            | відкрито                                                       |
| Підтримка<br>IPv6                                        | –                                                      | –                                         | +                                      | –                                   | +                                                              |

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Аналіз часових параметрів протоколу маршрутизації, визначають час збіжності.

Проведемо дослідження часових параметрів, що визначають реакцію протоколу маршрутизації на основі стану каналів на мережеву відмову на прикладі протоколу OSPF. Аналіз робіт [18-20] дозволив виявити основні параметри, що впливають на час збіжності в мережі.

Процес збіжності в мережі складається з наступних основних операцій:

- 1) виявлення відмови елемента мережі;
- 2) генерування нового LSA-повідомлення для оповіщення про нещодавні зміни;
- 3) лавинна розсилка LSA-повідомлень в мережі;
- 4) виконання алгоритму пошуку найкоротших шляхів SPF на кожному маршрутизаторі, який отримує LSA-повідомлення;
- 5) оновлення таблиць маршрутизації RIB/FIB на кожному маршрутизаторі за підсумками перерахунку SPF.

Час збіжності (*Convergence\_Time*) знаходимо відповідно до виразу 2.1

$$Convergence\_Time = Failure\_Detection\_Time + LSA\_Generation\_Time + Event\_Propagation\_Time + SPF\_Run\_Time + RIB\_FIB\_Update\_Time \quad (2.1)$$

де:

- *Failure\_Detection\_Time* – час, необхідний для виявлення відмови;
- *LSA\_Generation\_Time* – час генерації і початку розсилки LSA-повідомлення про відмову елемента мережі і зміні топології;
- *Event\_Propagation\_Time* – час, необхідний для поширення
- LSA – повідомлень про топології всім маршрутизаторів в мережі;
- *SPF\_Run\_Time* – час, необхідний для запуску алгоритму пошуку найкоротших шляхів SPF після отримання нових LSA-повідомлень;
- *RIB\_FIB\_Update\_Time* – час, необхідний для виконання алгоритму SPF і поновлення таблиць маршрутизації RIB/FIB.

Дані тимчасові параметри, в свою чергу, визначаються часовими параметрами нижчого рівня, в зв'язку з чим розглянемо їх більш детально.

Час, необхідний для виявлення відмови на фізичному рівні (*Failure\_Detection\_Time*). Для перевірки працездатності каналів зв'язку і відносин власної суміжності маршрутизатори обмінюються повідомленнями

|     |      |          |        |      |  |  |  |  |     |
|-----|------|----------|--------|------|--|--|--|--|-----|
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк |
|     |      |          |        |      |  |  |  |  | 29  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |     |

Hello. У разі неотримання чергового Hello-пакета по якому-небудь каналу зв'язку, маршрутизатор переводить даний канал в режим очікування відновлення зв'язку. У разі якщо протягом часу *Dead\_Interval* втрачені кілька Hello-пакетів поспіль, то канал вважається несправним і маршрутизатор генерує LSA-повідомлення про відмову каналу. Таким чином, своєчасність виявлення відмови каналу зв'язку визначається наступними параметрами [15, 17, 20]:

– *Hello\_Interval* – інтервал обміну Hello-пакетами між суміжними маршрутизаторами;

– *Dead\_Interval* – інтервал часу, протягом якого маршрутизатор очікує відновлення зв'язку в каналі (отримання чергового Hello-пакету). По закінченню цього періоду суміжний маршрутизатор з даного каналу вважається недоступним. Даний інтервал, як правило, кратний значенням *Hello\_Interval*.

Значення OSPF за замовчуванням:  $Hello\_Interval = 10 \text{ с}$ ,  
 $Dead\_Interval = 4 \cdot Hello\_Interval = 40 \text{ с}$ .

При використанні способу виявлення відмов на основі пакетів Hello, максимальний час виявлення відмови рівне *Hello\_Interval*. Для скорочення часу виявлення відмови найчастіше застосовують засоби виявлення каналного або навіть фізичного рівня. Дані способи будуть розглянуті нижче.

Час генерації і початку розсилки LSA-повідомлення (*LSA\_Generation\_Time*). Якщо настає подія, що вимагає генерації LSA-повідомлення, то, спочатку, формування цього повідомлення буде затримано на часовий інтервал *Initial\_Interval*. Коли цей час мине, LSA-повідомлення буде згенероване, і запуститься таймер зберігання *Hold\_Timer*. Будь-яку подію, пов'язану зі зміною топології мережі в межах інтервалу зберігання *Hold\_Timer*, що не буде призводити до формування нового LSA. Замість цього ці події накопичуються, а єдине LSA-повідомлення буде згенеровано після закінчення *Hold\_Timer*. Таким чином, таймери *Initial\_Interval* і *Hold\_Timer* гарантують, що якщо канал відмовив і знову відновився, то LSA повідомлення, які повинні були повідомити суміжним маршрутизаторам про пропажу каналу, що не будуть відправлені, і процес перерахунку алгоритму SPF у інших маршрутизаторів мережі не буде запущений. Якщо після відправки LSA-повідомлення про первісному зміні топології в мережі

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 30  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |



тривають зміни, то маршрутизатор буде збільшувати інтервал зберігання *Hold\_Timer* по експоненті [21, 18]:  $Hold\_Timer = 2^t \cdot Hold\_Timer$ , поки він не досягає попереднього певного значення *Max\_Wait*. У цьому випадку час зберігання *Hold\_Timer* більше не буде збільшуватися і буде тільки *Max\_Wait* при будь-якій динаміці зміни топології мережі. У разі коли протягом інтервалу  $2 \cdot Max\_Wait$  подій, що призводять до генерації LSA – повідомлень не відбувається, то таймер зберігання *Hold\_Timer* скидається до свого початковому значенню. Необхідно відзначити, що інтервал зберігання повинен приблизно дорівнювати (або трохи перевищувати) повне час збіжності мережі так, щоб всі маршрутизатори встигли відпрацювати нові зміни топології перш, ніж прийде наступне LSA-повідомлення [17].

Поточні значення інтервалів поширюються по мережі за допомогою Hello-пакетів [19].

Таким чином, параметрами генерації і опрацювання LSA-повідомлень є [18]:

- *Initial\_Interval* – час затримки перед відправкою LSA-повідомлення;
- *Hold\_Timer* – час, після закінчення якого LSA-повідомлення буде відправлено іншим маршрутизаторів якщо інших змін топології не відбулося;
- *Max\_Wait* – максимальне значення інтервалу очікування *Hold\_Timer*.

Устаткування Cisco за замовчуванням використовує значення *Initial\_Interval* = 10 мс, *Hold\_Timer* = 100 мс, *Max\_Wait* = 5000 мс.

Для контролю процесу лавинної розсилки повідомлень LSA про оновлення топології в мережевому обладнанні (в IOS і в JunOS), в протоколах маршрутизації передбачені спеціальні тимчасові параметри [21].

Суміжних маршрутизаторів, як правило, відправляються два LSA повідомлення з затримкою *Min\_LS\_Interval*. Так як лавинна розсилка LSA повинна є надійним процесом, то потрібно підтвердження про LSA-повідомлення. У разі відсутності таких підтверджень про успішне прийомі, LSA-повідомлення розсилаються знову після закінчення таймера повторної передачі *Rxmt\_Interval*.

Для протоколу OSPF значеннями за замовчуванням є: *Min\_LS\_Interval* = 1 с, *Rxmt\_Interval* = 5 с [20].

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 31  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

*Flood\_packet-pacing\_timer* - встановлює час затримки перед відправкою наступного LSA-повідомлення після раніше відправленого.

*Retransmission packet-pacing timer (Rxmt\_Interval)* – встановлює час затримки перед повторною відправкою повідомлення LSA, у випадках, якщо раніше відправлене повідомлення не прийшло підтвердження про його успішному отриманні. У більш вдосконаленій реалізації даного таймера, передбаченої RFC 4222 [23], реалізований механізм повторної передачі за рахунок динамічної зміни параметра *Min\_LS\_Interval*. Відповідно до RFC 4222 таймер *Rxmt\_Interval* експоненціально збільшується кожен раз, коли число непідтверджених повідомлень LSA в черзі для повторної передачі перевищує заданий поріг (наприклад, під час перевантаження мережі). При успішному отримання підтверджень про доставки LSA повідомлень, інтервал *Rxmt\_Interval* знову скидається до свого початкового значення.

*Group packet-pacing timer*. У протоколі OSPF ver. 2 для планової корекції таблиць маршрутизації передбачена масова розсилка LSA повідомлень кожні 30 хв. Така розсилка сильно навантажує мережу, і в обладнанні Cisco передбачена затримка (за замовчуванням 240 мс), на значення якої кожен з маршрутизаторів затримує відправку свого LSA повідомлення. Таким чином, формується групова розсилка, в якій повідомлення LSA слідує з інтервалом в 240 мс [22].

Час, необхідний для запуску алгоритму найкоротших шляхів після отримання нових LSA-повідомлень (*SPF\_Run\_Time*). Порядок запуску обчислення SPF визначається часовими параметрами, які призначені для запобігання частих обчислень SPF під час розсилок LSA повідомлень, які прямують з незначним інтервалом.

До даних параметрів належать [22]:

– *SPF\_Delay\_Timer* – визначає час, який маршрутизатор повинен зачекати до виконати обчислення SPF після отримання першого LSA в розрахунку отримати більшу кількість LSA повідомлень і провести обчислення SPF з використанням останніх даних про зміни топології мережі;

– *SPF\_Hold\_Timer* – визначає затримку часу між двома послідовними обчисленнями SPF;

У мережі, яка характеризується низькою інтенсивністю відмов елементів, параметр *SPF\_Hold\_Timer* повинен мати мінімальне значення, щоб забезпечити швидку збіжність мережі. У нестабільній мережі, якій

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 32  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

властиві часті зміни топології мережі, маленьке значення *SPF\_hold\_Timer* може привести до частого обчисленню алгоритму SPF. У таких мережах переважно накопичувати повідомлення про декілька топологічних змінах і обробляти їх відразу. Для таких мереж рекомендуються великі значення параметрів *SPF\_Hold\_Timer* і *SPF\_Delay\_Timer* [21].

Для протоколу OSPF значеннями за замовчуванням є: *SPF\_Delay\_Timer* = 5 с, *SPF\_Hold\_Timer* = 10 с [17].

У сучасних маршрутизаторах (наприклад, Cisco, після IOS 12.2 версії) процес обчислення SPF, як правило, визначається трьома параметрами: *SPF\_Start\_Interval*, *SPF\_Hold\_Timer* і *SPF\_Max\_Wait*. Фізичний сенс цих параметрів такої ж, як і у аналогічних параметрів відправки LSA повідомлень [19].

*SPF\_Start\_Interval* – час затримки перед виконанням SPF. *SPF\_Hold* – визначає затримку часу між двома послідовними обчисленнями SPF. Дана затримка при виконанні кожного наступного обчислення SPF збільшується за експоненціальним законом [19]:  $SPF\_Hold = 2^t \cdot SPF\_Hold$ , поки не досягає попередньо визначеного значення *SPF\_Max\_Wait*. У цьому випадку параметр *SPF\_Hold* більше не буде збільшуватися і буде дорівнює *SPF\_Max\_Wait* при будь-якій динаміці змін топології мережі. Коли LSA-повідомлення перестають приходити, і обчислення SPF більше не потрібні, таймер *SPF\_Hold* скидається в своє початкове значення.

В обладнанні Cisco за замовчуванням використовуються значення *SPF\_Start* = 10 мс, *SPF\_Hold* = 100 мс, *SPF\_Max\_Wait* = 500 мс.

Час, необхідний для виконання алгоритму SPF і поновлення RIB/FIB таблиць маршрутизації (*RIB\_FIB\_Update\_Time*). Обчислювальна складність алгоритму Дейкстри, який покладено в основу SPF, дорівнює  $n \log(n)$  і в дуже великих мережах може зайняти певний час роботи центрального процесора (ЦП) маршрутизатора. Після успішного обчислення алгоритму пошуку найкоротших шляхів SPF для тих шляхів, які не збігаються з раніше обчисленими значеннями, проводиться оновлення таблиць RIB/FIB. Це є кінцевою метою процесу збіжності мережі.

Проведено експериментальні вимірювання часу обчислення алгоритму SPF для мережі з випадковою топологією (моделювалися високопродуктивні платформи Cisco 7200 і Juniper M40). Результати досліджень представлені на рис. 2.1

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 33  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

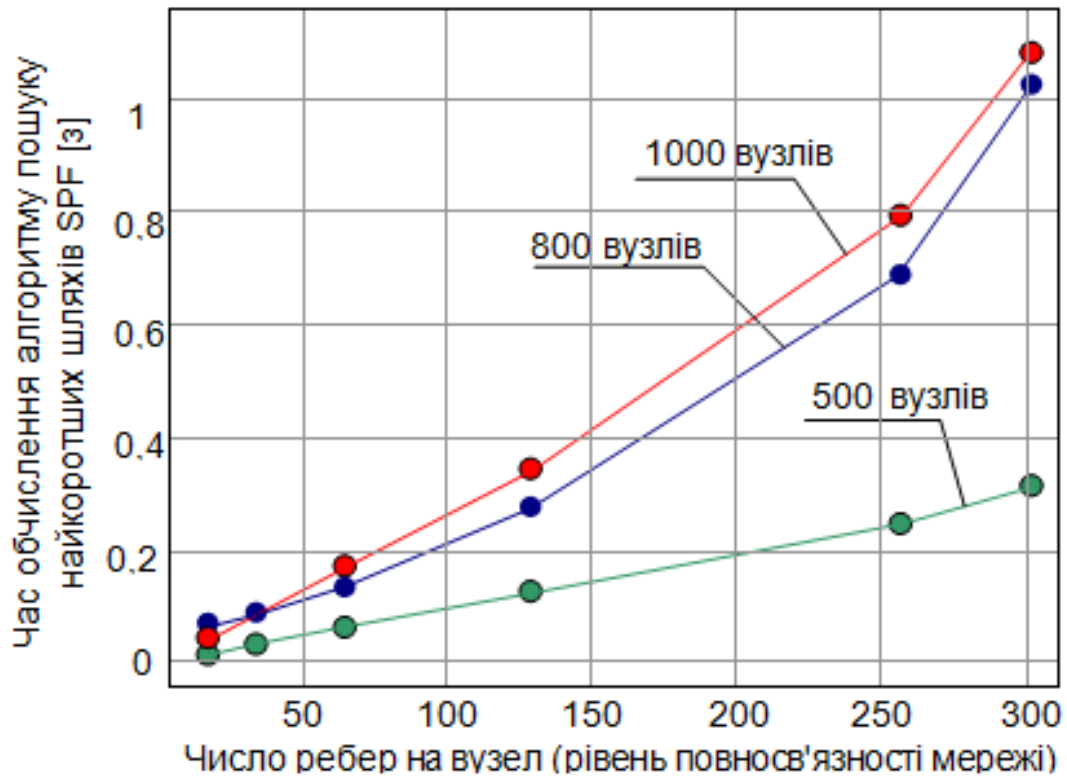


Рисунок 2.1 – Експериментальні вимірювання часу обчислення SPF для мережі з випадковою топологією [19]

У роботі [22] досліджувалася завантаження маршрутизаторів при інтенсивному періодичному відмову вузла в мережі, що складається з 24 вузлів і 49 каналів і використовує протокол OSPF. У даному дослідженні показано, що навіть при інтенсивному відмові вузла мережі і необхідності постійно перераховувати SPF завантаження ЦП маршрутизатора не перевищує 0,1%, що говорить про достатність обчислювальних можливостей сучасних маршрутизаторів.

Таким чином, час збіжності в мережі залежить від безлічі параметрів і може приймати досить значні значення (рис. 2.2), при цьому основний внесок у тривалість часу збіжності для конфігурацій за замовчуванням вносять тимчасові параметри діагностики відмови, а також затримки в розсилці LSA повідомлень і обчисленні SPF.

Таблиця 2.2 – Значення часових параметрів протоколу маршрутизації визначають збіжність мережі для протоколу OSPF [17, 19]

| Параметри                                                               |                                                                                                                                                                               | Позначення і значення                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тимчасові параметри діагностики відмови                                 | Період розсилки Hello-пакетів, для діагностики стану суміжності мережі                                                                                                        | <i>Hello_Interval = 10 с</i><br>(для звичайної мережі)<br><i>30 с</i> (в ширококомовній мережі) |
|                                                                         | Час очікування відновлення зв'язку після неотримання чергового Hello пакета. Після закінчення даного часу канал вважається несправним, а суміжний маршрутизатор - недоступним | <i>Dead_Interval = 4 × Hello_Interval</i>                                                       |
| Тимчасові параметри відправлення повідомлень про зміну топології мережі | Час затримки розсилки повідомлення про зміну топології мережі                                                                                                                 | <i>Initial_Interval = 10 мс,</i>                                                                |
|                                                                         | Час, після закінчення якого повідомлення про зміну топології буде відправлено до інших вузлів, якщо інших змін топології не відбулося                                         | <i>Hold_Timer = 100 мс</i>                                                                      |
|                                                                         | Максимальний час <i>Hold_Timer</i>                                                                                                                                            | <i>Max_Wait = 5 с</i>                                                                           |
|                                                                         | Період проходження між двома послідовно відправляючими LSA повідомленнями про зміну топології                                                                                 | <i>Min_LS_Interval = 1 с</i>                                                                    |
|                                                                         | Час після якого буде проведена повторна розсилка повідомлення про зміну топології, якщо отримання попереднього повідомлення не підтверджено                                   | <i>Rxmt_Interval = 5 с</i>                                                                      |
| Тимчасові параметри обчислення алгоритму SPF                            | Затримка запуску алгоритму розрахунку найкоротших шляхів після отримання чергового повідомлення про зміну топології                                                           | <i>SPF_Delay_Timer = 5 с</i>                                                                    |
|                                                                         | Час між двома наступними поспіль обчисленнями алгоритму розрахунку найкоротших шляхів                                                                                         | <i>SPF_Hold_Timer = 10 с</i>                                                                    |

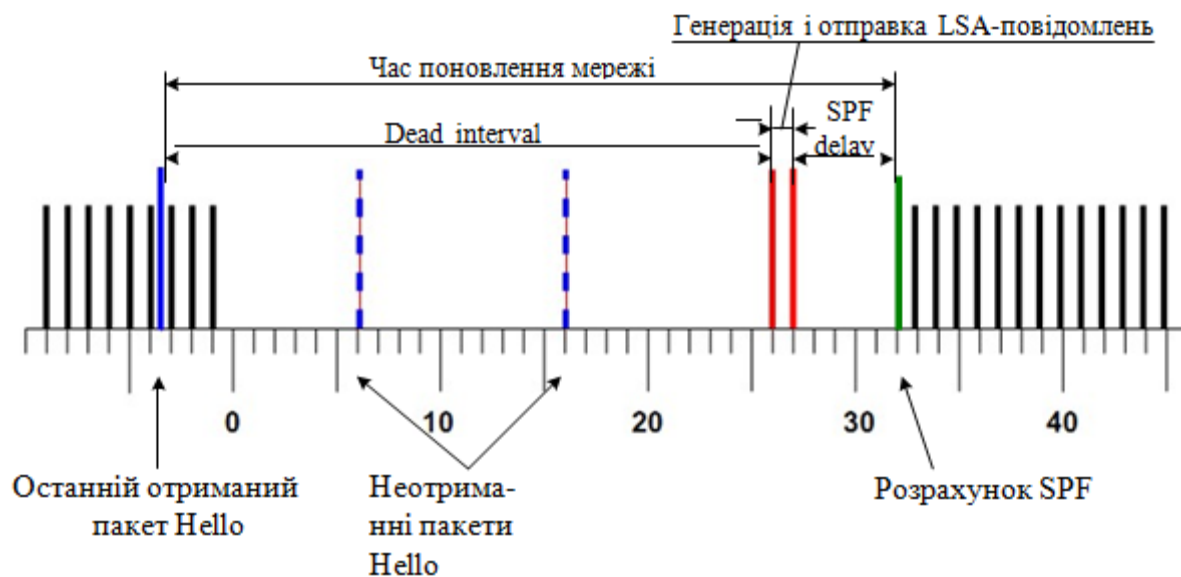


Рисунок 2.2 – Схема часових параметрів, визначають час збіжності мережі

На рис. 2.3 наведена схема, яка визначає зв'язок цих часових параметрів з станами, в яких може перебувати маршрутизатор, відповідно до роботи [23]. Таке уявлення дозволяє наочно оцінити взаємозв'язок часових параметрів в процесі відновлення мережі і їх вплив на кінцевий час збіжності.

