

Висновки. Для оцінювання якості поліграфічних відбитків найкраще використовувати об'єктивну методику, що передбачає визначення кількісних показників властивостей відбитку і коефіцієнтів вагомості кожного показника. Розглянутий алгоритм комплексного оцінювання якості поліграфічної продукції, відтвореної цифровим способом.

1. Пацуля П.Л. Стандартизація, метрологія, відповідність, якість у поліграфії. – Львів.: УАД. 2011.
2. Шашилов Б.А. Цвет и цветовоспроизведение. - М.: Мир книги, 1995.
3. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. Вопросы квалитетрии. -М.: Экономика, 1982.
4. Орлов А.И. Современный этап развития теории экспертных оценок // Заводская лаборатория. - 1996. - №1.
5. Потапова К.В., Уарова Р.М., Чуркин А.В. К вопросу оценки качества цифровой печати // Материалы Международной научно-практической конференции. -М.: МГУП, 2003.
6. Дил Х. Оценка качества в многокрасочной печати. Сборник докладов «Вопросы оценки качества полиграфических оттисков» под ред. Козаровицкого Л.А. - М.: Изд-во иностр. литер., 1961.
7. ISO/IEC 13660: 2001 (E) Information Technology - Office equipment - Measurement of image quality attributes for hardcopy output - Binary monochrome text and graphic images.
8. Бабяк О. Знаки підтвердження відповідності продукції. / Стандартизація, сертифікація, якість. 2003.
9. Engeldrum P.G. A Theory of Image Quality: The Image Quality Circle // Journal of Imaging Science and Technology. - 2004. - №5. - P. 447-457.

Поступила 12.10.2015р.

УДК 004.051

Є.Л. Гельман^{1,2}, К.М. Обельовська¹, Р.В. Папежук¹
¹ Національний університет “Львівська політехніка”

² ПАТ «Львівгаз»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ ПРОТОКОЛУ ПОКРИВНОГО ДЕРЕВА STP НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕРЕЖІ

Проведено аналіз протоколу покривного дерева STP щодо вибору кореня ієрархічної топології мережі. Показано, що вибір кореня ієрархічної топології мережі, який виконується автоматично відповідно до протоколу STP, впливає на часові показники мережі.

Ключеві слова: топологія мережі, протокол покривного дерева, комутатор, MAC-адреса.

The analysis of spanning tree protocol depending on chosen network root has been conducted. It is shown, that the choice of the root for hierarchical topology network, executed by STP protocol automatically, affects the operational time performance of the network.

Key words: Network Topology, Spanning Tree Protocol, Switch, MAC-address.

Вступ

В останні роки найбільш вживаними провідними локальними комп'ютерними мережами є комутовані мережі Ethernet (switched Ethernet). В склад цих мереж входять комутатори (switches), до яких індивідуальними лініями під'єднуються кінцеві вузли та сегменти мережі. Стабільна, коректна робота комутованої мережі Ethernet забезпечується тільки при її ієрархічній топології, вибір якої здійснюється протоколом покривного дерева STP (Spanning Tree Protocol) [1].

Протокол покривного дерева STP був розроблений на основі одноіменного алгоритму [2], спочатку був стандартизований як IEEE 802.1D, в подальшому модернізований, наприклад, у Rapid STP, Multiple STP, і імплементований в IEEE 802.1Q 2014. Особливості застосування протоколу STP, проблеми, що можуть виникнути при його роботі, та рекомендації по їх усуненню описані, наприклад, в [3-6]. В даній роботі досліджується вплив результатів роботи протоколу STP на експлуатаційні характеристики мережі.

Основна частина

Постановка задачі. Основним призначенням протоколу STP є побудова ієрархічної топології локальної мережі, що в свою чергу, забезпечує усунення в мережі дублюючих та кільцевих з'єднань. Наявність останніх є не припустимою, оскільки суттєво впливає на стабільність роботи мережі, може призвести до множинних повторних передач кадрів і різкого зниження продуктивності мережі.

З метою приведення мережі Ethernet з множинними зв'язками до ієрархічної топології протокол STP здійснює вибір кореневого комутатора та побудову дерева. При цьому з метою виключення петель надлишкові в момент побудови дерева зв'язки автоматично блокуються, одночасно гарантуючи повну зв'язність усіх комутаторів.

Робота протоколу STP ґрунтується на періодичному обміні комутаторами мережі службовими повідомленнями – протокольними блоками даних моста (Bridge Protocol Data Unit, BPDU). Повідомлення BPDU розміщуються в полі даних кадрів каналного рівня – кадрів Ethernet з груповою адресою призначення (multicast address), а отже передаються одночасно всім комутаторам мережі.

