

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЗАСОБАМИ АГРЕГАЦІЇ ПОРТІВ НА КОМУТАТОРІ

Ситніков Р.С., Крепко А.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра інфокомунікаційної інженерії ім. В.В. Поповського.
Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба,
Україна.

E-mail: roman.sytnikov@nure.ua,
krepkoalla@ukr.net

Abstract

This paper analyzes the impact of different schemes for implementing port aggregation between switches on the reliability of a local information and communication network. Network topologies incorporating "bridges" were modeled using MATLAB. Analysis of the results provided a basis for recommendations on the optimal number of ports to include in aggregation, depending on the required reliability level of the local network's communication links.

Сучасну інформаційно-комунікаційну мережу (ІКМ) можна визначити як складну систему взаємопов'язаних апаратних і програмних засобів, людських ресурсів та обладнання, що використовуються для передачі та отримання різноманітних типів даних. Такі мережі можуть складатися з безлічі кінцевих точок, включаючи комп'ютери користувачів, смартфони та інші електронні пристрої. Функціональність цих мереж оцінюється на декількох рівнях OSI (Open System Interconnection), кожен з яких має певні обов'язки, пов'язані з передачею та обробкою інформації. Ці обов'язки виконуються за допомогою відповідних мережних протоколів і механізмів управління трафіком [1-5].

Однією з найважливіших характеристик ІКМ є її надійність. Надійність – це здатність системи або компонента мережі виконувати необхідні функції за встановлених умов протягом певного періоду часу. Надійність є складовою більш загального терміну, такого як стійкість, по відношенню до внутрішніх факторів, що впливають на ІКМ, наприклад, відмов і несправностей комунікаційного обладнання. Стійкість – це здатність мережі або системи забезпечувати та підтримувати прийнятний рівень обслуговування в умовах різноманітних збоїв і проблем для нормальної роботи [6].

Для мережних топологій забезпечення стійкості еквівалентно максимально успішній підтримці таких аспектів якості обслуговування (Quality of Service, QoS), як пропускна здатність, затримки та джитер, рівень втрат для даної послуги, які можуть бути незадовільними за умови появи відмов і відсутності механізмів компенсації втрат за рахунок резервів. Тому актуальним технологічним завданням в області інфокомунікацій є побудова ІКМ, що забезпечують високі значення показників надійності, відмовостійкості та якості стійкості (Quality of Resilience, QoR).

Одним з основних засобів забезпечення відмовостійкості ІКМ є резервування елементів мережі та її сегментів. Агрегація каналів – технологія об'єднання декількох фізичних каналів в один логічний з використанням комутаторів, що мають підтримувати для власних портів функції Link Aggregation або відповідати стандарту IEEE 802.1AX-2020 ("Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Link Aggregation") [7]. Агрегація каналів дозволяє створювати повнодуплексні з'єднання «точка-точка», які мають вищу сукупну пропускну здатність, ніж окремі з'єднання, що утворюють агрегацію, а також використовувати декілька систем на кожному кінці агрегації. Це дозволяє більш ефективно використовувати наявні канали в мостових локальних мережах (LAN), а також підвищити надійність та відмовостійкість у разі виходу з ладу окремих каналів або систем. Тому у даній до-

повіді проведено дослідження, пов'язане із реалізацією схеми агрегування портів для підвищення показників надійності локальної мережі.

У процесі дослідження розглядався фрагмент мережі, який складався з двох комутаторів другого рівня (S_1 , S_4) та двох комутаторів третього рівня (S_2 , S_3). Між портами комутаторів S_2 та S_3 агреговано декілька портів (каналів зв'язку), як це показано на рис. 1. Вважається, що до комутаторів S_1 та S_4 підключено кінцеве обладнання користувачів локальної мережі (персональні комп'ютери, ноутбуки тощо) за допомогою безвідмовних каналів зв'язку. Тому для проведення дослідження впливу схеми агрегування портів на показники надійності локальної мережі достатньо дослідити імовірність безвідмовної роботи з'єднання між комутаторами S_1 та S_4 . Як показано на рис. 1, кожен канал зв'язку характеризувався таким показником надійності, як імовірність безвідмовної роботи.