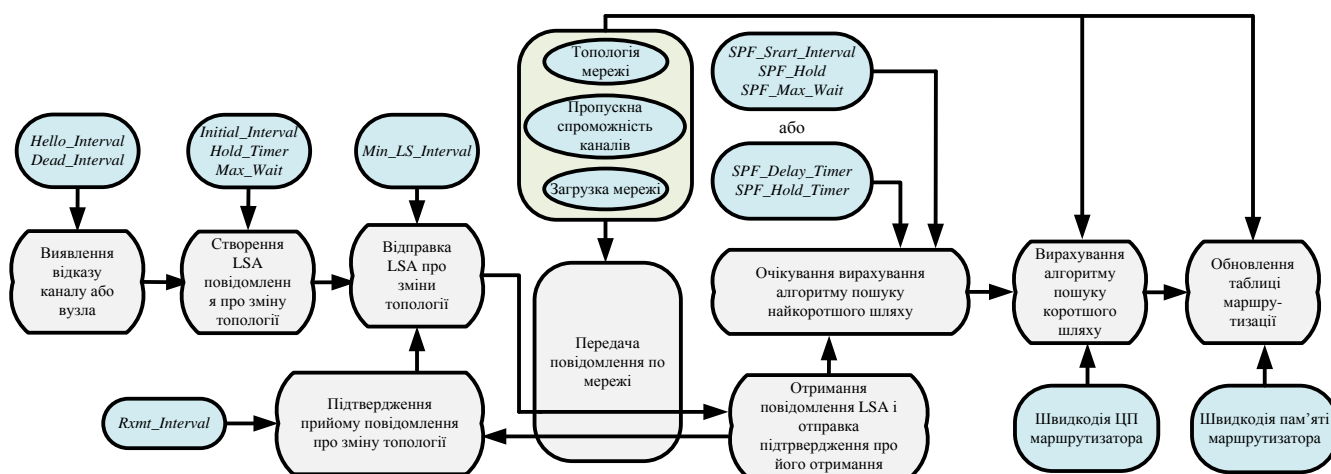


Рисунок 2.3 – Процес збіжності мережі алгоритм станів зв'язків [20, 21]

Тимчасові таймери, представлені на рис. 2.3, істотно впливають на стійкість мережі. В RFC 4222 [20] представлені рекомендації для адміністраторів, які експлуатують мережі з протоколом OSPF v.2, які повинні забезпечити високу стійкості мережі і її швидку збіжність.

Необхідно присвоєння високого пріоритету пакетів Hello і пакетам підтвердження стану каналу і низького пріоритету – іншим пакетам.

Необхідно передбачити скидання таймерів відмови для каналу після отримання будь-яких пакетів протоколу маршрутизації по цьому каналу замість того, щоб чекати надходження чергового пакета Hello. Канал вважати несправним не тільки в разі відсутності пакетів

Hello, але і в разі відсутності будь-яких пакетів протоколу маршрутизації за період *Router\_Dead\_Interval*.

Для регулювання таймера отправки повторних пакетів LSA, при непідтвердженні прийому попередніх (*Rxmt\_Interval*), повинен використовуватися експонентний алгоритм. Це дозволить скоротити кількість повторних передач LSA-повідомлень і запобігти перевантаженню низькошвидкісних каналів мережі.

Для запобігання перевантаження мережі ширококомовним службовим трафіком і підвищення ефективності реакції протоколу маршрутизації при частих відмовах в мережі доцільно використовувати алгоритми експоненційного регулювання таймерів.

Якщо конфігурація мережі передбачає випадки, коли велика група маршрутизаторів буде включена/відключена в/із мережі, то необхідно використовувати затримку початку розсилки LSA-повідомлень кожним із цих маршрутизаторів.

Однак виконання навіть цих рекомендацій не може забезпечити високу стійкість мереж, в зв'язку з чим профільними комітетами і виробниками телекомунікаційного обладнання пропонуються різні способи зниження часу збіжності мереж. Основні технологічні підходи до таких способів представлені в наступному підрозділі роботи.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 37  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

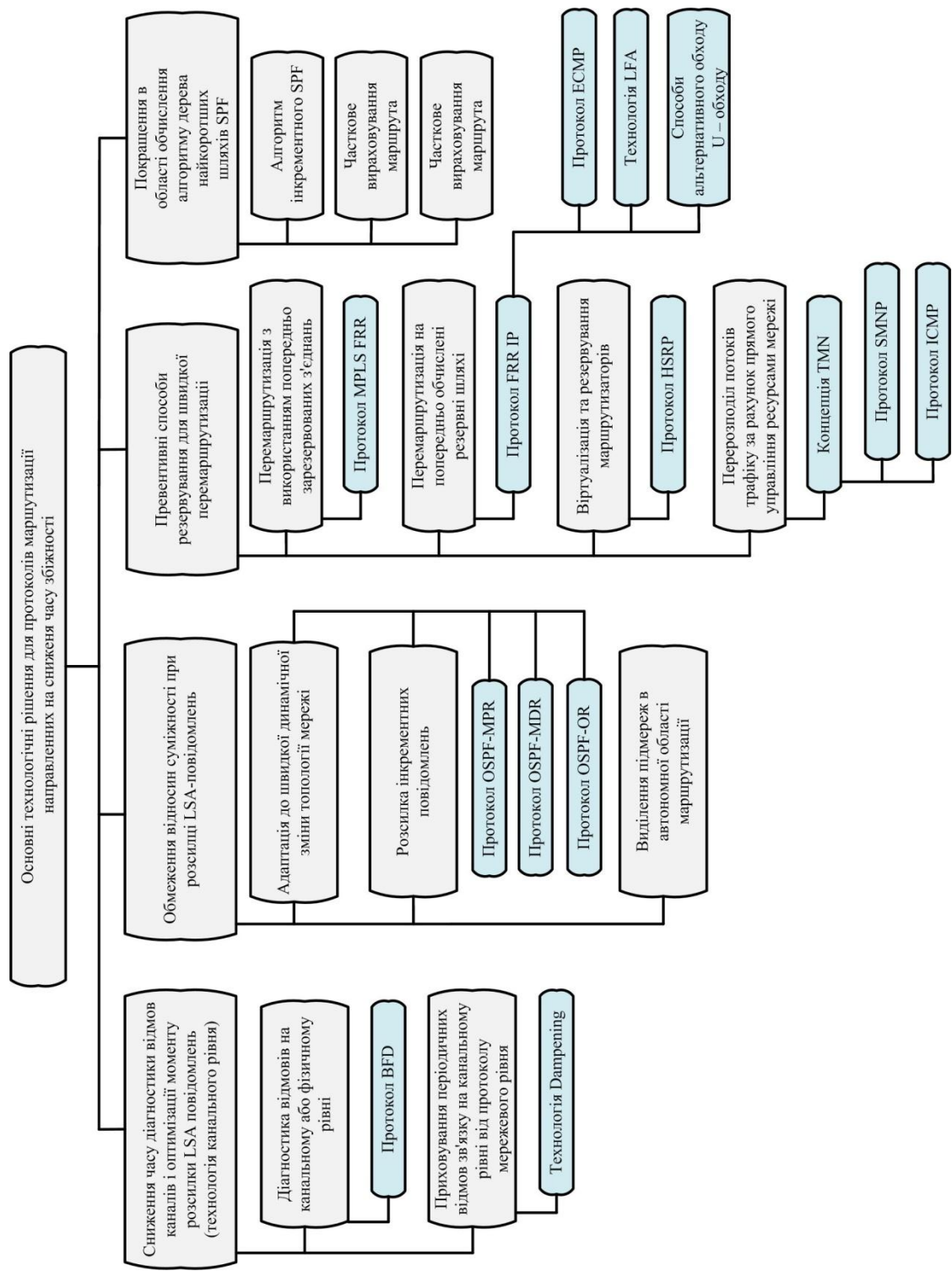


Рисунок – 2.4 Основні технологічні рішення, що застосовуються в протоколах маршрутизації для зниження часу збіжності

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |
|-----|------|----------|--------|------|



## 2.2 Основні технологічні рішення для протоколів маршрутизації спрямовані на зниження часу збіжності в мережі

У роботі розглянуті основні варіанти поліпшень, застосовувані в сучасних протоколах для підвищення часу збіжності мережі. При цьому, в основному, наводиться аналіз поліпшень, спрямованих на підвищення стійкості та зниження часу збіжності дротових мереж, а також проведено аналіз напрямків модифікації стандартних протоколів, заснованих на оцінці стану каналів з метою їх застосування в мобільних радіомережах MANET.

Розглянемо основні технологічні рішення, що застосовуються в протоколах маршрутизації і спрямовані на зниження часу їх збіжності (рис. 2.4).

Зниження часу діагностики відмов каналів і оптимізація моменту розсилки LSA повідомлень, за рахунок технологій канального рівня.

2.2.1 Діагностика відмов на канальному або фізичному рівні. Ефективним способом зниження затримок при діагностиці відмов каналів зв'язку є використання інформації про стан каналів безпосередньо від канального протоколу або від каналоутворюючого обладнання. Одним з варіантів реалізації такого способу є протокол BDF.

Протокол BFD (Bidirectional Forwarding Detection) заснований на мілісекундних таймерах при двобічній перевірці працездатності шляху, включаючи інтерфейси і канали передачі даних між двома маршрутизаторами. Протокол BFD реалізований на канальному рівні моделі OSI (Open Systems Interconnection) і надає технологіям цього рівня, таким як Ethernet, сервіс виявлення відмови каналу, який можна порівняти за часом з технологіями транспортних мереж SONET/SDH (50 мс) [18].

При використанні BDF суміжні маршрутизатори створюють сеанс BFD і узгоджують час відправки і отримання пакетів BFD з метою виявлення відмов в каналі зв'язку. Пакети BFD вбудовуються в інформаційний обмін канального рівня і, в разі втрати чергового BDF-пакета, протокол діагностує відмову каналу, про що він повідомляє маршрутизатор. Такий механізм дозволяє маршрутизатора діагностувати відмова каналу раніше, ніж відмова буде виявлений при використанні обміну Hello повідомленнями.

2.2.2 Приховування періодичних відмов зв'язку на канальному рівні від протоколу мережевого рівня. Даний спосіб передбачає вирішення завдання

|     |      |          |        |      |  |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|--|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      |  | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |  |                         | 39  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |                         |     |

діагностики відмов на каналному рівні і, в разі флуктуацій працездатності каналу, приховування цих змін від мережевого рівня, щоб останній не ініціював перерахунок топології. Одним із таких способів є технологія Dampening, реалізована в операційній системі Cisco IOS (починаючи з версії 12.0) і в BGP в junOS.

Технологія Dampening передбачає, що при кожній відмові каналного інтерфейсу йому присвоюється значення згідно з формулою  $P_n = 2^{-t/H} \cdot P_{n-1} + P_{n-1}$ . У разі якщо це накопичене значення штрафу перевищує допустимий порогове значення, то інтерфейс відключається. При зниженні значення штрафу нижче порогового значення інтерфейс вмикається і починає знову використовуватися.

Даний механізм використовує п'ять параметрів [19]:

1. Штраф (або інший показник якості). Спочатку –  $P(0)=1000$ . При відсутності змін топології в кожен *Half\_Life\_Period* штраф експоненціально знижується відповідно до вираження:  $P(t)=P(0) \cdot 2^{-t/H}$ .

Якщо лічильник топологічних змін більше одиниці за час *Half\_Life\_Period*, штраф продовжує збільшуватися:  $2^{-t/H} \cdot P+P$ .

2. Поріг відключення (*Suppress\_Threshold*) – максимально накопичене значення штрафу, після якого каналний інтерфейс відключається. Якщо лічильник штрафу більше одиниці в *період напіврозпаду*, штраф продовжує збільшуватися  $2^{-t/H} \cdot P+P$ . Значення порогу відключення за замовчуванням – *Suppress\_Threshold = 2000*.

3. Час напіввиведення (*Half\_Life\_Period*) – тривалість часу, після закінчення якого штраф по експоненті знижується відповідно до вираження  $P(t)=P(0) \cdot 2^{-t/H}$ .

4. Поріг повторного використання (*Reuses\_Threshold*) – накопичене значення штрафу, після якого каналний інтерфейс включається знову і починає використовуватися. Значення за замовчуванням – 1000.

5. Максимальний час придушення (*Max\_Suppress\_Time*) – максимальний час, протягом якого каналний інтерфейс може бути відключений.

У разі якщо за цей час відновлення зв'язку не відбулося, то даний канал вважається повністю відмовив і маршрутизатор переходить на використання альтернативного шляху. Значення за замовчуванням  $Max\_Suppress\_Time = 4 \cdot Half\_Life\_Period$ [22].

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 40  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

## 2.3 Обмеження відносин суміжності при розсилці LSA-повідомлень

2.3.1 Встановлення відносин суміжності тільки через основний і резервний маршрутизатори мережі. Після запуску маршрутизатор, що працює на основі протоколу станом каналів в ширококомовної мережі, встановлює наявність відносин суміжності з іншими маршрутизаторами за рахунок обміну Hello-повідомленнями. Однак в ширококомовної мережі (наприклад, в радіомережі з випадковим множинним доступом), за рахунок лавинної розсилки повідомлень будь-який інший маршрутизатор може вважатися безпосередньо-суміжним сусідом. Високий рівень суміжності веде до ускладнення топології мережі. Щоб цього уникнути в ширококомовної мережі маршрутизатори, що використовують протокол OSPF, вибирають основний маршрутизатор, званий виділеним маршрутизатором (DR – Designated Router), і резервний виділений маршрутизатор (BDR – Backup Designated Router). Маршрутизатор DR і BDR встановлюють повну суміжності з усіма маршрутизаторами в мережі, а інші маршрутизатори встановлюють відносини суміжності тільки з DR і BDR. У результаті кількість відносин суміжності в мережі значно скорочується. Маршрутизатор DR розсилає ширококомовні мережеві LSA– повідомлення, які перераховують всі маршрутизатори в мережі. На основі цих LSA– повідомлень від DR інші маршрутизатори коректують свої таблиці маршрутизації [15].

2.3.2 Адаптація до швидкої динамічної зміни топології мережі. У мобільних мережах MANET окремі маршрутизатори можуть динамічно приєднуватися чи залишати мережу, що змушує протокол маршрутизації ініціювати видачу з високою інтенсивністю LSA– повідомлень про зміну топології мережі. Інженерна група IETF розробила кілька розширень для протоколу OSPF в інтересах забезпечення його ефективною роботи в мережах MANET .

Загальним для різних розширень OSPF, використовуваних в MANET, є те, що вони адаптують протокол стану зв'язків для характеристик бездротових мереж і використовують альтернативні механізми для зменшення витрат, і прискорення збіжності мережі.

*Протокол OSPF-MPR* використовує технологію багатоточкової передачі MPR (Multi-Point Relaying). Кожен маршрутизатор вибирає з суміжних йому маршрутизаторів ті, через які досяжні інші маршрутизатори

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 41  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |



мережі, то ці два маршрутизатора об'єднують свої сполучні дерева SPT в одне, за рахунок обліку каналу зв'язку між цими двома маршрутизаторами. Решта маршрутизатори в мережі сповіщаються про новий сполучному дереві за рахунок широкомовної розсилки по каналах, що входять в дерево SPT. Даний підхід аналогічний діям протоколів маршрутизації по вектору станів. При цьому повноцінний обмін LSA-повідомленнями і повний перерахунок сполучного дерева SPT в OSPF- OR буде ініційований тільки при відмові каналу зв'язку, який входить в відношення суміжності в поточному сполучному дереві [17].

2.3.3 Розсилка інкрементних повідомлень. Для скорочення обсягу службової інформації вище вказані розширення OSPF для MANET використовують такі механізми усунення надмірності [19]:

- інкрементні повідомлення Hello;
- диференціальні повідомлення Hello .

Механізм інкрементних повідомлень Hello в складі протоколів OSPF-MPR, OSPF-OR і OSPF-MDR дозволяє маршрутизаторів повідомляти тільки про зміни, що відбулися в їх оточенні протягом тривалості останнього Hello\_Interval, замість повної інформації про оточення. Таким чином, якщо мережа буде стійка, то більшість повідомлень Hello матиме значно менший обсяг. Однак при використанні цих механізмів відмови каналів або зміни топології можуть викликати втрату Hello-синхронізму, тому що не дозволять вузлів мережі відстежувати зміни топології належним чином. Щоб виявити ці випадки вводиться нумерація пакетів Hello і контроль правильної послідовності їх прийому. Диференціальні повідомлення Hello використовують превентивний механізм відновлення синхронізму, в той час як інкрементні повідомлення Hello роблять їх одержувача відповідальним за управління синхронізацією.