Робота протоколу STP передбачає, що один з комутаторів функціонує як кореневий – Designated Root Bridge.

Кореневий комутатор присутній завжди, навіть коли топологія не містить фізичних кілець. Якщо в мережі тільки один STP-сумісний пристрій, він буде анонсувати себе в якості кореневого, поки STP не вимкнений. Кожен

STP-сумісний пристрій починає роботу, вважаючи себе кореневим, так що в мережі з єдиним STP-сумісним пристроєм він і є кореневим комутатором.

Якщо ж в мережі присутні декілька комутаторів, що працюють з протоколом STP, то у початковому стані кожний комутатор вважає себе кореневим. Він генерує і передає своїм сусідам повідомлення Hello, в якому розміщує свій ідентифікатор як ідентифікатор кореневого комутатора. За протоколом STP кореневий комутатор вибирається шляхом голосування (виборів) на основі значень параметрів ідентифікаторів комутаторів (мостів) Bridge Identifier. На роль кореневого комутатора призначається комутатор з найменшим значенням Bridge Identifier. Тому, якщо комутатор отримує від сусіда повідомлення Hello з меншим значенням ідентифікатора, він перестає вважати себе кореневим і починає ретранслювати повідомлення Hello, які отримує від сусідів.

Ідентифікатор комутатора (моста) – це 8-байтове число, шість молодших байтів якого є MAC-адресою його блоку управління. Два старші байти визначають пріоритет комутатора, за замовчуванням у них записано 215 (32768). Значення пріоритету може конфігуруватися вручну, отже адміністратор має можливість впливати на процес вибору кореневого комутатора. Проте при використанні пріоритету за замовчуванням протокол STP призначить кореневим комутатор з мінімальним в даній мережі значенням MAC-адреси, яка, як і всі інші MAC-адреси, була прописана на виробництві. А отже вибір кореневого комутатора здійснюється в цьому випадку тільки ґрунтуючись на MAC-адресах. Метою даної роботи є визначити чи має вплив на експлуатаційні характеристики мережі те, який комутатор мережі вибраний протоколом STP в якості кореневого комутатора.

Об'єкт, сценарії та результати досліджень. Для дослідження результатів роботи протоколу STP було використано програму моделювання мереж Cisco Packet Tracer. Для дослідження було вибрано мережу (рис.1), що має в своєму складі 5 комутаторів (Switch 0 – Switch 5), і передбачає наявність петель у топології. У якості комутаторів використовувались інтелектуальні Ethernet-комутатори Cisco Catalyst серії 2960 (Cisco Catalyst 2960 Series Intelligent Ethernet Switch) [7], які дозволяють реалізувати розширені сервіси в локальних мережах великих і середніх підприємств, а також у мережах філій. Представники цього сімейства забезпечують підключення робочих місць на швидкостях 10/100 Fast Ethernet і 10/100/1000 Gigabit Ethernet.

Сценарій досліджень передбачав ручну зміну ідентифікатора комутатора Bridge Identifier у комутаторів таким чином, щоб протокол STP вибирав у якості кореневого комутатора у різних реалізаціях комутатори Switch 0, Switch 1, Switch 2, Switch 3. Робота мережі моделювалась для випадків реалізації:

- утиліти *ping*, яка, в свою чергу, базується на протоколі ICMP;
- передачі даних з використання протоколу прикладного рівня Telnet;
- передачі даних з використання протоколу прикладного рівня Telnet SSH.

Рис. 1 ілюструє результат роботи протоколу STP з вибору кореневого комутатора для випадку, коли кореневим комутатором було обрано Switch 3, а порти комутаторів Switch 0 та Switch 1, що зв'язують їх з комутатором Switch 2 – заблоковані.

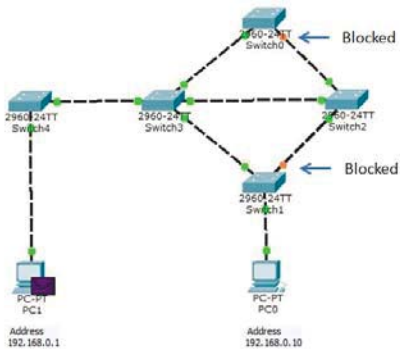


Рис.1. Результат роботи протоколу STP для випадку коли кореневим комутатором є Switch 3

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type	Info
	0.003	PC1	Switch4	ICMP	
	0.005	Switch4	Switch3	ICMP	
	0.007	Switch3	Switch1	ICMP	
	0.009	Switch1	PC0	ICMP	
	0.012	PC0	Switch1	ICMP	
	0.014	Switch1	Switch3	ICMP	
	0.016	Switch3	Switch4	ICMP	
	0.018	Switch4	PC1	ICMP	

Рис.2. Часові показники доставки пакетів ICMP у випадку, коли кореневим комутатором є Switch 3

Експеримент полягав в симуляції надсилання пакетів утіліти ping за протоколом ICMP з персонального комп'ютера PC1 з IP-адресою 192.168.0.1 на комп'ютер PC0 з IP-адресою 192.168.0.10. Час, що був затрачений при цьому на доставку пакетів ICMP ехо-запит та ехо-відповідь, приведений на рис. 2 та дорівнює 0.018 сек.