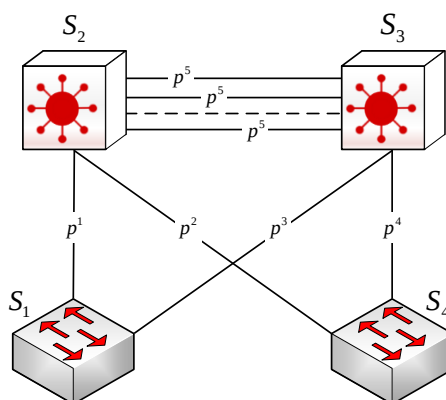


Рис. 1. Топологія фрагменту мережі

На рис. 2 представлено код програми для розрахунків показників надійності мережі у середовищі MATLAB. На рис. 3 представлено графік залежності ймовірності безвідмовної роботи з'єднання між комутаторами S_1 та S_4 від імовірності безвідмовної роботи каналів зв'язку та кількості агрегованих портів n .

```

1 clear
2 p=0:0.01:1.0;
3 p5 = p; % p5 такий самий, як p
4 q = 1 - p;
5 n=0;% немає агрегованих каналів
6 Ppath0 = (1-(1-p5).^n).*(1-q.^2).^2 + ((1-p5).^n).*(1-(1-p.^2).^2);
7 n=n+1;% один канал
8 Ppath1 = (1-(1-p5).^n).*(1-q.^2).^2 + ((1-p5).^n).*(1-(1-p.^2).^2);
9 n=n+1;% два агрегованих канала
10 Ppath2 = (1-(1-p5).^n).*(1-q.^2).^2 + ((1-p5).^n).*(1-(1-p.^2).^2);
11 n=n+1;% три агрегованих канала
12 Ppath3 = (1-(1-p5).^n).*(1-q.^2).^2 + ((1-p5).^n).*(1-(1-p.^2).^2);
13 n=n+1;% чотири агрегованих канала
14 Ppath4 = (1-(1-p5).^n).*(1-q.^2).^2 + ((1-p5).^n).*(1-(1-p.^2).^2);
15 plot(p,Ppath4,'--*k',p,Ppath3,'--m',p,Ppath2,'--.g',p,Ppath1,'--b',p,Ppath0,'--or');
16 xlabel('Імовірності безвідмовної роботи каналів'); ylabel('P_1_4');
17 legend('n=4','n=3','n=2','n=1','n=0');
18 grid on;
```

Рис. 2. Код програми для розрахунків показників надійності мережі у середовищі MATLAB

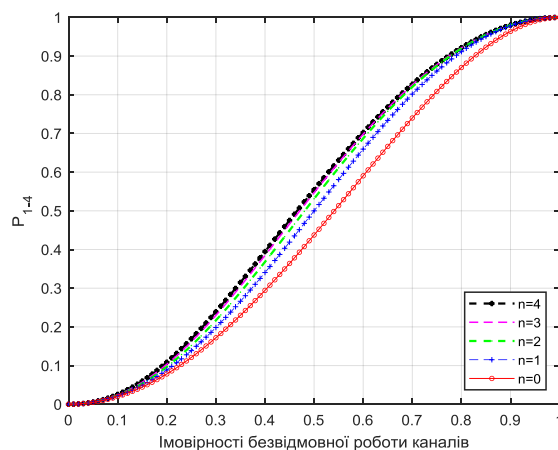


Рис. 3. Залежність імовірності безвідмовної роботи зв'язу між комутаторами S_1 і S_4 від імовірності безвідмовної роботи каналів зв'язу

Аналіз результатів, представлених на рис. 3, показав, що завдяки наявності у топології мережі «містка», одного каналу зв'язу між комутаторами S_2 і S_3 ($n=1$), імовірність безвідмовної роботи зв'язу між комутаторами S_1 і S_4 залежно від імовірності безвідмовної роботи каналів зв'язу (в інтервалі $p^j = 0,5 \dots 0,7$) ненабагато (на 8% – 14%) перевищує імовірність безвідмовної роботи зв'язу без «містка» ($n=0$). Якщо ж наявні два канали зв'язу між комутаторами S_2 і S_3 ($n=2$), то вииграш уже складає від 11% до 21%. Подальше збільшення кількості каналів зв'язу при агрегуванні портів не приводить до чуттєвого збільшення показників надійності мережі. Тобто кількість агрегованих каналів можна обмежити чотирма, а якщо імовірності безвідмовної роботи каналів зв'язу достатньо високі ($p^j > 0,7$), то взагалі можна обмежитися і двома агрегованими портами, тому що подальше збільшення кількості каналів призводить тільки до зайвих матеріальних витрат без підвищення показників надійності мережі загалом.

Література

1. Лемешко, О. В., Поповський, В. В., Лошаков, В. А. та ін., за ред. Поповського В. В. (2010), Багатоканальний електрозв'язок та телекомунікаційні технології: підручник у 2-х ч. Ч. 1. Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 470 с.
2. Лемешко, О. В., Лошаков, В. А., Поповський, В. В. та ін.; за заг. ред. проф. Поповського В. В. (2010), Багатоканальний електрозв'язок та телекомунікаційні технології: підручник у 2-х частинах. Ч. 2. Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 482 с.
3. Лемешко, О. В., Єременко, О. С., Невзорова, О. С. (2020), Потоківі моделі та методи маршрутизації в інфокомунікаційних мережах: відмовостійкість, безпека, масштабованість, Харків: ХНУРЕ, 308 с. DOI: <https://doi.org/10.30837/978-966-659-282-1>.
4. Лемешко, О. В., Єременко, О. С., Євдокименко, М. О., Шаповалова, А. С., Слейман, Б. (2022), Моделювання та оптимізація процесів безпечної та відмовостійкої маршрутизації в телекомунікаційних мережах: Монографія. Х.: ХНУРЕ, 198 с. DOI: <https://doi.org/10.30837/978-966-659-378-1>.
5. Лемешко, О. В., Єременко, О. С., Євдокименко, М. О., Коваленко, Т. М. (2021), "Методика розрахунку ймовірності компрометації конфіденційних повідомлень при безпечній маршрутизації в інфокомунікаційних мережах з використанням шляхів, які перетинаються", Проблеми телекомунікацій, No. 2(29). С. 15–27. DOI: <https://doi.org/10.30837/pt.2021.2.02>.
6. Єременко О. С., Лемешко В. О., Куренко В. О. (2023), "Дослідження показників надійності фрагменту локальної інфокомунікаційної мережі", Проблеми телекомунікацій, No. 2(33). С. 14–43. DOI: <https://doi.org/10.30837/pt.2023.2.02>.
7. 802.1AX-2020 IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Link Aggregation. DOI: <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2020.9105034>