Ці механізми, використовувані спільно, дозволяють відстежити зміну топології, а також знизити обсяг службового трафіка в MANET мережі.

2.3.4 Виділення підмереж в автономній області маршрутизації. Протоколи внутрішньодоменної маршрутизації можуть передбачати декомпозицію однієї великої області маршрутизації на кілька невеликих підмереж. Це дозволяє зменшити розмір збережених таблиць маршрутизації і обмежити область розсилки LSA-повідомлень окремої підмережею в разі відмови каналу [21,22].

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 43  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

## 2.4 Обчислення алгоритму найкоротших шляхів SPF

Алгоритм SPF, як правило, використовує алгоритм Дейкстри для обчислення шляхів до вузлів мережі. Одним із його недоліків є необхідність повного перерахунку шляхів для таблиць маршрутизації при отриманні повідомлення LSA про зміну топології мережі. Разом з тим, при зміні топології в дереві шляхів можуть бути частини, які залишаються незмінними, і їх перерахунок не потрібен.

2.4.1 Алгоритм інкрементного SPF. Алгоритм інкрементного SPF (iSPF- Incremental SPF) є більш новою версією SPF, яка дозволяє уникнути непотрібних обчислень за рахунок аналізу інформації в LSA–повідомленнях і зіставлення її з уже побудованим в протоколі деревом найкоротших шляхів SPF. Алгоритм iSPF, отримуючи новий LSA, обчислює SPF за алгоритмом Дейкстри і при цьому додатково враховує такі правила [24].

Якщо зміною топології є додавання нового вузла, то дерево шляхів нарощується до цього вузла без повного перерахунку;

Якщо в результаті зміни топології стався розрив шляхів до конкретних вузлів, то iSPF буде ініційований для перерахунку шляхів тільки від кореня до цих вузлів, шляхи до яких були прокладені через відмовив канал.

Якщо в мережі з'являється новий канал між вузлами, до яких вже прокладені шляхи, то перерахунок дерева шляхів не проводиться.

Алгоритм iSPF є більш ефективним для мережевих топологій з меншою щільністю з'єднань. При цьому, чим більш віддаленим від поточного вузла є відмова, тим менш трудомістким буде виконання алгоритму iSPF.

2.4.2 Часткове обчислення маршруту. Алгоритм часткового обчислення маршруту PRC (Partial Route Computation) використовується в протоколі IS-IS і OSPF v.3 і заснований на наступному принципі. Кожен раз, коли через маршрутизатор проходить пакет з IP-адресою, що містить нову мережу, маршрутизатор додає цю мережу в таблицю маршрутизації, а дерево шляхів продовжується до цієї мережі через той вузол, від якого цей пакет був отримано. У такий спосіб не ініціюється повний перерахунок дерева найкоротших шляхів, а тільки наростає вже розраховане дерево.

Внаслідок, LSA повідомлення типів 1 і 2 генеруються і передаються тільки якщо змінилася топологія і потрібно ініціалізація алгоритму SPF для

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 44  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

перерахунку шляхів. При цьому LSA повідомлення про доступність/недоступність окремих IP мереж генеруються і передаються при виявленні/відключенні окремої IP мережі і ведуть тільки до зміни інформації про префіксах IP, що не ініціюючи перерахунок найкоротших шляхів [19].

2.4.3 Коректне перезавантаження. Функція коректної перезавантаження підтримується обладнанням Cisco IOS і JunOS, і передбачена в RFC 3623 [24]. Ця функція дозволяє в разі необхідності проведення регламентних робіт забезпечити коректне тимчасове виведення маршрутизатора з роботи в мережі без ініціалізації перерахунку топології. Для реалізації коректного перезавантаження використовується сучасний логічний поділ архітектури області маршрутизації на площину управління і площину даних.

Маршрутизатор, який планується до перезавантаження, безпосередньо перед нею зберігає свій стан в незалежній пам'яті для подальшого відновлення в тому ж стані після перезавантаження і відправляє своїм суміжних маршрутизаторів спеціальне локальне LSA повідомлення, зване grace LSA. Повідомлення grace LSA не надсилається які отримали його маршрутизаторами далі по мережі, вона повідомляє про те, що відправив його маршрутизатор коректно вийде з мережі на час перезавантаження. Таким чином, ізоляція тимчасової непрацездатності конкретного маршрутизатора тільки в зоні його суміжних вузлів дозволяє непочинати процес перерахунку SPF в мережі.

Більшість реалізацій функції коректної перезавантаження передбачають, що після успішної перезавантаження маршрутизатор повторно ініціює себе в мережі шляхом розсилки стандартних LSA повідомлень. З одного боку, це дозволяє уникнути топологічних невідповідностей, якщо в мережі за час перезавантаження змінилася топологія. З іншого боку, це практично зводить нанівець основні переваги даного способу, так як після такої лавинної розсилки LSA будуть повторно запущені алгоритми розрахунку SPF і на інших маршрутизаторах.

Виробники мережного обладнання не рекомендують використовувати функцію коректного перезавантаження при наявності в мережі відмов каналів і, як правило, ця опція зазвичай відключається в конфігураціях за замовчуванням [23].

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 45  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

### 3 РОЗРОБЛЕННЯ АЛГОРИТМУ РОБОТИ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

#### 3.1 Розробка алгоритму функціонування

У даній роботі проектується пристрій на базі протоколу обміну інформацією про маршрутизації RIP. RIP повідомлення передаються в UDP датаграми, як показано на рис.3.1[4].

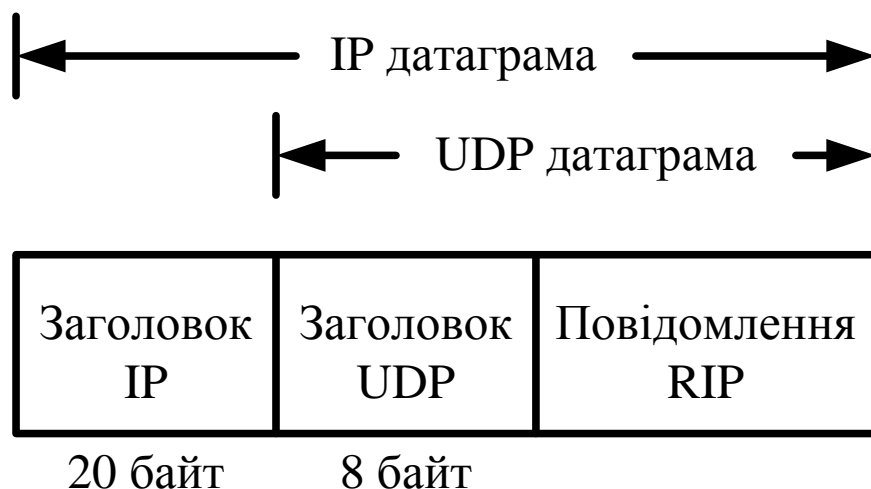


Рисунок 3.1 – Інкапсуляція RIP повідомлення в UDP датаграмму

На рисунку 3.1. показаний формат RIP повідомлення, разом з IP адресами.

Якщо поле команда дорівнює 1 – це запит, якщо 2 – відгук. Існують ще дві значення поля команди (3 і 4), а також два недокументованих значення: опитування (5) і пункт опитування (6). У запиті знаходиться вимога до іншої системи послати всю або частину її таблиці маршрутизації. У відгуку міститься вся або частина таблиці маршрутизації відправника.

Поля версія зазвичай встановлено в 1. Наступні 20 байт стримають: сімейство адрес (яке завжди дорівнює 2 для IP адрес), IP адреса і відповідний показник. У наступних розділах ми побачимо, що в ролі показника RIP виступає лічильник пересилань[2].

В RIP повідомленні може бути оголошено до 25 маршрутизаторів. Обмеження в 25 визначається повним розміром RIP повідомлення,



$20 \times 25 + 4 = 504$ , менше ніж 512 байт. Через обмеження в 25 маршрутизаторів, на один запит, як правило, потрібно послати кілька відгуків, щоб передати всю таблицю маршрутизації[4].

При використанні протоколу RIP працює евристичний алгоритм динамічного програмування Беллмана-Форда, і рішення, знайдене з його допомогою є не оптимальним, а близьким до оптимального. Перевагою протоколу RIP є його обчислювальна простота, а недоліками - збільшення трафіку при періодичній розсилці ширококомовних пакетів і неоптимальність знайденого маршруту.

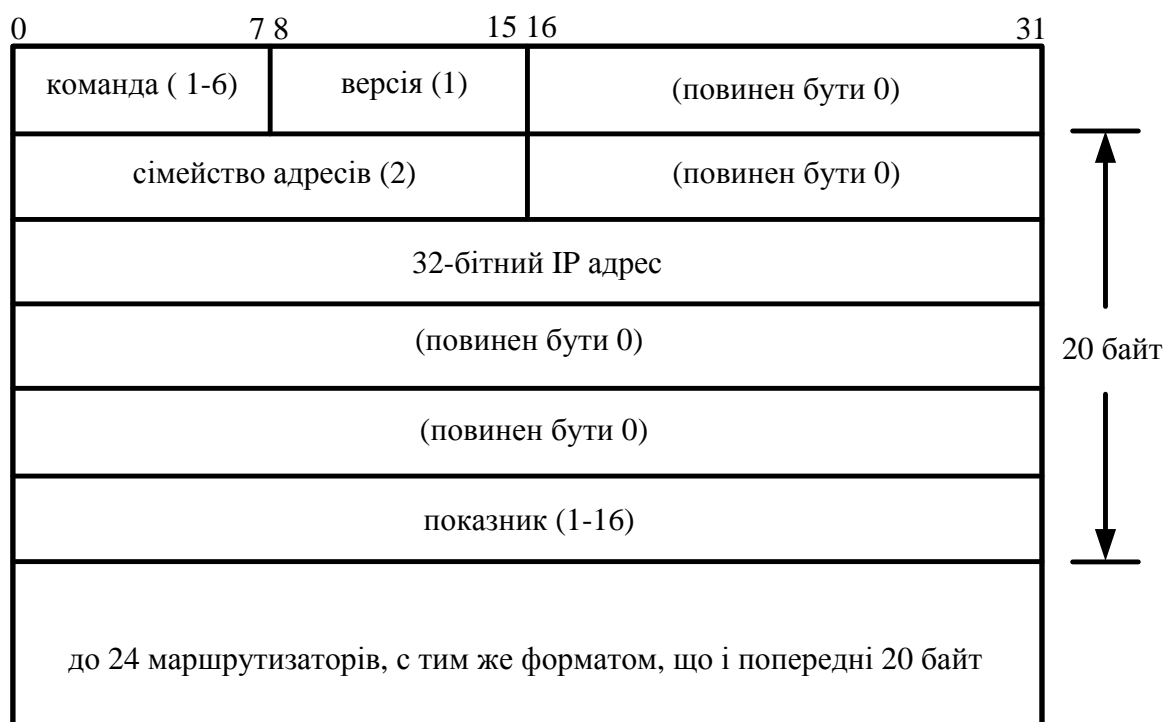


Рисунок 3.2 – Формат RIP повідомлення

Розглянемо, як працює маршрутизатор з використанням RIP. Номер зарезервованого порту для RIP – UDP порт 520.

Ініціалізація. Коли домен стартує, він визначає всі активізовані інтерфейси і посилає пакет із запитом на кожен інтерфейс, з вимогою до віддалених маршрутизаторів послати повні таблиці маршрутизації. У разі каналу точка-точка цей запит відправляється на інший кінець каналу. Запит розсилається ширококомовними повідомленнями, якщо мережа їх підтримує. Порт призначення – UDP порт 520 (домен маршрутизації на іншому

маршрутизаторі). Характеристики подібного запиту наступні: поле команди встановлено в 1, поле сімейство адрес встановлено в 0 і показник встановлений в 16. Подібний формат відповідає спеціальним запитом, у відповідь на який потрібно надіслати повну таблицю маршрутизації.

Запит прийнятий. У разі спеціального запиту, який ми тільки що описали, що подала запит відправляється повна таблиця маршрутизації. Інакше обробляється кожен пункт в запиті: якщо присутній маршрут на вказану адресу, показник встановлюється в певне значення, інакше показник встановлюється в 16. (Показник, встановлений в 16, це спеціальне значення, яке означає "нескінченно" (infinity) і повідомляє, що маршруту до цього пункту призначення не існує.) Повертається відповідь.

Відповідь прийнято. Якщо відповідь визнана коректною, таблиця маршрутизації може бути оновлена. Можуть бути додані нові записи, які існуючі записи можуть бути модифіковані або видалені.

Регулярне оновлення маршрутизації. Кожні 30 секунд вся або частина таблиці маршрутизації надсилається кожному сусідньому маршрутизаторі. Таблиця маршрутизації поширюється ширококомовними повідомленнями (в разі Ethernet) або відправляється на інший кінець каналу точка-точка.

Незаплановане оновлення. Відбувається в тому випадку, якщо змінюється показник маршруту. У цьому випадку немає необхідності надсилати таблицю маршрутизації цілком, передається тільки той запис, який був змінений.

З кожним маршрутом пов'язаний тайм-аут. Якщо система, що використовує RIP, визначила, що маршрут не оновлений протягом трьох хвилин, показник маршруту встановлюється в стан "нескінченно" (16) і позначається для видалення. Це означає, що було пропущено шість 30-секундних оновлень від маршрутизатора, який оголосив маршрут. Однак, видалення маршруту з локальної таблиці маршрутизації відкладається ще на 60 секунд, щоб переконатися, що маршрут дійсно зник[8].

Як показник в RIP використовуються лічильник пересилань. Для всіх безпосередньо підключених інтерфейсів лічильник пересилань дорівнює 1. Розглянемо маршрутизатори та мережі, показані на рисунку 3.3. Чотири пунктирні лінії показують ширококомовні повідомлення RIP. Маршрутизатор R1 оголошує маршрут до N2 з лічильником пересилань рівним 1, пославши ширококомовне повідомлення на N1. (Безглуздо оголошувати маршрут до N1 в

широкомовному повідомленні, надісланому на N1.) Він також оголошує маршрут до N1 з лічильником пересилань рівним 1, пославши широкомовне повідомлення на N2. Точно так же, R2 оголошує маршрут до N2 з показником 1 і маршрут до N3 з показником 1 [18].

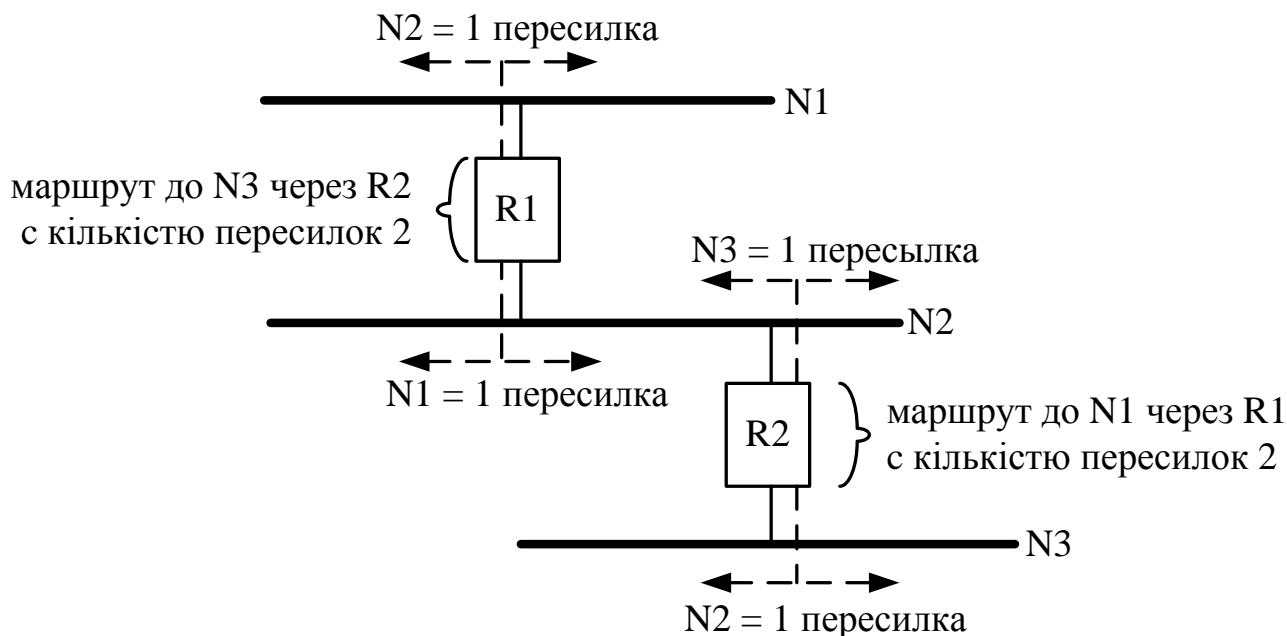


Рисунок 3.3 – Приклад маршрутизаторів і мереж

Розглянемо алгоритм функціонування пристрою, що представлено на рисунку 3.4

Блок 1. Початок роботи алгоритму

Блок 2. Приймається надійшовший пакет.

Блок 3. Зменшується TTL (час життя), потім перевірки CRC заголовка (циклічного надлишкового коду), і вирішується пошкоджений пакет чи ні.

Блок 4. Здійснюється пошук в таблиці маршрутизації IP інтерфейсу для досягнення IP адреси мережі отримувача.

Блок 5. Відбувається пошук IP адреси інтерфейса мережі призначення, якщо знайдено отримувача, перехід до 6 блоку, якщо не знайдено перехід до 7 блоку.

Блок 6. Знаходимо таблицю маршрутизації з найкращою метрикою і переходимо до наступного пункту алгоритму.

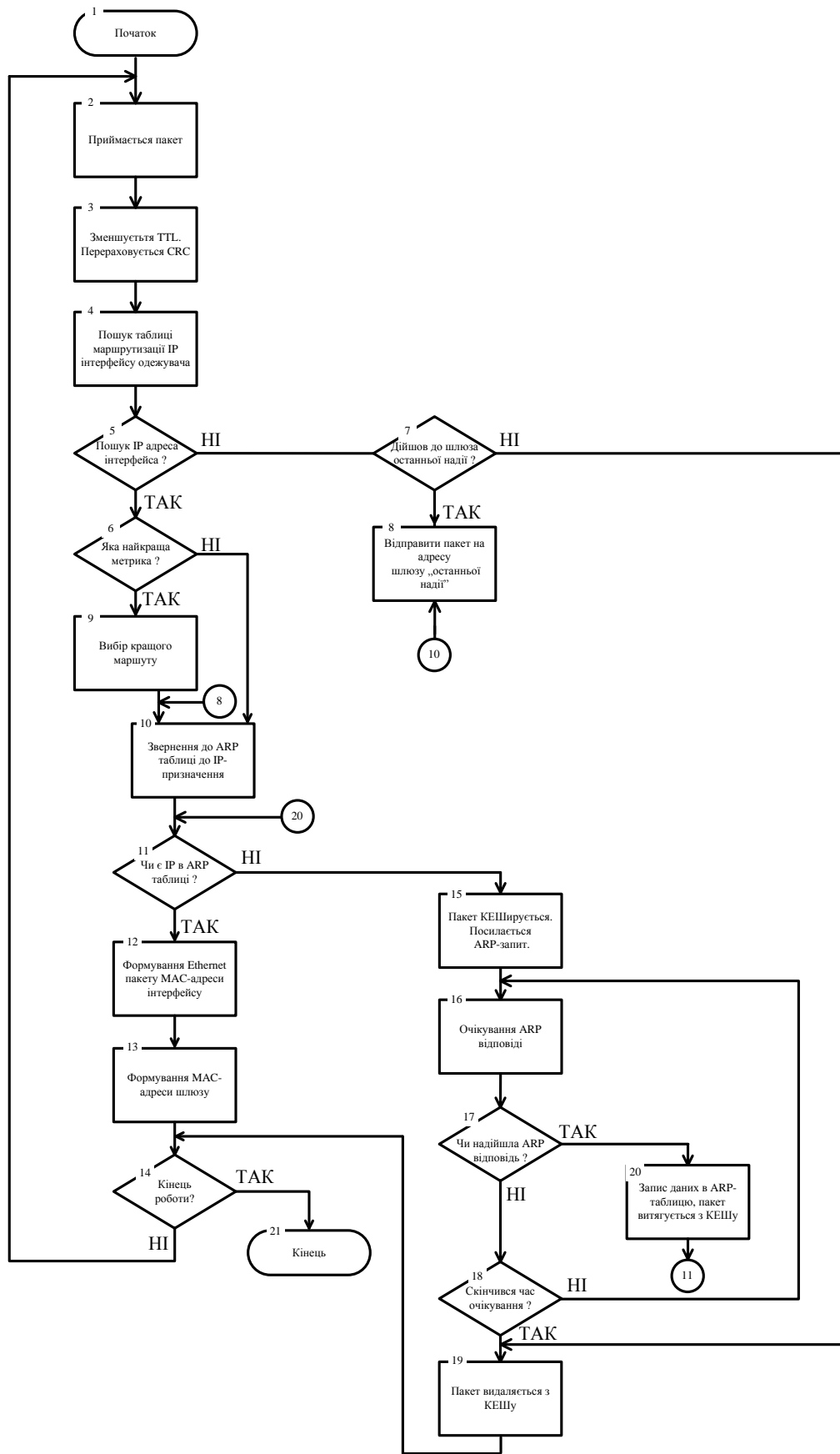


Рисунок 3.4 – Алгоритм функціонування пристрою

|     |      |          |        |      |
|-----|------|----------|--------|------|
|     |      |          |        |      |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Блоку 7. Чи дійшов пакет до шлюза "останньої надії", якщо ТАК, переходимо до 8 блоку, якщо пакет не дійшов, переходимо до 19 блоку.

Блок 8. Відправляємо отриманий пакет на адресу шлюза "останньої надії" і переходимо до пункту 10.

Блок 9. Якщо є можливість вибираємо кращий маршрут пакету.

Блок 10. Обробляє звернення до ARP таблиці.

Блок 11. Відбувається запит про наявність IP адресата в ARP таблиці, у випадку наявності переходимо до блоку 12, при відсутності – блок 15.

Блок 12. Отримує необхідну інформацію для формування Ethernet-пакета MAC-адреси одержувача отриманим після дозволу IP і MAC-адресою інтерфейсу відправивши пакет.

Блок 13. Формує для надійшовших пакетів Ethernet заголовки який містить MAC-адреса одержувача, MAC-адреса відправника тощо.

Блок 14. Якщо пакети дійшли до адресата, даний алгоритм завершується, якщо HI алгоритм повторюється з самого початку.

Блок 15. Даний пакет КЕШується і відправляє ARP-запит з необхідною інформацією.

Блок 16. Відбувається очікування відповіді від ARP запити

Блок 17. Якщо надійшов ARP – відповідь, то переходимо до блоку 20. Якщо не надійшла ARP – відповідь, то переходимо до блоку 18.

Блок 18. Очікування часу.

Блок 19. Пакет знищується з КЕШу.

Блок 20. Дані заносяться в ARP – таблицю і пакет витягується з КЕШу.

Блок 21. Кінець.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 51  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

### 3.2 Розробка і обґрунтування структурної схеми

Виходячи зі структури самої мережі, алгоритму SPF і функцій маршрутизації пристрій повинен прийняти такий вигляд – рис. 3.5.

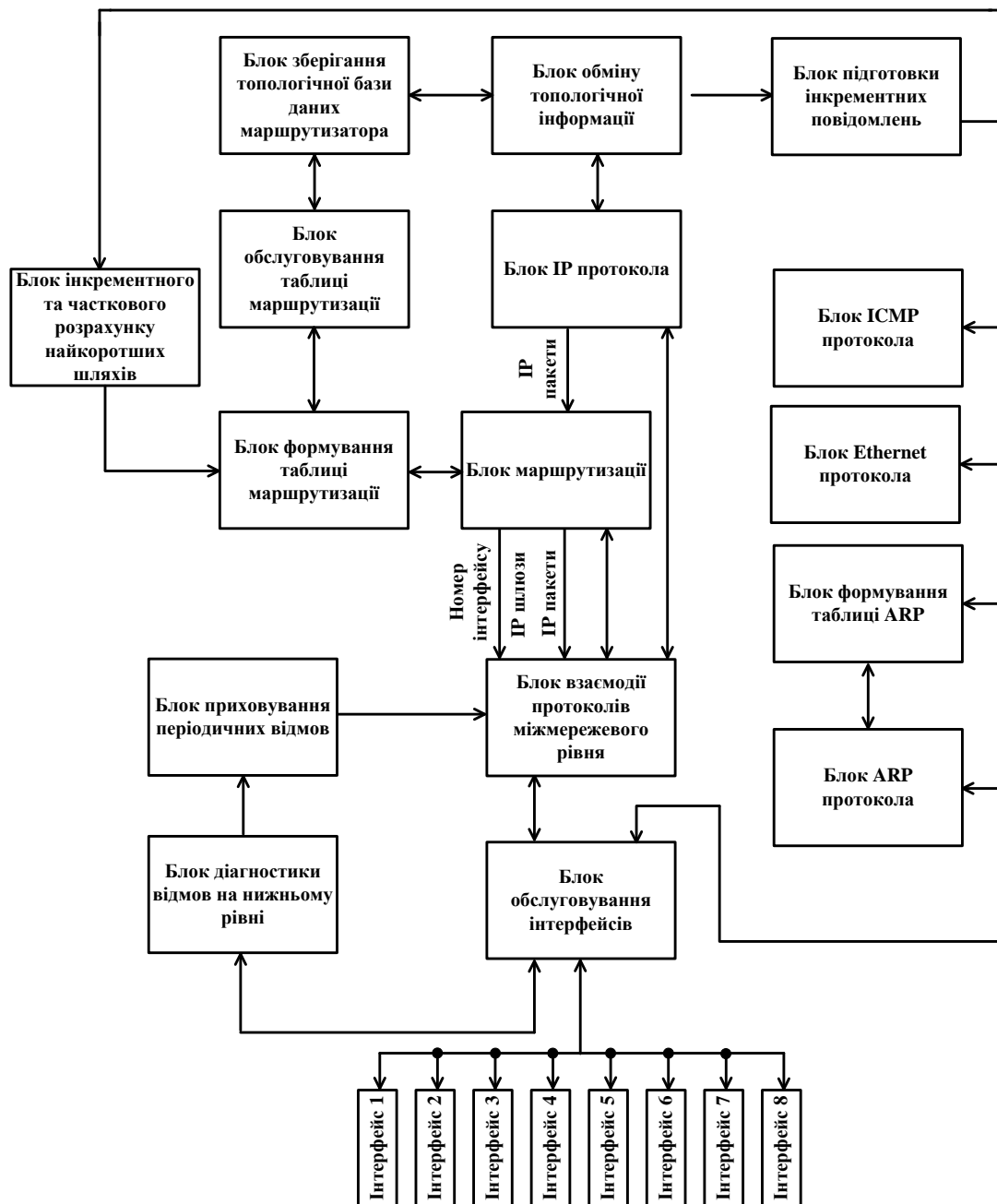


Рисунок 3.5 – Структурна схема маршрутизатора

Блок IP протоколу виконує функції:

- перенаправлення пакетів при маршрутизації;
- перевірки CRC заголовка (циклічного надлишкового коду), і вирішується питання пошкоджений пакет чи ні. Якщо пакет пошкоджений,

відкидається;

- зміни TTL (час життя), після кожного маршрутизатора його значення зменшується на одиницю, якщо воно стане рівним нулю пакет знищується;

- забезпечення роботи OSPF протоколу.

Блок формування таблиці ARP (Address Resolution Protocol):

- зберігає базу даних, яка пов'язує IP-адреси з відповідними їм MAC-адресами.

Блок ARP протоколу:

- обробляє звернення до ARP таблиці, дозволяє локальному IP-адресу (адреса належить підмережі до якої належить даний інтерфейс). Процес дозволу локального IP адреси полягає в наданні блоку взаємодії протоколів міжмережевого рівня MAC-адреси відповідного IP-адресою;

- знищує застарілі записи після закінчення часу очікування;

- при спробі дозволу IP відсутнього ARP в таблиці, посилає широкомовні ARP запити, а пакет який очікує необхідний йому MAC поміщається в КЕШ, якщо приходить ARP відповідь IP і відповідний йому MAC поміщається в таблицю;

- обробляє ARP запити, і поміщає в таблицю IP і відповідний йому MAC що запросив хоста або маршрутизатора.

Блок Ethernet протоколу:

- формує для надійшовших пакетів Ethernet заголовки який містить MAC-адреса одержувача, MAC-адреса відправника, тип наступного протоколу (поле має це значення тільки для Ethernet мережі і має перебувати в діапазоні від 0x05DC до 0xFFFF), а також зазвичай підраховує CRC пакета (циклічного надлишкового коду) і поміщає його в кінець, але в нашому випадку CRC підраховує Ethernet контролер.

Блок обслуговування інтерфейсів:

- управляє низько рівневим доступом до Ethernet контролера і забезпечує механізм передачі та прийому пакетів. Ethernet контролер має прямо і побічно адресувати регістри, доступ до яких прямо адресуються регістрами, що здійснюється наступним методом. Мікроконтролер виставляє на шині адреси - адреси молодший байт якого управляє вибором необхідного Ethernet контролера (інтерфейсу), а старший байт представляє собою номер прямого регістра до якого формується звернення, на шині даних

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 53  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

виставляються дані, які необхідно записати в прямий реєстр, або Ethernet контролер сам виставить дані при операції читання.

Блок взаємодії протоколів міжмережевого рівня:

– блок здійснює взаємодію ARP, Ethernet, IP, ICMP, IGMP протоколів як між собою так і з драйвером інтерфейсів. Наприклад: передачу даних між цими протоколами і драйвером інтерфейсів; синхронізацію їх роботи. А також здійснює формування запитів на дозвіл IP-адреси, тимчасове їх кешування і знищення IP-пакетів в разі неможливості вирішити IP-адреса, виконує обробку даних отриманих від блоку маршрутизації і задає в певному порядку протоколи для перенаправлення пакетів, а також формуванні в кінцевому підсумку Ethernet-пакетів які передаються драйверу інтерфейсів.

Блок маршрутизації:

– служить для визначення по таблиці маршрутизації інтерфейсу (через який піде пакет в мережу) і IP адреси наступного одержувача перенаправлення Ethernet пакету (маршрутизатора або хоста одержувача);

– визначає чи є одержувач локальним хостом мережі підключеної до одного з інтерфейсів або пакет потрібно перенаправити на наступний маршрутизатор;

– передає блоку взаємодії протоколів міжмережевого рівня необхідну інформацію (IP-адреса інтерфейсу і IP-адреса одержувача) для формування Ethernet-пакета MAC-адресою одержувача отриманим після дозволу IP і MAC-адресою інтерфейсу відправивши пакет;

– обробляє накладаючи маршрути;

– здійснює підтримку множинних маршрутів, кількість трафіку, що минає по кожному з маршрутів обернено пропорційно відношенню метрик між маршрутами.

Блок формування таблиця маршрутизації:

– зберігає базу даних необхідних для прийняття рішення блоком маршрутизації по якому з маршрутів відправити прийняті пакети. У загальному випадку таблиця являє собою рядки з полями мережевого адреси, і маскою мережі які в парі формують деякий діапазон IP-адрес. Блок маршрутизації здійснює пошук на предмет приналежності IP-адреси призначення (міститься в заголовку IP пакета) одному з діапазонів представлених в таблиці маршрутизації, кожному діапазону ставиться у відповідність адреса шлюзу, адреса інтерфейсу і метрики маршруту.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 54  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |



Блок зберігання топологічної бази даних маршрутизатора:

- база даних стану зв'язків, що є повне опису графа OSPF системи. При цьому вершинами графа є маршрутизатори (які можуть бути прикордонними маршрутизаторами області, прикордонними маршрутизаторами системи або кінцевої точкою віртуального зв'язку), транзитні мережі, тупикові мережі, а ребрами – з'єднують їх зв'язок. Бази даних на всіх маршрутизаторах області ідентичні.

Блок обміну топологічної інформацією:

- служить для побудови топологічної бази даних маршрутизатора. Блок працює на OSPF протоколі який знаходиться безпосередньо над IP і має код 89. Тим часом OSPF протокол включає в себе наступні протоколи: Hello-протокол, протокол обміну (Exchange protocol), протокол заповнення (flooding). За вище описаним протоколам цей блок займається обміном топологічної інформацією між сусідніми маршрутизаторами, причому тільки тієї якої немає у його сусіда, тим самим синхронізуючи свої бази даних, це відбувається за допомогою початкового обміну інформацією описового характеру про свою базу даних. Також цей блок займається цілим рядом заходів організаційного характеру.

Блок обслуговування таблиці маршрутизації:

- формує таблицю маршрутизації на підставі найкоротших шляхів обчислених за допомогою алгоритму Дейкстры по топологічній базі даних маршрутизатора;
- обробляє звернення до таблиці маршрутизації;
- знищує застарілі записи після закінчення часу очікування.

Блок ICMP (Internet Control Message Protocol) протоколу:

- виконує функцію оповіщення про помилки і управляє повідомленнями для протоколу IP. Наприклад перевантажений маршрутизатор може послати пропозицію знизити швидкість передачі.
- перерахунок CRC заголовка.

Блок діагностики відмов на нижньому рівні:

- ефективний спосіб зниження затримок при діагностиці відмов каналів зв'язку;
- використання інформації про стан каналів безпосередньо від каналного протоколу або від каналоутворюючого обладнання;

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 55  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

Блок приховування періодичних відмов:

– передбачає вирішення завдання діагностики відмов на канальному рівні і, в разі флуктуацій працездатності каналу, приховування цих змін від мережевого рівня, щоб останній не ініціював перерахунок топології.

– один із таких способів є технологія Dampening, реалізована в операційній системі Cisco IOS

Блок підготовки інкрементних повідомлень:

– інкрементні повідомлення Hello;

– диференціальні повідомлення Hello;

– механізм інкрементних повідомлень Hello в складі протоколів дозволяє маршрутизаторам повідомляти тільки про зміни, що відбулися в їх оточенні протягом тривалості останнього Hello\_Interval, замість повної інформації про оточення.

– якщо мережа буде стійка, то більшість повідомлень Hello матиме значно менший обсяг. Однак при використанні цих механізмів відмови каналів або зміни топології можуть викликати втрату Hello-синхронізму, тому що не до-звоять вузлів мережі відстежувати зміни топології належним чином. Щоб виявити ці випадки вводиться нумерація пакетів Hello і контроль правильної послі-довності їх прийому.

Блок інкрементного та часткового розрахунку найкоротших шляхів:

– використовує алгоритм Дейкстри для обчислення шляхів до вузлів мережі;

– одним з його недоліків є необхідність повного перерахунку шляхів для таблиць маршрутизації при отриманні повідомлення LSA про зміну топології мережі. Разом з тим, при зміні топології в дереві шляхів можуть бути частини, які залишаються незмінними, і їх перерахунок не потрібен.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 56  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

#### 4 РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ

Для вирішення усіх поставлених завдань необхідно створити пристрій, який виконуватиме усі функції, розглянуті при розробці структурної схеми.

Основою пристрою є мікропроцесор. Цей пристрій обробляє дані з зовнішніх пристроїв і пам'яті у відповідності програмою, управляє і синхронізує роботу усього контролера. Центральний процесорний модуль є основним блоком контролера. Він забезпечує управління і синхронізацію роботи усього пристрою, забезпечує прийом, видачу, зберігання і обробку даних, що поступають по системній шині. Основними характеристиками мікропроцесора є швидкодія і розрядність[3].

Будь-яка мікропроцесорна система, будується за модульним принципом з шинною організацією зв'язків між блоками. Вона складається з центрального процесорного модуля, блоку пам'яті, блоку прийому- передачі даних, блоку індикації.

При побудові блоку пам'яті вирішують наступні завдання:

- визначення організації пам'яті (обчислення її об'єму і розрядності елементів пам'яті);
- розподіл адресного простору між пам'яттю програм і пам'яттю даних;
- розробка засобів доступу до пам'яті і селекторів адреси.

Блоком пам'яті в проектованому пристрої є ПЗП і ОЗУ. У першому зберігаються коди програми, а в другому - виводяться дані, що вводяться, проміжні і вихідні дані.

Апаратним шляхом елементам пам'яті ПЗП і ОЗУ можна присвоїти будь-які адреси, починаючи від 0 до 65535, але при цьому потрібно враховувати ту обставину, що при включенні живлення і після скидання мікропроцесор завжди починає прочитувати код команди, розташований в осередку з адресою 0000h.

Для управління зовнішніми пристроями, а також для забезпечення необхідної швидкості введення отриманого коду в пам'ять, необхідно застосувати паралельний інтерфейс, що дозволяє організовувати введення/виведення паралельної інформації різного формату . Мультиплексор перетворить сигнали процесора в сигнали читання/запису пам'яті і зовнішніх пристроїв[3].

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 57  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

Інтегрований на кристалі контроллер Ethernet повністю відповідає стандарту 10base, - T/100base - TX. Для зв'язку з хостом (мікроконтроллером) він використовує паралельний інтерфейс SPI. Мікросхема практично не вимагає зовнішніх компонентів для роботи і підтримує декілька Power – down режимів. Головним завданням є правильно зібрати даний пристрій, запустити, і провести його наладку.

На рисунку 4.1 ми можемо спостерігати функціональну схему комунікаційного пристрою.

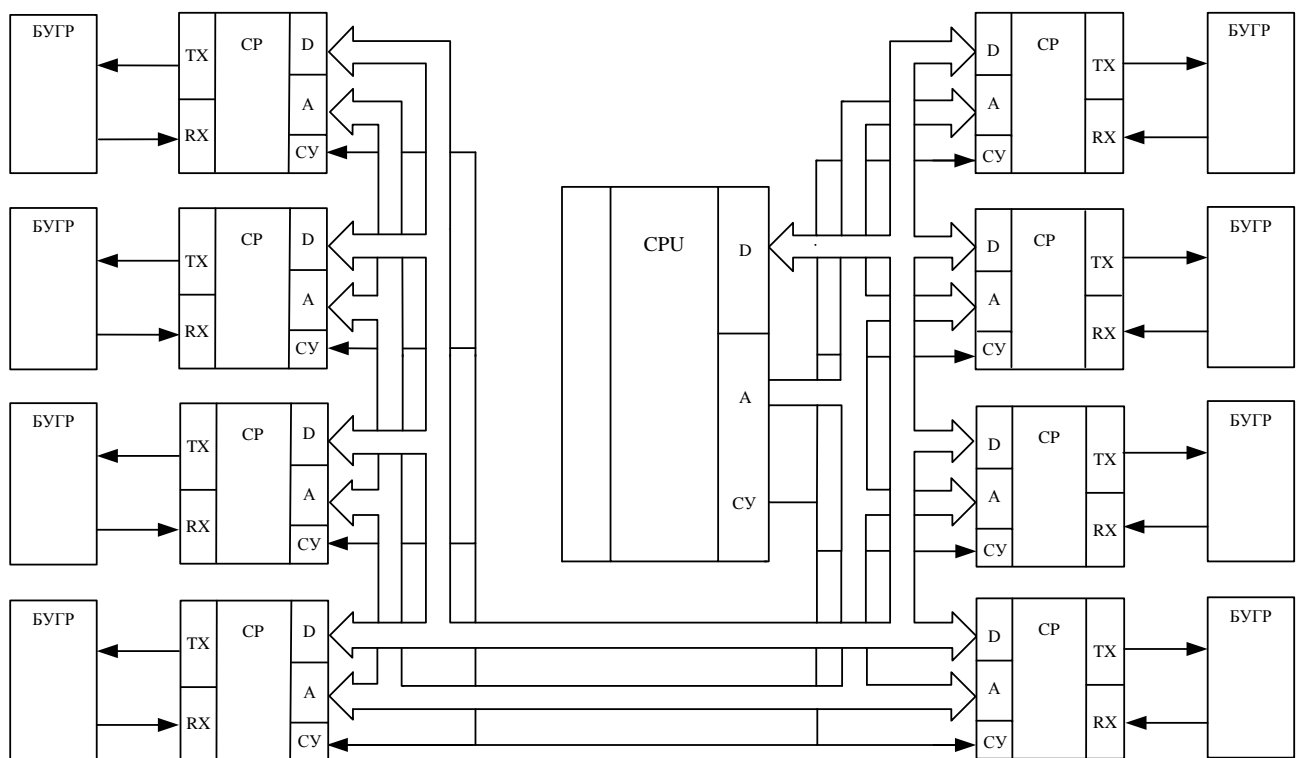


Рисунок 4.1 – Функціональна схема маршрутизатора

У ньому міститься: CPU – центральний процесорний модуль (мікроконтролер C8051F300); CP – Ethernet контролер CP2200; БУГР – блок узгодження і гальванічної розв'язки. D – шина даних; А – шина адреси; СУ – система управління; RX – буфер прийому інформації; TX – буфер передачі інформації.

Детальний опис і розрахунок блоків, зображених на функціональній схемі маршрутизатора: мікроконтролера C8051F300, Ethernet контролера CP2200, блоку узгодження і гальванічної розв'язки, будуть проводитися далі.

## 5 РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ

### 5.1 Вибір елементарної бази

Маршрутизатор проектується на базі мікроконтролера C8051F300, Ethernet контролера CP2200, а також блок узгодження і гальванічної розв'язки. Мікроконтролер C8051F300 працює на частотах до 25 МГц, забезпечуючи продуктивність до 25 MIPS, при цьому він має дуже маленькі габаритні розміри корпусу, всього 3x3 мм[25].

Аналогова периферія мікроконтролера містить швидкодіючий 8-бітний аналого-цифровий перетворювач з восьмиканальним мультиплексором, крім того, він містить один аналоговий компаратор. Іншою особливістю є те, що входи аналогових вузлів не мають самостійних висновків корпусу і можуть бути налаштовані на будь-який з висновків єдиного 8-бітного порту введення/виведення.

Цифрова периферія має всі вузли стандартного мікроконтролера 8052, а також програмований лічильник масивів, розширений обробник переривань, охоронний таймер і монітор живлення, а також вбудований програмований генератор з підтримкою UART. У набір вбудованих апаратних інтерфейсів входять SMBus, сумісний з PC) і UART. Інтерфейс SPI відсутня.

Мікроконтролер C8051F300 має вбудовану Flash-пам'ять середнього обсягу 8К, що дозволяє розмістити в ній програми середньої складності.

Перераховані переваги роблять мікроконтролер C8051F300 незамінним при створенні мікроконтролерних систем вимірювання та контролю.

Узагальнена структура мікроконтролера C8051F300 представлена на рис. 5.1. складається з трьох функціональних груп: аналогової периферії, цифрової периферії і високопродуктивних контролерів ядра. Габаритні розміри мікроконтролера складають всього 3x3 мм[25].

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 59  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

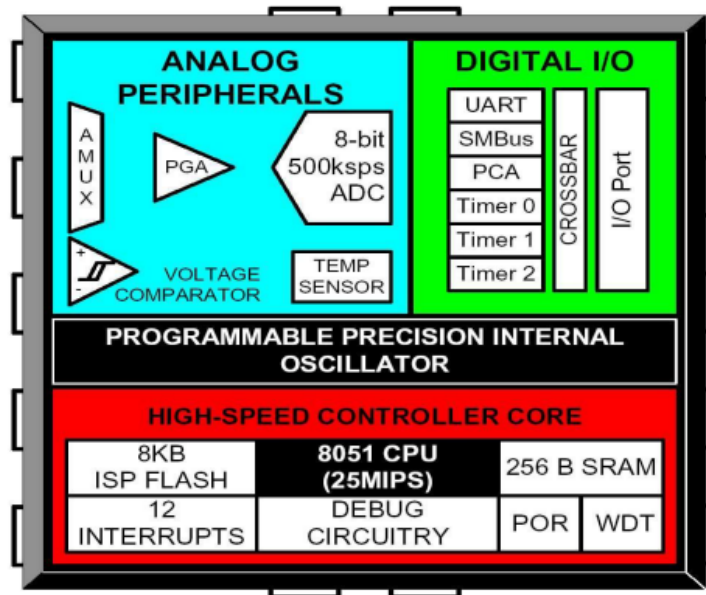


Рисунок 5.1 – Узагальнена структура мікроконтролера C8051F300

До складу аналогової периферії входять:

- швидкодіючий 8-бітний аналого-цифровий перетворювач;
- вхідний аналоговий мультиплексор, що забезпечує комутацію до 8 зовнішніх входів;
- включений між аналоговим мультиплексором і аналогово-цифровим перетворювачем програмований попередній підсилювач з коефіцієнтами посилення 4; 2; 1; і 0,5;
- аналогові вузли в якості опорної напруги можуть використовувати або зовнішнє джерело, що підключається через спеціальний вхід, або напругу живлення;
- до дев'ятого входу аналогового мультиплексора підключений вбудований датчик температури; до складу аналогової периферії також входить один аналоговий компаратор з програмованим гістерезисом і часом реакції.

До складу цифрової периферії і ядра входять:

- багатофункціональний послідовний порт UART;
- послідовний інтерфейс SMBus, сумісний з PC;
- три 16-розрядних таймера загального призначення;
- програмований масив-лічильник PCA з трьома модулями захоплення/порівняння і режимом таймера реального часу;

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      |                         | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 60  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ |     |

- вбудований тактовий генератор 24,5 МГц з підтримкою UART;
- зовнішній генератор з можливістю роботи від кварцового або п'єзокерамічного резонатора, RC-ланцюжка або окремого конденсатора; мікроконтролер має тільки один порт введення/виводу.

Мікроконтролер має вбудований RAM об'ємом 256 байт і Flash-пам'ять програм/даних об'ємом 8Кб.

Мікроконтролер містить оригінальне ядро CIP-51, що забезпечує пікову продуктивність до 25 MIPS при тактовій частоті 25 МГц, 70% інструкцій виконуються за 1-2 періоду тактової частоти[26].

Flash-пам'ять мікроконтролера програмується внутрішньосистемно через вбудований інтерфейс JTAG (I2C).

Слід особливо підкреслити, що в складі цифрової периферії немає охоронного таймера WDT.

Мікроконтролер працює при напрузі живлення від 2,7 до 3,6 В (при типовому струмі споживання 5,8 мА) в індустриальному діапазоні температур від -45 до +85 °С. Лінії портів введення/виводу, скидання і JTAG працездатні при напрузі живлення 5 В.

Мікроконтролер C8051F300P випускається в корпусі DIP14 з 14-ю висновками (рис. 5.2). Функціональна схема мікроконтролера C8051F300 (з аналого-цифровим перетворювачем) показана на рис. 5.3.

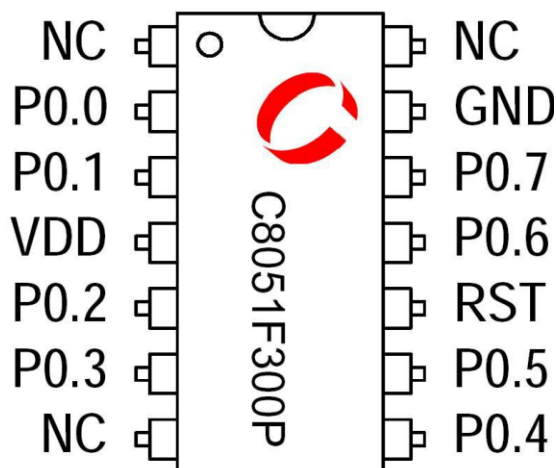


Рисунок 5.2 – Розташування виводів мікроконтролера C8051F300 в корпусі

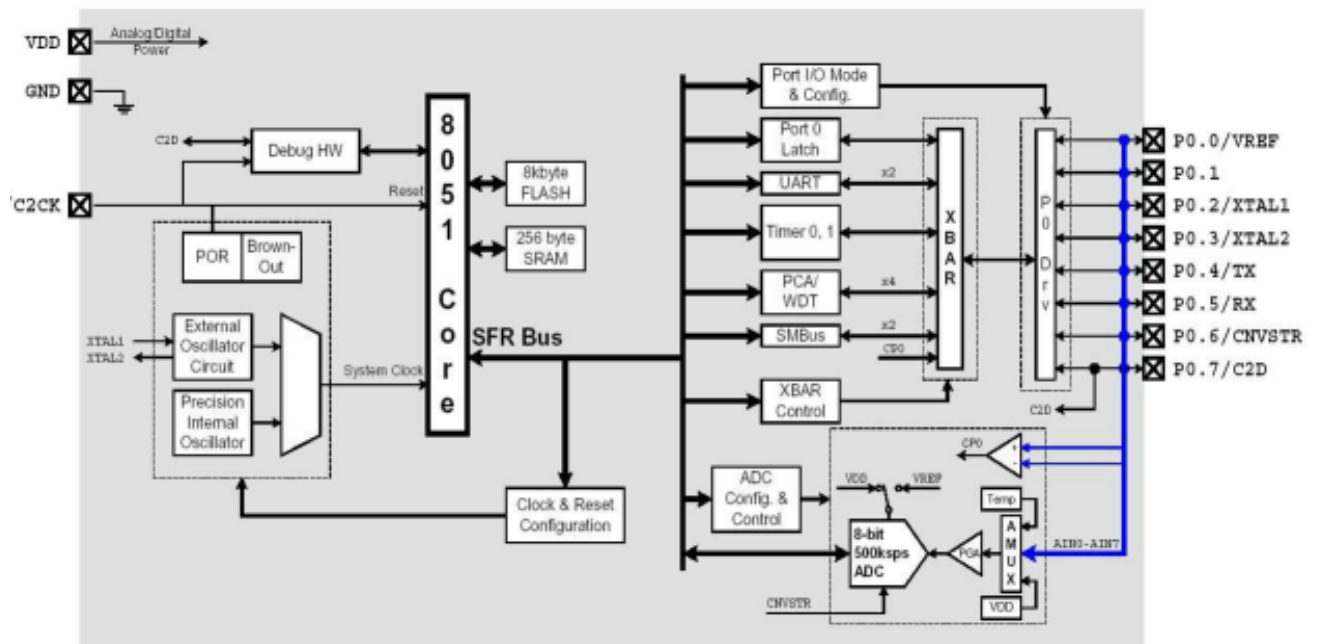


Рисунок 5.3 – Функціональна схема мікроконтролера S8051F300

Таблиця 5.1 – Назва і призначення виводів мікроконтролера[26].

| Имя    | Выводы |        | Тип           | Опис                                                  |
|--------|--------|--------|---------------|-------------------------------------------------------|
|        | MLP-11 | DIP-14 |               |                                                       |
| 1      | 2      | 3      | 4             | 5                                                     |
| VREF   | 1      | 2      | A In          | Зовнішній вхід опорної напруги                        |
| P0..0  |        |        | D I/O<br>A In | Лінія порта P0.0                                      |
| P0.1   | 2      | 3      | D I/O<br>A In | Лінія порта P0.1                                      |
| VDD    | 3      | 4      |               | Напруга живлення                                      |
| XTAL 1 | 4      | 5      | A In          | Вхід кварцового резонатора або зовнішнього генератора |
| P0.2   |        |        | D I/O<br>A In | Лінія порта P0.2                                      |



Продовження таблиці 5.1

| 1          | 2  | 3  | 4             | 5                                                                                 |
|------------|----|----|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| P0.3       |    |    | D I/O         | Лінія порта P0.3                                                                  |
| P0.4       | 6  | 8  | D I/O<br>A In | Лінія порта P0.4                                                                  |
| P0.5       | 7  | 9  | D I/O<br>A In | Лінія порта P0.5                                                                  |
| C2CK       | 8  | 10 | D I/O         | Тактовий сигнал C2 отладочного інтерфейсу                                         |
| RST        |    |    | D I/O         | Зовнішній вхід скидання або вхід/вихід з відкритим джерелом внутрішнього монітора |
| P0.6       | 9  | 11 | D I/O<br>A In | Лінія порта P0.6                                                                  |
| CNVS<br>TR |    |    | D I/O         | Вхід зовнішнього запуску ADC                                                      |
| C2D        | 10 | 12 | D I/O         | Двунаправленна лінія даних C2 отладочного інтерфейсу                              |
| P0.7       |    |    | D I/O<br>A In | Лінія порта P0.7                                                                  |
| GND        | 11 | 13 |               | Загальний                                                                         |

Електричні параметри та граничні режими експлуатації мікроконтролера C8051F300 наведені в таблиці 5.3. і таблиці 5.4 відповідно.

Перевищення параметрів, зазначених в таблиці, може привести до пошкодження виробу. Не рекомендується експлуатація виробу в граничних режимах, адже призведе до зниження надійності та ресурсу[26].

Таблиця 5.3 – Електричні характеристики мікроконтролера 8051F300[26].

| Параметр                                                 | Умови                                                                                  | Мін | Норма                   | Макс |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------|------|
| Напруга живлення аналогової частини                      | Напруга живлення аналогової частини має бути більше 1В для роботи супервізора живлення | 2,7 | 3,0                     | 3,6  |
| Струм споживання з активною аналоговою частиною, мА      | ADC і компаратори включені при тактовій частоті 25МГц                                  |     | 5,8                     |      |
| Струм споживання цифрової частини при вимкненому CPU, мА | VDD = 2,7В, Clock = 25МГц<br>VDD = 2,7В, Clock = 1МГц<br>VDD = 2,7В, Clock = 32МГц     |     | 2,1<br>83 мкА<br>2,8мкА |      |
| Струм споживання цифрової частини в пасивному режимі, мА | Генератор вимкнений                                                                    |     | < 0,1                   |      |
| Напруга збереження даних в RAM, В                        |                                                                                        |     | 1,5                     |      |
| Робочий температурний діапазон, С                        |                                                                                        | -40 |                         | +85  |

Таблиця 5.4 – Граничні параметри мікроконтролера 8051F300[26].

| Параметр                                                                  | Діапазон   |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| Гранична температура корпусу, С                                           | -55...125  |
| Гранична температура зберігання, С                                        | -65...150  |
| Граничні напруги на всіх виводах Port I/O і RST/ по відношенню до DGND, В | -0,3...5,8 |
| Максимальне напруження на виводі VDD по відношенню до GND, В              | 0,3...4,2  |
| Максимальний загальний струм через VDD і GND, мА                          | 500        |
| Максимальний вихідний струм через будь-який з висновків Port I / O, мА    | 100        |

Підсистема мікроконтролера С8051F300. Мікроконтролер С8051F300 має типове ядро СІР-51 фірми SiLabs з підсистемою налагодження та програмування С2 і набором інструкцій. Ядро оснащено вбудованою пам'яттю даних з довільним доступом RAM об'ємом 256 байт (0x00-0xFF).

Молодші 128 байт (0x00-0x7F) доступні інструкцій з прямою і непрямою адресацією, регістри спеціальних функцій SFR доступні тільки інструкціям з прямою адресацією, а старше 128 байт (0x80-0xFF) - тільки інструкціям з непрямою адресацією.

Перші 32 байта (0x00-0x1F) адресуються як чотири банки регістрів загального призначення, а наступні 16 байт (0x20-0x2F) мають бітову адресацію. Карта пам'яті мікроконтролера С8051F300 показана на рисунку 5.4.



Продовження таблиці 5.5

| 1      | 2    | 3                                             | 4      |
|--------|------|-----------------------------------------------|--------|
| ADC0GT | 0xC4 | Байт верхнього порогу даних ADC0              | 3.6.8  |
| ADC0LT | 0xC6 | Байт нижнього порога даних ADC0               | 3.6.10 |
| ADC0   | 0xBE | Байт даних ADC0                               | 3.6.6  |
| AMX0SL | 0xBB | Вибір каналів мультиплектора MUX ADC0         | 8.6.2  |
| B      | 0xFO | Регістр B                                     | 3.6.25 |
| CKCON  | 0x8E | Регістр управління тактовою частотою таймерів | 8.6.28 |

Особливості аналого-цифрового перетворювача. Аналого-цифровий перетворювач мікроконтролера C8051F300 має відмінності від аналогічних вузлів, що застосовуються в інших мікроконтролерах. В першу чергу це пов'язано з обмеженою кількістю виводів корпусу і необхідністю в цих умовах забезпечити і однополярний, і диференційний режими.

З цією метою в вузлі аналого-цифрового перетворювача була змінена структура аналогового мультиплектора. Фактично, в цьому мікроконтролері використовуються два мультиплектора, керованих одним регістром SFR, кожен з яких комутує свій вхід попереднього підсилювача PGA. Функціональна схема вузла аналого-цифрового перетворювача приведена на рисунку 5.5.

Перша частина мультиплектора комутує як би джерело сигналу, а друга як би крапку, щодо якої цей сигнал вимірюється. Якщо обидві частини мультиплектора налаштовані на різні висновки мікроконтролера, ми маємо диференціальне включення, якщо ж друга частина мультиплектора з'єднана з





користувача констант, змісту сервера мережі, або як незалежна пам'ять. Flash пам'ять містить унікальний MAC-адресу на 48 бітів, що міститься в останніх шести осередках пам'яті. Наявність унікального MAC-адреси, що міститься в CP2200 часто відділяє крок виробничого процесу виробу більшості вкладених систем від перетворення в послідовну форму.

CP2200 має чотири режими роботи зі зміною рівнів функціональних можливостей, які дозволяють host-процесору повністю здійснювати управління. Додаткова кнопка переривань дозволяє host-процесору входити в режим "очікування" і виходити з нього, коли пакет отриманий або коли підключений до мережі. Автопереговори дозволяють пристрою автоматично вибрати найефективніший двобічний режим підтримуваний мережею[27].

На рис. 5.7 показана функціональна схема Ethernet контролера.

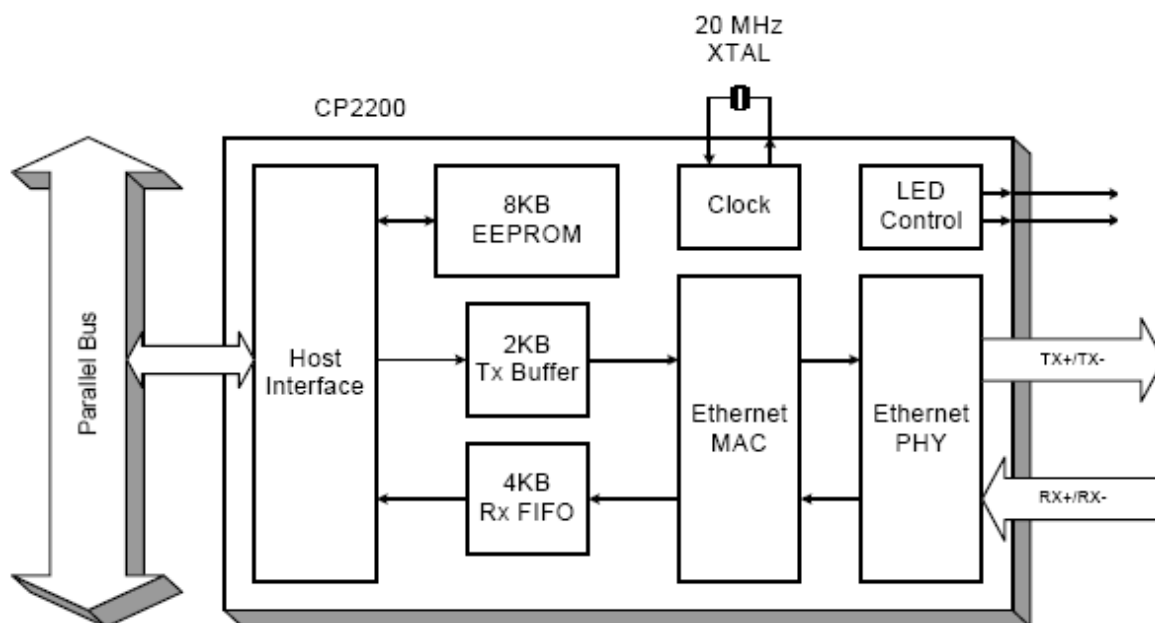


Рисунок 5.7 – Функціональна схема Ethernet контролера

Ethernet PHY – фізична реалізація Ethernet рівня (реалізація за допомогою елементів). Ethernet MAC – MAC-адрес мікросхеми:

- Tx Buffer – буфер передачі.
- Rx FIFO – буфер прийому.
- Host Interface – інтерфейс сполучення з паралельної шиною.
- Parallel Bus – паралельна шина.



- EEPROM – енергонезалежна пам'ять.
- Clock – генератор.
- LED Control – контролер світлодіодів.

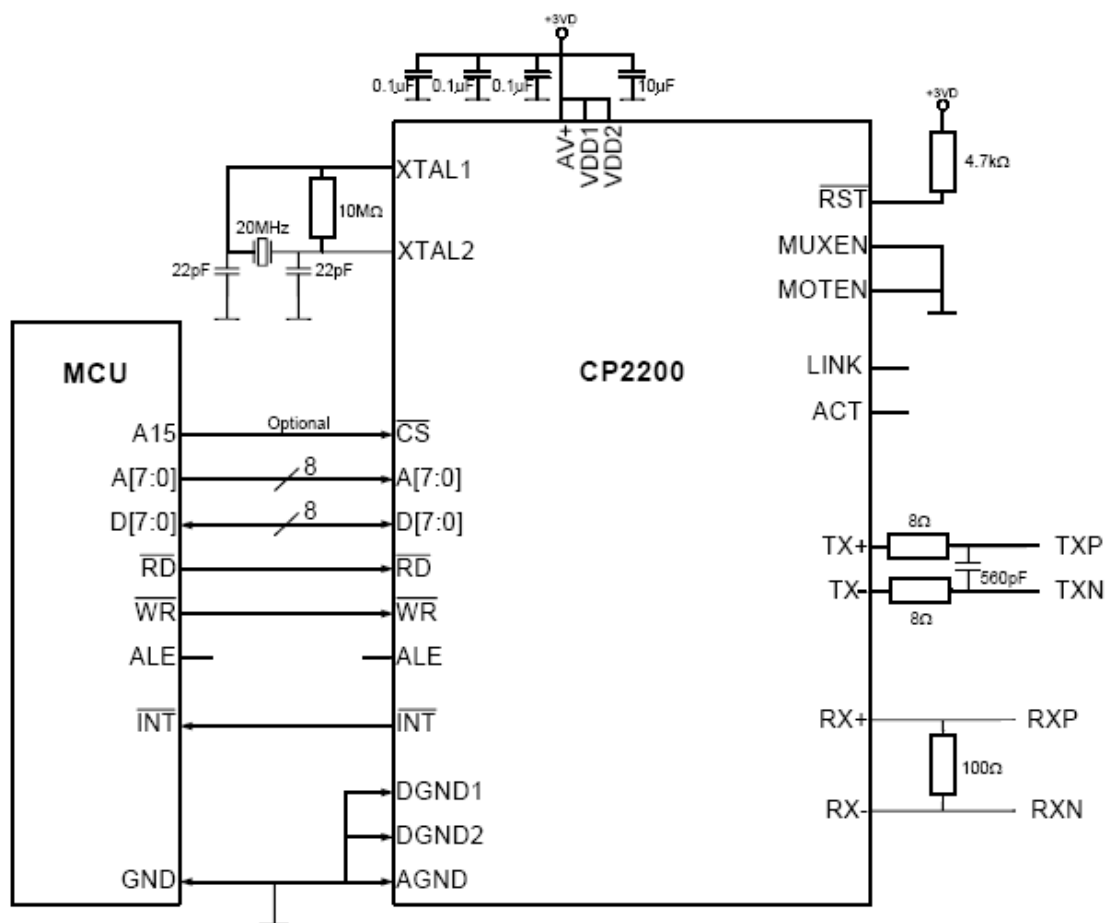


Рисунок 5.8 – Схема обв'язки Ethernet контролера працює в немультіплексном режимі

5.1.2 Блок узгодження і гальванічної розв'язки. Блок узгодження і гальванічної розв'язки містить в собі:

- стандартного роз'єму RJ-45, який служить для підключення мережевого кабелю до пристрою;
- два телекомунікаційних трансформатора для передачі цифрового потоку (гальванічної розв'язки);
- два світлодіода, що виконують функцію індикації режиму роботи пристрою (прийому/передачі).

Принципова схема БУГР представлена на рис.5.9

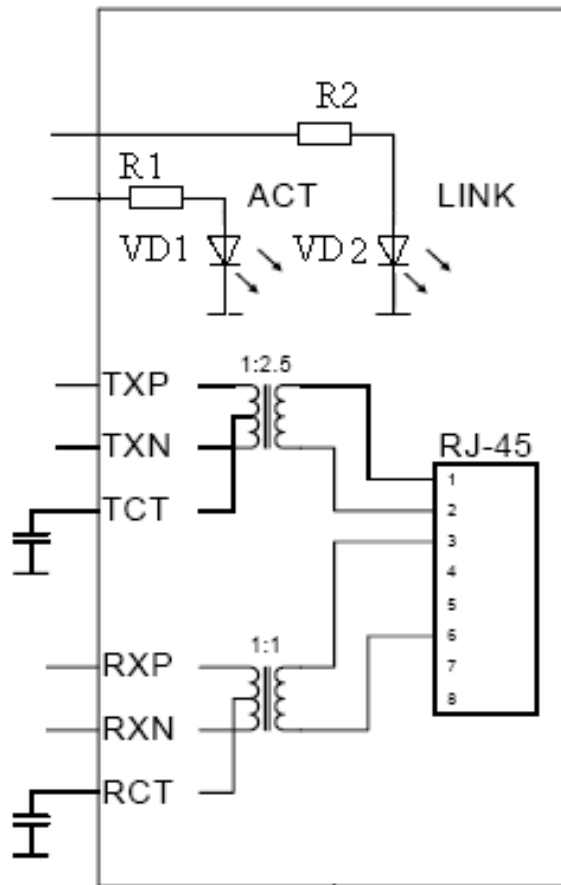


Рисунок 5.9 – Принципова схема БУГР

Для нашого пристрою візьмемо телекомунікаційні трансформатори для передачі цифрового потоку марки TEW 5721-1 фірми Filtran LTD, так як вони досить дешеві і надійні. Світлодіод візьмемо L-53 SGC фірми KING BRIGHT.

Розрахуємо резистори R1 і R2. У зв'язку з тим що світлодіоди VD1 і VD2 однакові, резистори R1 і R2 – рівні.

$$R = \frac{U_{mc} + U_{VD}^{np}}{I} \quad (5.1)$$

де:  $U_{mc}$  – напруга на виході мікросхеми;

$U_{VD}^{np}$  – гранична напруга світлодіода.

$$R = \frac{3,3 - 2,1}{0,01} \approx 120(Ом)$$

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 72  |

## 5.2 Розроблення програмного забезпечення пристрою

Відповідно до поставленої задачі, необхідно розробити підпрограму ініціалізації мікроконтролера C8051F300.

Для введення в і виведення даних використовуються символічні адреси INSTR і DATA, відповідно. Ідентифікатор N означає число елементів масиву даних, а ADDR – адреса початку буфера даних в пам'яті. При виникненні помилки парності відбувається звернення до підпрограми обробки помилки, розташованої за адресою ERR (у цьому фрагменті відсутній).

Програмним забезпеченням для даного мікропроцесора являється мова програмування ASM-85. Лістинг програми, який реалізує підпрограму ініціалізації мікропроцесорного контролера, має наступний вигляд:

Мітка – Мнемокод –Коментар

|                 |                                       |
|-----------------|---------------------------------------|
| BEGIN DI;       | Заборона переривання                  |
| MVI A,40H;      | Запис інструкції програмного скидання |
| OUT INSTR       |                                       |
| MVI A,7DH;      | Запис інструкції режиму               |
| OUT INSTR       |                                       |
| MVI A,31H ;     | Запис інструкції команди передачі     |
| OUT INSTR       |                                       |
| MVI B,N;        | Установка лічильника масиву даних     |
| LXI H,ADDR;     | Завантаження початкової адреси масиву |
| ENTR: MOV A,M;  | Передача елементу масиву в акумулятор |
| OUT DATA;       | Запис елементу масиву в УАПІ          |
| WAIT: IN INSTR; | Слово стану УАПІ                      |
| MOV C,A;        | Зберігання слова стану                |

|                   |                                         |
|-------------------|-----------------------------------------|
| ANI 08;           | Виділення біта помилки парності         |
| CNZ ERR;          | Якщо помилка, то на програму обробки    |
| MOV A,C;          | Відновлення слова стану                 |
| RAR;              | Контроль готовності передавача          |
| JNC WAIT;         | Якщо не готовий, то повтор              |
| DCR B;            | Зміна лічильника елементів масиву       |
| JZ EXIT;          | Якщо все, то вихід з програми           |
| INX H;            | Наступний елемент масиву                |
| JMP ENTR;         | Повторення циклу передачі               |
| EXIT: MVI A,38H ; | Запис інструкції команди кінця передачі |
| OUT INSTR EI;     | Дозвіл пререривання                     |

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 74  |

## 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 6.1 Організація електронного документообігу

Питання про необхідність автоматизації управління документообігом давно перейшов у практичну площину, і все більше підприємств впроваджують у себе системи електронного документообігу, дозволяючи організаціям вже на власному досвіді оцінити переваги нової технології роботи з документами. Однак і для тих небагатьох, хто вважає автоматизацію документообігу пройденим етапом, можливо, незабаром буде потрібно переосмислити зроблений вибір і знову зануритися в проблему підвищення ефективності управління документообігом. Це обумовлюється, зокрема, зміною ринкової ситуації, зростанням організацій, що створюють кризи «перехідного віку» і призводить до необхідності реструктуризації, а також розвитку інформаційно-комунікаційних технологій, з одного боку, надають нові можливості для ведення бізнесу, з іншого – змушують йти в ногу з часом, щоб не відстати від конкурентів[29].

Електронний обмін даними – це реальність, з якою сьогодні стикається практично кожен. Він здійснюється за допомогою інформаційних систем, комп'ютерних мереж, інтернету, електронної пошти та безліччю інших засобів.

В останнє десятиліття з'явилися і набули поширення нові інструментальні засоби ефективного забезпечення управлінських процесів. У тому числі мова йде про програмне забезпечення, призначеному для обробки управлінських документів. Зокрема з'явилися такі поняття як електронний документ, електронно-цифровий підпис, системи електронного документообігу.

Документообіг – рух документів в організації з моменту їх створення або отримання до завершення виконання або відправлення. Комплекс робіт з документами: прийом, реєстрація, розсилка, контроль виконання, формування справ, зберігання і повторне використання документації, довідкова робота[28].

Електронний документообіг (ЕДО) являє собою єдиний механізм по роботі з документами, представленими в електронному вигляді, з реалізацією концепції «безпаперового діловодства».

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 75  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

Документ, представлений в електронному вигляді, або електронний документ (ЕД) – документ, створений за допомогою засобів комп'ютерної обробки інформації, який може бути підписаний електронним цифровим підписом і збережений на машинному носії у вигляді файла відповідного формату.

Електронний цифровий підпис (ЕЦП) – аналог власноручного підпису, який є засобом захисту інформації, що забезпечує можливість контролю цілісності і підтвердження достовірності електронних документів.

Аналогічно тому, як біт є одиницею інформації в кібернетиці, документ є одиницею інформації в системах документообігу. Системи документообігу зберігають документи, ведуть їх історію, забезпечують їх рух по організації, дозволяють відстежувати виконання тих процесів, до яких ці документи мають відношення. В організації, де впроваджена система документообігу, документ є базовим інструментом управління. Тут немає просто рішень, доручень чи наказів – є документи, що містять ці самі накази, рішення, доручення тощо[28].

Сучасний порядок ведення справ на підприємствах і в організаціях вимагає великого обсягу роботи з документами. Пошук, затвердження й узгодження стають досить складними процедурами. Єдиним ефективним підходом в подібній ситуації є використання сучасних технологій і максимальна автоматизація всіх етапів роботи з документами. До того ж, поява за останній час достатньої кількості доступних обчислювальних потужностей і якісного програмного забезпечення, робить подібне рішення легко реалізованим і економічним.

Автоматизація документообігу дозволяє більш продуктивно організувати роботу підприємства. Швидке отримання паперового та електронного зразків документа за допомогою використання технологій сканування, розпізнавання і друку документа робить легко доступним перехід від паперової версії документа до електронної і назад. Таким чином, відкривається спосіб безболісного перенесення документів з паперового уявлення в електронний вигляд, при цьому з'являється можливість використання переваги комп'ютерів[30].

Можливість впровадження юридично значущого електронного документообігу в існуючі інформаційні системи і бізнес-процеси замовників допомагає вивести роботу підприємств великого, середнього і малого бізнесу

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 76  |

на якісно новий рівень. Використання механізмів обміну документами в онлайн-режимі забезпечить наступні переваги: незалежність від географічного розташування, підвищення продуктивності праці фінансових і бухгалтерських служб, оптимізація витрат на ведення бізнесу.

Також автоматизація дасть можливість миттєво розподіляти витрати за центрами фінансової відповідальності і бюджетними статтями, аналізувати виконання бюджетів підрозділів для прийняття оперативних рішень, і оцінки ефективності їх роботи в онлайн-режимі, детально аналізувати окремі, особливо істотні витрати.

Якщо говорити про ефективність, то автоматизація документообігу на підприємстві забезпечує значну економію. Істотно зменшується число паперових документів, за рахунок чого зводяться до мінімуму витрати на витратні матеріали. Співробітники витрачають менше робочого часу на пошук потрібної інформації, на створення типових документів з нуля і складання різних звітів. Підготовка та узгодження документів проходять в рази швидше, що, крім іншого, підвищує довіру до підприємства з боку партнерів[29].

Система електронного документообігу (СЕД) дозволяє автоматизувати розробку і узгодження всіх документів організації, здійснювати розсилку документів для ознайомлення широким колом співробітників, видавати доручення і контролювати їх виконання, а також створювати довільні бізнес-процеси для вирішення будь-яких завдань організації.

Система містить ряд вбудованих стандартних бізнес-процесів, що покривають більшу частину завдань по автоматизації документообігу. Використовуючи ці процеси, можна дуже швидко приступити до роботи з системою. На додаток до стандартних процесів, користувачі можуть розробити свої власні процеси, а також внести необхідні корективи в існуючі процеси, за допомогою зручного інструментарію, вбудованого в систему.

Будь-який бізнес-процес може бути запущений користувачем системи, які мають відповідні повноваження. Крім цього, система забезпечує можливості гнучкого планування подій, дозволяючи заздалегідь налаштувати дати і періодичність запуску тих чи інших процесів і повідомлень[30].

Система дозволяє працювати не тільки з внутрішніми документами організації, але і повністю автоматизувати обробку вхідних і вихідних документів. Така автоматизація значно скорочує час обробки вхідних

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 77  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

документів і спрощує їх облік, робить весь процес від надходження вхідного документа до відправлення вихідного документа абсолютно прозорим і керованим.

Одне з ключових переваг автоматизації бізнес-процесів організації за допомогою електронної системи документооборота- поява повного контролю над виконанням всіх вирішуваних в організації завдань. Крім термінів розробки та узгодження документів, керівництво може контролювати всі аспекти роботи своїх підлеглих: час їх роботи в системі, кількість виконуваних завдань, час виконання завдань, кількість прострочених завдань і час, на яке вони були прострочені. Уповноважені співробітники отримують своєчасні повідомлення про те, що завдання може бути не виконано в термін, з тим, щоб можна було звернутися до затримують процес співробітнику і оперативно вирішити потенційну проблему. Крім цього, в будь-який момент можна запросити докладні звіти про хід виконання поточних завдань організації[30].

Контроль виконання дозволяє докорінно змінити роботу організації, зробити складні процеси простими і прозорими, показати якість роботи всіх співробітників і дозволити оперативно впливати на всі процеси.

Останнім часом почали з'являтися коробкові рішення систем електронного документообігу, спрямовані на малий і середній бізнес, які володіють можливостями, властивими корпоративних систем, такими як, наприклад, графічний дизайнер маршрутів, дизайнер реєстраційних карток та шаблонів звітів або можливість користувачам писати додаткові програмні модулі.

Впровадження СЕД доцільно на великих підприємствах, де обсяги документів часом дуже великі і паперовий документообіг нерідко гальмує діяльність цілих відділів, що просто неприйнятно. Система електронного документообігу - ефективний засіб для поліпшення швидкості роботи будь-якого підприємства або організації[29].

В першу чергу це скорочення витрат на паперові носії. Крім цього, співробітникам організації не потрібно буде втрачати час на те, щоб бігти в сусідній відділ за підписом, інший - за печаткою. Природно, це і вплине на швидкість обробки інформаційних потоків. Розпорядження будуть виконуватися набагато швидше, документи оброблятися без затримок.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 78  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |



У сучасному світі з все більш зростаючої конкурентною боротьбою і збільшуються потоками інформації вас кожен день просять робити вашу інфраструктуру більш ефективною, підтримувати продуктивність кожного співробітника, покращувати бізнес-процеси, робити ваш бізнес більш прозорим і захищеним. І робити все це швидше, безпечніше і з меншими витратами. У цих умовах наявність ефективною системи електронного документообігу набуває вирішальне значення для успішного ведення бізнесу.

Функції ведення діловодства складаються з обробки вхідних документів, пересилання їх усередині фірми, відправки вихідних документів, обліку, реєстрації, контролю за виконанням, формування справ, організації зберігання і т.д.

Висновок. Питання про необхідність автоматизації управління документообігом давно перейшов у практичну площину, і все більше підприємств впроваджують у себе системи електронного документообігу (СЕД), дозволяючи організаціям вже на власному досвіді оцінити переваги нової технології роботи з документами. Однак і для тих небагатьох, хто вважає автоматизацію документообігу пройденим етапом, можливо, незабаром буде потрібно переосмислити зроблений вибір і знову зануритися в проблему підвищення ефективності управління документообігом. Це обумовлюється, зокрема, зміною ринкової ситуації, зростанням організації, що створює кризи «перехідного віку» і призводить до необхідності реструктуризації, а також розвитком інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), з одного боку, надають нові можливості для ведення бізнесу, з іншого - які змушують йти в ногу з часом, щоб не відстати від конкурентів.

Необхідність в автоматизації управління документообігом різні організації сьогодні бачать по-різному: одні - в підвищенні ефективності організаційно-розпорядчого документообігу (ОРД), інші - в підвищенні ефективності роботи функціональних фахівців, що створюють документи і використовують їх у повсякденній роботі, і лише деякі приділяють увагу обом аспектам.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 79  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

## 6.2 Розрахунок повної собівартості пристрою (установки)

Собівартість пристрою (установки) – це виражені в грошовій формі поточні витрати підприємства на його виробництво і збут. Витрати на виробництво пристрою (установки) формують виробничу собівартість, а витрати на виробництво і збут – повну собівартість. Розрахунок собівартості пристрою (установки) за статтями витрат називається калькуляцією.

Витрати, пов'язані з виробництвом і збутом реалізацією пристрою (установки) групуються за такими статтями:

- матеріали та комплектуючі;
- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- відрахування на соціальні заходи;
- витрати на утримання і експлуатацію устаткування;
- загальновиробничі витрати;
- адміністративні витрати;
- витрати на збут.

Витрати на матеріали та комплектуючі вироби визначаються виходячи з ціни за одиницю матеріалу/комплектуючого та їх необхідної кількості. Дані про ціни на матеріали та комплектуючі варто брати з відомостей (прайс-листів, каталогів, web-сайтів) виробників і постачальників матеріалів, сировини, комплектуючих, послуг в розрахунку на 1 одиницю випуску.

Розрахунок витрат на комплектуючі представлений в таблиці 6.1, а витрат на сировину та матеріали в таблиці 6.2.

З урахуванням транспортно-заготівельних витрат ( $k_{Т-З}=5\div 15\%$ ) вартість комплектуючих та матеріалів складе:

$$KM=(K+M)\cdot(100+k_{Т-З})/100 \quad (6.1)$$

$$KM = (3492,28+196,0)\cdot(100+10)/100 = 4057,1(\text{грн.})$$

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 80  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

Таблиця 6.1 – Розрахунок затрат на комплектуючі

| № з\п        | Найменування комплектуючого    | Кількість, шт. | Ціна за од., грн | Вартість, грн |
|--------------|--------------------------------|----------------|------------------|---------------|
| Мікросхеми   |                                |                |                  |               |
| 1            | CP2200                         | 2              | 188,82           | 377,64        |
| 2            | C8051F130                      | 1              | 121,14           | 121,14        |
| Конденсатори |                                |                |                  |               |
| 1            | K73-15 – 250В<br>– 560пФ ±5%.  | 8              | 1,5              | 12,0          |
| 2            | K73-15– 250В<br>– 0,01 мкФ ±5% | 16             | 2,0              | 32,0          |
| 3            | K73-15 – 250В<br>– 22 пФ±5%    | 18             | 1,75             | 14            |
| 4            | K73-15 – 250В<br>– 0,1мкФ±5%   | 8              | 2                | 16            |
| 5            | K73-15 – 250В<br>– 10 мкФ±5%   | 8              | 2,5              | 20            |
| 6            | K73-15 – 250В<br>– 22 мкФ±5%   | 6              | 2,2              | 13,2          |
| Резистори    |                                |                |                  |               |
| 1            | МЛТ-0,25 -120 Ом±5%            | 16             | 0,4              | 6,4           |
| 2            | МЛТ-0,25-8 Ом±5%               | 16             | 0,35             | 5,6           |
| 3            | МЛТ-0,25<br>100 Ом±5%          | 12             | 0,4              | 4,8           |
| 4            | МЛТ-0,25-<br>10МОм±5%          | 10             | 0,5              | 5             |

Продовження таблиці 6.1

| № з\п                                         | Найменування комплектуючого | Кількість, шт. | Ціна за од., грн | Вартість, грн |
|-----------------------------------------------|-----------------------------|----------------|------------------|---------------|
| Кварцовий резонатор                           |                             |                |                  |               |
| 1                                             | НС- 49U                     | 9              | 4,5              | 40,5          |
| Роз'єми                                       |                             |                |                  |               |
| 1                                             | RJ - 45                     | 8              | 2,5              | 20            |
| Трансформатори                                |                             |                |                  |               |
| 1                                             | TEW5434-1                   | 16             | 175,25           | 2804          |
| ВСЬОГО:<br>(загальна ціна всіх комплектуючих) |                             |                | <b>3492,28</b>   |               |

Таблиця 6.2 – Розрахунок затрат на матеріали

| Матеріал, сировина   | Одиниця виміру | Норма витрати | Ціна за одиницю, грн | Вартість, грн |
|----------------------|----------------|---------------|----------------------|---------------|
| Провід монтажний     | кг             | 0,5           | 20                   | 10,0          |
| Склотекстоліт        | м <sup>2</sup> | 0,5           | 60                   | 30,0          |
| Каніфоль             | кг             | -             | -                    | -             |
| Флюс                 | кг             | 0,1           | 500                  | 50,0          |
| Припій               | кг             | 0,2           | 100                  | 20,0          |
| Лак                  | кг             | 0,05          | 120                  | 6,0           |
| Сировина для корпусу | кг             | 0,3           | 300                  | 90,0          |
| Сумарні витрати:     |                |               |                      | <b>196,0</b>  |

### Витрати на основну заробітну плату (З<sub>о</sub>):

$$Z_o = \sum_{i=1}^n T_{z_i} \cdot H_{ч_i}, \quad (6.2)$$

де  $T_{z_i}$  – годинна тарифна ставка окремого спеціаліста (інженера-електронщика, лаборанта тощо), що задіяний у виробництві пристрою (установки), грн/год;

$H_{ч_i}$  – витрачений час робітником на виробництво і наладку пристрою (установки), год;

$n$  – кількість працівників, задіяних у виробництві пристрою (установки).

$$Z_o = 27 \cdot 35 = 1890 \text{ (грн.)}$$

Годинна тарифна ставка розраховується, виходячи з величини місячного окладу спеціаліста:

$$T_{z_i} = \frac{T_{m_i}}{V_{ф_i} \cdot 8}, \quad (6.3)$$

де  $T_{m_i}$  – місячний оклад (ставка) спеціаліста, грн;  $V_{ф_i}$  – фактично відпрацьований час за розрахунковий період (місяць), днів (змін); 8 – кількість відпрацьованих годин за зміну.

$$T_r = 4700 / 22 \cdot 8 = 27 \text{ (грн/год)}$$

Додаткова заробітна плата (10÷30% від З<sub>о</sub>)

$$Z_d = Z_o \cdot \frac{K_d}{100}, \quad (6.4)$$

де  $K_d$  – відсоток додаткової заробітної плати.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 83  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

$$Z_d = 1890 \cdot 0,15 = 283,5 \text{ (грн.)}$$

### Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи містять відрахування від суми основної і додаткової зарплати за встановленими ставками:

- на обов'язкове державне пенсійне страхування;
- на державне страхування від нещасних випадків;
- на обов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття;
- у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності і витратами, зумовленими народженням дитини і похованням

$$V_{соц} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{38,52}{100} \quad (6.5)$$

$$V_{соц} = (1890 + 283,5) \cdot 38,52 / 100 = 837,23 \text{ (грн.)}$$

### Витрати на утримання і експлуатацію устаткування

У разі, якщо устаткування перебуває на балансі підприємства витрати на утримання і експлуатацію устаткування (ВУЕУ) = основна зарплата  $\times$   $\%$ ВУЕУ, (приймаємо  $\%$ ВУЕУ=120÷150%).

$$ВУЕУ = 1890 \cdot 1,25 = 2362,5 \text{ (грн.)}$$

### Загальновиробничі витрати

Являють собою витрати, пов'язані з управлінням підрозділом, витрати на службові відрядження співробітників підрозділу (цеху), амортизаційні відрахування від вартості основних фондів загальцехового призначення і т.д.

Визначаються в розмірі 130÷250% від основної зарплати.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 84  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

$ZB$  (загально виробничі витрати) =  $1890 \cdot 1,8 = 3402$  (грн).

Виробнича собівартість:

$4057,1 + 1890 + 283,5 + 837,23 + 2362,5 + 3402 = 12832,33$  (грн.)

Адміністративні витрати

Можуть містити в собі:

- витрати, пов'язані з управлінням підприємства;
- витрати на службові відрядження адміністрації підприємства;
- витрати на пожежну й сторожову охорону;
- витрати, пов'язані з підготовкою і передпідготовкою кадрів;
- витрати на перевезення працівників до місця роботи і назад;
- витрати на сплату відсотків за фінансові кредити, а також відсотків за товарні і комерційні кредити; витрати, пов'язані зі сплатою відсотків за користування матеріальними цінностями, взятими в оренду (лізинг);
- витрати, пов'язані з оплатою послуг комерційних банків і інших кредитно-фінансових установ;
- податки, відрахування.

Визначаються в розмірі 140-200% від основної зарплати.

$AB$  (адміністративні витрати) =  $1890 \cdot 1,7 = 3213$  (грн).

Витрати на збут

Включають витрати на рекламу та передреалізаційну підготовку пристрою (установки). Орієнтовно ці витрати визначаються в розмірі 5-10% від виробничої собівартості.

$BZ$  (витрати на збут) =  $12832,33 \cdot 0,08 = 1026,59$  (грн.)

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 85  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

Повна собівартість: 12832,33+3213+1026,59=17071,92 (грн.)

Таблиця 6.3 – Калькуляція собівартості пристрою (установки)

| №                      | Найменування статей калькуляції                   | Проектний варіант |
|------------------------|---------------------------------------------------|-------------------|
| 1.                     | Основна заробітна плата                           | 1890              |
| 2.                     | Додаткова заробітна плата                         | 283,5             |
| 3.                     | Відрахування на соціальні заходи                  | 837,23            |
| 4.                     | Витрати на утримання і експлуатацію устаткування: | 2362,5            |
| 5.                     | Загальновиробничі витрати                         | 3402              |
| 6.                     | Матеріали та комплектуючі                         | 4057,1            |
| Виробнича собівартість |                                                   | 12832,33          |
| 7.                     | Адміністративні витрати.                          | 3213              |
| 8.                     | Витрати на збут                                   | 1026,59           |
| Повна собівартість:    |                                                   | 29904,25          |

#### Визначення ціни пристрою (установки)

У ринковій економіці існують різні методи ціноутворення: с/в плюс прибуток, забезпечення фіксованого обсягу прибутку, залежно від рівня попиту та ін.

Розрахунок оптової ціни пристрою

Розрахунок оптової ціни пристрою (установки) проведемо за схемою «собівартість плюс прибуток».

$$C_{\text{опт}} = C + П, \quad (6.6)$$



де  $C$  – повна собівартість пристрою (установки),  $\Pi$  – величина прибутку.

Прибуток визначається виходячи з нормативу (показника) рентабельності виробництва продукції встановлюваного підприємством:

$$R = \frac{\Pi}{C} \cdot 100\%, \quad (6.7)$$

де  $R$  – рентабельність пристрою (установки), приймається в розмірі до 35% від його собівартості.

Тоді оптова ціна пристрою (установки) визначається:

$$C_{opt} = C + \frac{R \cdot C}{100} \quad (6.8)$$

$$C_{opt} = 29904,25 + 0,25 \cdot 29904,25 / 100 = 29979,01 \text{ (грн.)}$$

Відпускна ціна пристрою (установки) включає податок на додану вартість, де 20% – ПДВ:

$$C_{розд} = C_{opt} \cdot 1,2, \quad (6.9)$$

$$C_{розд} = 24913,23 \cdot 1,2 = 35974,81 \text{ (грн.)}$$

Позитивні сторони даної методики полягають у її простоті, комплексній очевидності такої функції ціни як відшкодування витрат на виробництво і забезпечення прибутковості від створення та реалізації пристрою (установки). Недолік даної методики полягає в тому, що вона не враховує ринкові фактори ціноутворення і насамперед попит. Однак в умовах ринкової економіки існують ситуації, коли підприємствам доцільно її застосовувати: в умовах відсутності конкуренції (монополії), при обмеженні рентабельності

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 87  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

продукції з боку держави, виконанні одноразових замовлень, виготовленні оригінальної продукції.

Необхідно відзначити, що для встановлення реальної ціни яка б відповідала умовам існуючого ринку пристрою (установки), необхідні відповідні маркетингові дослідження.

#### Визначення річних витрат користувача

Річні експлуатаційні витрати  $V_e$  включають витрати на електроенергію (живлення пристрою), заробітну плату обслуговуючого персоналу, амортизаційні відрахування, витрати на поточний ремонт та інші витрати.

Витрати на електроенергію (живлення пристрою) визначаються за формулою:

$$V_e = W \cdot C_e \cdot t \quad (6.10)$$

де  $W$  – потужність пристрою, кВт;  $C_e$  – вартість одного кВт·год, грн/кВт·год (див. тариф для промислових користувачів);  $t$  – час роботи пристрою за рік, год.

$$V_e = 0,025 \cdot 1,68 \cdot 8760 = 367,92 \text{ (грн.)}$$

Розрахунок витрат на заробітну плату персоналу, що обслуговує пристрій проводиться у разі необхідності (залежно від паспорта спеціальності робітників) за формулою:

$$Z_{op} = \sum_{j=1}^m T_{m_j} \cdot k_{z_j} \cdot k_{d_j} \cdot k_c \cdot C_j \cdot 12, \quad (6.11)$$

де  $T_{m_j}$  – місячний оклад (ставка) спеціаліста  $j$ -ї професії;  $k_{z_j}$  – коефіцієнт зайнятості (залежить від часу обслуговування пристрою спеціалістом  $j$ -ї професії);  $k_{d_j}$  – коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату (приймається  $k_{d_j} = 1,1-1,3$ );  $k_c$  – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату (береться  $k_c = 1,363$ );  $C_j$  – кількість спеціалістів  $j$ -ї професії;  $m$  – кількість професій.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 88  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

Результати розрахунку заробітної плати обслуговуючого персоналу необхідно представити в таблиці:

Таблиця 6.4 – Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу

| Вид обслуговування | Професія | Оклад, грн | Коефіцієнт зайнятості | Кількість персоналу, чол |                    | Річна заробітна плата, грн |                    |
|--------------------|----------|------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
|                    |          |            |                       | по приладу аналогу       | по проекту приладу | по приладу аналогу         | по проекту приладу |
| Ремонт             | Інженер  | 3500       | 0,05                  | 1                        | 1                  | 450                        | 245,5              |
| Контроль           | Інженер  | 3000       | 0,08                  | 1                        | 1                  | 150                        | 204,5              |

Річна сума амортизаційних відрахувань визначається за відповідними нормами амортизації від первісної вартості пристрою, що включає: ціну пристрою; витрати на транспортування й монтаж, які приймаються в розмірі 5–15% від ціни. Амортизацію електронних пристроїв (установок) доцільно нараховувати за прямолінійним методом:

$$A = F \cdot a, \quad (6.12)$$

де  $F$  – первісна вартість пристрою;  $a$  – річна норма амортизації.

$$F = C_{\text{розд}} + B_{\text{тм}}, \quad (6.13)$$

де  $C_{\text{розд}}$  – роздрібна (договірна) ціна пристрою;  $B_{\text{тм}}$  – витрати на транспортування й монтаж пристрою.

Річна норма амортизації обчислюється прямолінійним методом відповідно до строку корисного використання пристрою:

$$a = 1/T_{\text{вик}}, \quad (6.14)$$

де  $T_{\text{вик}}$  – строк корисного використання пристрою, років. Відповідно до нового Податкового кодексу України допускається не менше 2 років.

$$F = 35974,81 + 0,05 \cdot 35974,81 = 37773,55(\text{грн.})$$

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 89  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

$$a = 1/5 = 0,2$$

$$A = 15352,07 \cdot 0,2 = 6278,13(\text{грн.})$$

### Витрати на поточний ремонт та інші витрати

Включають в себе вартість електронних елементів, які виходять зі строю протягом року та вартість демонтажних та монтажних робіт. Витрати на ремонт приймаються рівними 5% від капітальних витрат з урахуванням прогнозування відмов:

$$V_{\text{пр}} = F \cdot k_{\text{пр}} / 100, \quad (6.15)$$

де  $k_{\text{пр}}$  – відсоток витрат на поточний ремонт.

$$V_{\text{пр}} = 37773,55 \cdot 0,05 = 1888,67 \text{ (грн.)}$$

Результати розрахунку необхідно звести в таблицю:

Таблиця 6.5 – Річні експлуатаційні витрати користувача

| Статті експлуатаційних витрат         | Річні експлуатаційні витрати, грн |                       |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
|                                       | Пристій-аналог                    | Проектований пристрій |
| Вартість електроенергії               | 386,3                             | 343,83                |
| Витрати обслуговування пристрою (з/п) | 540                               | 450                   |
| Амортизаційні відрахування            | 7457,44                           | 6278,13               |
| Витрати на поточний ремонт            | 1823,56                           | 1569,53               |
| Всього ( <i>Вре</i> )                 | 10207,3                           | 8641,49               |

## Розрахунок повної ціни користувача

Ціна користувача  $C_{кор}$  включає в себе капітальні вкладення  $F$  та сумарні річні витрати на експлуатацію пристроїв  $Вре$  протягом строку використання пристрою:

$$C_{кор} = F + Вре \cdot T_{вик}, \quad (6.16)$$

$$C_{кор} = 31390,68 + 0,5 \cdot 8641,49 = 35711,425 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 6.6 – Порівняння техніко-економічних показників електронної системи-аналога та проектної електронної системи

| Показник                                 | Одиниця вимірювання | Значення        |                              |
|------------------------------------------|---------------------|-----------------|------------------------------|
|                                          |                     | пристрій-аналог | проектний пристрій (система) |
| Технічні:                                |                     |                 |                              |
| Потужність пристрою                      | Вт                  | 22              | 25                           |
| Середній наробіток на відмову            | год                 | 199664.2        | 100000                       |
| Габарити                                 | мм.                 | 450x44x330      | 300x40x250                   |
| Кількість портів Ethernet                | шт.                 | 24              | 8                            |
| Економічні:                              |                     |                 |                              |
| Відпускна ціна                           | грн                 | 32547,5         | 29895,88                     |
| Річні експлуатаційні витрати користувача | грн                 | 9014,68         | 8641,49                      |
| Повна ціна користувача                   | грн                 | 42621,9         | 35711,425                    |

## Висновки з техніко-економічної частини

З метою підвищення продуктивності праці за рахунок зниження трудомісткості виробу та скорочення чисельності робітників на підприємстві проводять ряд організаційно-технічних заходів: застосування нових технологій, точного крою, заміна морально і фізично застарілого обладнання на більш технологічне і високопродуктивне. Запропоновані заходи дозволяють підвищити конкурентоспроможність даного виду продукції за рахунок зниження собівартості і відпускної ціни виробу.

З урахуванням розрахованих параметрів, можна зробити висновок про те, що розробка і впровадження даного пристрою має техніко-економічний сенс. Саме застосування динамічних таблиць маршрутизації в розподілених мережах дає системі велику перевагу перед маршрутизаторами.

Стосовно ціни системи, то її можна на порядок зменшити, поставивши на автоматизоване виробництво.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 92  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

## ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної магістерської роботи були розглянуті проблеми передачі даних. У відповідності з поставленим завданням було розроблено комутуючий пристрій для ком'ютерної мережі на базі протоколу RIP.

Розроблено структурну схему, блок-схему алгоритму роботи пристроя.

Розроблена функціональна та принципова схеми пристрою.

Елементом новизни є результати узагальненого аналізу принципів функціонування протоколів маршрутизації і впливу їх часових параметрів на час збіжності мережі. Також до елементу новизни варто віднести теоретичне узагальнення напрямків вдосконалення протоколів маршрутизації в частині поліпшення їх стійкості до відмов в мережі і зниження часу збіжності.

Проаналізовано принципи функціонування протоколів маршрутизації, а також впливу їх часових параметрів на час збіжності мережі, представлені в роботі, можуть бути використані для обґрунтування нових алгоритмічних рішень при маршрутизації трафіку в мережах, на які впливають різного роду дестабілізуючі чинники.

Представлений в роботі аналіз перспективних напрямків вдосконалення протоколів маршрутизації може бути використаний для вдосконалення таких протоколів як: OSPF, RIP і т.д.

Розраховано показники собівартості виготовлення пристрою; матеріали основні, покупні вироби і напівфабрикати (деталі, вузли), основну заробітну плату виробників, цехові витрати, загальнозаводські витрати.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕлІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 93  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Буров Є. В. Комп'ютерні мережі: підручник / Євген Вікторович Буров. — Львів: «Магнолія 2006», 2010. — 262 с.
2. Комп'ютерні мережі: [навчальний посібник] / А. Г. Микитишин, М. М. Митник, П. Д. Стухляк, В. В. Пасічник. — Львів: «Магнолія 2006», 2013 — 256 с.
3. Олифер В.Г., Олифер Н.А. - Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы (4-е издание), 2010 - 943с.
4. Кривуца В. Г., Беркман Л. Н., Лапінський В. В., Основи інфокомунікацій: навчальний посібник для загальноосвіт. навч. закладів, К.: ДУІКТ, 2011.— 276 с.
5. Методические указания к дипломному проектированию для студентов специальности 7.090803 "Электронные системы" всех форм обучения/составители: А. А. Борисенко, Е. Л. Онанченко, Ю. А. Зубань, В. Н. Гапич. – Сумы : Изд-во СумГУ, 2006. – 47 с.
6. Гончарова Л.Л. Комп'ютерні методи організації мікропроцесорних систем контролю і прогнозу залишкового ресурсу енергетичних об'єктів / Гончарова Л.Л. // Збірник наукових праць. «Моделювання та інформаційні технології», Інститут проблем моделювання в енергетиці – 2009.– № 53 – С. 97-108.
7. Леонов С.Ю., Гладких Т.В., Загарій Г.І, Стасюк О.І. / Автоматизоване проектування складних систем у комп'ютерній системотехніці, Частина 1, Харків, ПП видавництво «Нове слово», 2014. с.204 .
8. А. А. Шимбирёв, Тетеревлева Ев.К., Тетеревлева Ек.К. — Курс лекций «Компьютерные сети» — МПТ РГТЭУ, 2013. – 144с.
9. Беспроводные сети передачи данных / Елисеев С.Н. М.: САЙНС-ПРЕСС, 2013 - 136 с.
10. Сети и телекоммуникации / С. А. Пескова, А. В. Кузин, А. Н. Волков. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 352 стр.
11. Семенов Ю. А. Протоколы Internet. — 2-е изд., стереотип.. — М.: Горячая линия - Телеком, 2015. — 1100 с.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 94  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |



12. Беспроводные сети передачи данных / Елисеев С.Н. М.: САЙНС-ПРЕСС, 2008 - 136 с.
13. Popovskii V. V., Volotka V. S. Matematicheskoe modelirovanie nadezhnosti infokommunikatsionnykh sistem [Mathematical modelling of secure information and communication systems]. Telekomunikacijni ta informacijni tehnologii', 2014, no. 3, pp. 5-9.
14. Psenak P., Mirtorabi S., Roy A., Nguyen L., Pillay-Esnault P. RFC 4915. Multi-topology (MT) routing in OSPF. Internet Engineering Task Force, Request For Comments (Standards Track), 2016.
15. Zhao D., Hu X., Wu C. A Study on the Impact of Multiple Failures on OSPF Convergence. International Journal of Hybrid Information Technology. 2015. vol. 6. no. 3. pp. 75-74. Available at: [http://www.sersc.org/journals/IJHIT/vol6\\_no3\\_2013/7.pdf](http://www.sersc.org/journals/IJHIT/vol6_no3_2013/7.pdf) (accessed 01 May 2015).
16. Sankar D., Lancaster D. Routing Protocol Convergence Comparison using Simulation and Real Equipment. Advances in Communications, Computing, Networks and Security, 2013, Vol. 10, pp. 186-194.
17. Markopoulo A., Iannaccone G., Bhattacharya S., Chua C., Ganjali Y., Diot C. Characterization of failures in an operational IP backbone network. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2008, vol. 16, no. 4.
18. Dilber M. N., Raza A. Analysis of successive Link Failures effect on RIP and OSPF Convergence time delay. International Journal of Advances in Science and Technology, 2014, pp. 42-48.
19. Shand M., Bryant S. RFC 5714. IP fast reroute framework. Internet Engineering Task Force, Request for Comments (Informational), 2010.
20. Ogier R., Spagnolo P. RFC 5614. Mobile Ad-Hoc network MANET extension of OSPF using connected dominating set CDS flooding. Internet Engineering Task Force, Request for Comments (Experimental), 2016.
21. Roy A., Chandra M. RFC 5820. Extensions to OSPF to support mobile ad hoc networking. Internet Engineering Task Force, Request for Comments (Experimental), 2014.
22. Baccelli E., Jacquet P., Nguyen D., Clausen T. RFC 5449. OSPF multipoint relay (MPR) extension for ad hoc networks. Internet

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 95  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

- Engineering Task Force, Request for Comments (Experimental), LIX, Ecole Polytechnique, 2015.
23. Katz D., Ward D. RFC 5880. Bidirectional forwarding detection (BFD). Internet Engineering Task Force, Request For Comments (Standards Track), 2016.
  24. Choudhury G. RFC 4222. Prioritized Treatment of Specific OSPF Version 2 Packets and Congestion Avoidance. Network Working Group, Request for Comments. AT&T Publ., 2014.
  25. О. Николайчук, X51-совместимые микроконтроллеры фирмы Silicon Laboratories (Cygnal), М., ИД СКИМЕН, 2015, -628с.
  26. <http://www.cygnal.com/datasheets/c8051f06x.pdf> (дата звернення: 15.12.18)
  27. Жан М. Рабаи, Ананта Чандракасан, Боривож Николич. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования = Digital Integrated Circuits. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2007.
  28. Закон України «Про електронні документи та електронний документообіг» від 22.05.2003 року № 851-IV
  29. Ситник В. Ф. та ін. Основи інформаційних систем: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2014. – 420 с.
  30. Білуха М. Т. Теорія бухгалтерського обліку: Підручник. – К.: КНТЕУ, 2015. – 680 с.
  31. Блэк Ю. Сети ЭВМ: протоколы, стандарты, интер-фейсы. М.: Мир, 2015 с.45
  32. Бойченко Е.В., Кальфа В., Овчинников В.В. Локальные вычислительные сети. - М., Радио и связь, 2003.- 304с.

|     |      |          |        |      |                         |     |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|-----|
|     |      |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЗ | Арк |
|     |      |          |        |      |                         | 96  |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |     |

| Поз. обозн. | Найменування           |          |        |      | Кіл                                                                                            | Примітка |                  |       |
|-------------|------------------------|----------|--------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------|-------|
|             | Конденсатори           |          |        |      |                                                                                                |          |                  |       |
| C1,C4,C7    | K73-15-250B-560пФ±5%   |          |        |      | 3                                                                                              |          |                  |       |
| C10,C53     | K73-15-250B-560пФ±5%   |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C56,C59     | K73-15-250B-560пФ±5%   |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C62         | K73-15-250B-560пФ±5%   |          |        |      | 1                                                                                              |          |                  |       |
| C2,C3,C5    | K73-15-250B-0,01мкФ±5% |          |        |      | 3                                                                                              |          |                  |       |
| C6,C8,C9    | K73-15-250B-0,01мкФ±5% |          |        |      | 3                                                                                              |          |                  |       |
| C11,C12     | K73-15-250B-0,01мкФ±5% |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C54,C55     | K73-15-250B-0,01мкФ±5% |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C57,C58     | K73-15-250B-0,01мкФ±5% |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C60,C61     | K73-15-250B-0,01мкФ±5% |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C63,C64     | K73-15-250B-0,01мкФ±5% |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C31,C32     | K73-15-250B-22пФ±5%    |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C33,C34     | K73-15-250B-22пФ±5%    |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C35,C36     | K73-15-250B-22пФ±5%    |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C29,C30     | K73-15-250B-22пФ±5%    |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C45,C46     | K73-15-250B-22пФ±5%    |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C47,C48     | K73-15-250B-22пФ±5%    |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C49,C50     | K73-15-250B-22пФ±5%    |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C51,C52     | K73-15-250B-22пФ±5%    |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C37,C38     | K73-15-250B-22пФ±5%    |          |        |      | 2                                                                                              |          |                  |       |
| C13 – C20   | K73-15-250B-0,1мкФ±5%  |          |        |      | 8                                                                                              |          |                  |       |
| C21 – C28   | K73-15-250B-10мкФ±5%   |          |        |      | 8                                                                                              |          |                  |       |
| C39 – C44   | K73-15-250B-22мкФ±5%   |          |        |      | 6                                                                                              |          |                  |       |
|             |                        |          |        |      |                                                                                                |          |                  |       |
|             | Мікросхеми             |          |        |      |                                                                                                |          |                  |       |
| DD1 – DD4   | CP2200                 |          |        |      | 4                                                                                              |          |                  |       |
| DD5 – DD8   | CP2200                 |          |        |      | 4                                                                                              |          |                  |       |
| DD9         | C8051F130              |          |        |      | 1                                                                                              |          |                  |       |
|             |                        |          |        |      | ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЕ                                                                        |          |                  |       |
| Зм.         | Арк.                   | № докум. | Підпис | Дата | Комунікаційний пристрій для комп'ютерної мережі на базі протоколу RIP<br><br>Перелік елементів |          |                  |       |
| Розробив    | Архов М.І.             |          |        |      |                                                                                                |          | Літ.             | Аркуш |
| Перевірила  | Бережна О.В.           |          |        |      |                                                                                                |          |                  | 1     |
| Реценз.     |                        |          |        |      |                                                                                                |          |                  | 3     |
| Н. Контр.   | Гапич В.М.             |          |        |      |                                                                                                |          | СумДУ, ЕСм.-71 4 |       |
| Затвердив   | Опанасюк А.С.          |          |        |      |                                                                                                |          |                  |       |

| Поз. обозн.             | Найменування      | Кіл.     | Примітка |      |
|-------------------------|-------------------|----------|----------|------|
|                         | Резистори         |          |          |      |
| R1,R2,R6,               | МЛТ-0,25-120Ом±5% | 3        |          |      |
| R7,R11                  | МЛТ-0,25-120Ом±5% | 2        |          |      |
| R12,R16                 | МЛТ-0,25-120Ом±5% | 2        |          |      |
| R17,R31                 | МЛТ-0,25-120Ом±5% | 2        |          |      |
| R32,R36                 | МЛТ-0,25-120Ом±5% | 2        |          |      |
| R37,R41                 | МЛТ-0,25-120Ом±5% | 2        |          |      |
| R42,R46                 | МЛТ-0,25-120Ом±5% | 2        |          |      |
| R47                     | МЛТ-0,25-120Ом±5% | 1        |          |      |
| R3,R4                   | МЛТ-0,25-80М±5%   | 2        |          |      |
| R8,R9                   | МЛТ-0,25-80М±5%   | 2        |          |      |
| R13,R14                 | МЛТ-0,25-80М±5%   | 2        |          |      |
| R18,R19                 | МЛТ-0,25-80М±5%   | 2        |          |      |
| R33,R34                 | МЛТ-0,25-80М±5%   | 2        |          |      |
| R38,R39                 | МЛТ-0,25-80М±5%   | 2        |          |      |
| R43,R44                 | МЛТ-0,25-80М±5%   | 2        |          |      |
| R48,R49,                | МЛТ-0,25-80М±5%   | 2        |          |      |
| R5,R10                  | МЛТ-0,25-100Ом±5% | 2        |          |      |
| R15,R20                 | МЛТ-0,25-100Ом±5% | 2        |          |      |
| R35,R40                 | МЛТ-0,25-100Ом±5% | 2        |          |      |
| R45,R50                 | МЛТ-0,25-100Ом±5% | 3        |          |      |
| R21 – R24               | МЛТ-0,25-10МОм±5% | 4        |          |      |
| R27 – R30               | МЛТ-0,25-10МОм±5% | 4        |          |      |
| R25, R26                | МЛТ-0,25-10МОм±5% | 2        |          |      |
|                         |                   |          |          |      |
|                         | Роз'єми           |          |          |      |
| XP1 – XP4               | RJ - 45           | 4        |          |      |
| XP7 – XP10              | RJ - 45           | 4        |          |      |
|                         |                   |          |          |      |
|                         | Трансформатори    |          |          |      |
| T1-T16                  | ТЕW5434-1         | 16       |          |      |
|                         |                   |          |          |      |
|                         |                   |          |          |      |
| Зм.                     | Арк.              | № докум. | Підпис   |      |
|                         |                   |          | Дата     |      |
| ЕЛІТ 8.171.00.10.249 ПЕ |                   |          |          | Арк. |
|                         |                   |          |          | 2    |