Рис. 3, 5, 7 ілюструє аналогічні експерименти надсилання пакетів за протоколом ICMP (ping) для випадків, коли протокол STP вибрав в якості кореневого комутатора відповідно комутатори Switch 0, Switch 2 та Switch 1. Порти, що були заблоковані протоколом STP, показані на відповідних рисунках. Часові показники виконання процедури обміну ехо-запитами та ехо-відповідями для цих випадків, приведені відповідно на рис. 4, 6, 8.

Аналіз даних, приведених на рис. 2, 4, 6 та 8, показує, що часові характеристики мережі залежать від того, який комутатор був обраний протоколом STP в якості кореневого комутатора. У випадках, коли кореневими комутаторами були комутатори Switch 1 та Switch 3 час обміну ехо-запитами та ехо-відповідями становив 0,018 с, якщо кореневим був вибраний комутатор Switch 2 – 0,02 с, а якщо Switch 0 – 0,024 с, що є найгіршим результатом і на 33 % перевищує найкращий результат.

Аналогічні дослідження були проведені для цієї ж мережі при надсиланні пакетів протоколів Telnet та SSH. Дані надсилались з комп'ютера PC1 на комп'ютер PC0, а роль кореневого комутатора виконували комутатори Switch 0, Switch 1, Switch 2 та Switch 3.

Результати досліджень часових показників, отриманих при надсиланні даних утіліти ping, протоколів Telnet та SSH, показані на рис. 9.

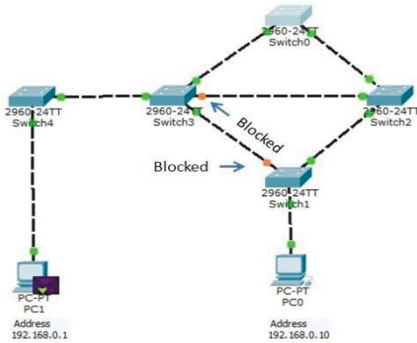


Рис.3. Результат роботи протоколу STP для випадку коли корневим комутатором є Switch 0

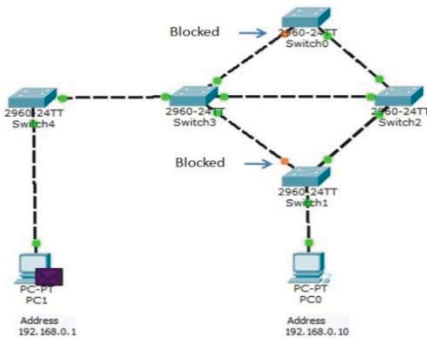


Рис. 5. Результат роботи протоколу STP для випадку коли корневим комутатором є Switch 2

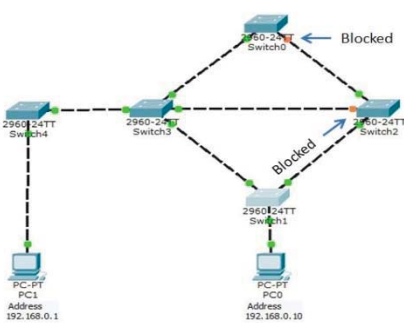


Рис. 7. Результат роботи протоколу STP для випадку коли корневим комутатором є Switch 1

Simulation Panel

Event List

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type	Info
	0.011	Switch2	Switch1	ICMP	
	0.013	Switch1	PC0	ICMP	
	0.014	PC0	Switch1	ICMP	
	0.016	Switch1	Switch2	ICMP	
	0.018	Switch2	Switch0	ICMP	
	0.020	Switch0	Switch3	ICMP	
	0.022	Switch3	Switch4	ICMP	
	0.024	Switch4	PC1	ICMP	

Reset Simulation Constant Delay Captured to: 0.024 s

Рис.4. Часові показники доставки пакету ICMP у випадку, коли корневим комутатором є Switch 0

Simulation Panel

Event List

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type	Info
	0.008	Switch2	Switch0	ICMP	
	0.008	Switch2	Switch1	ICMP	
	0.010	Switch1	PC0	ICMP	
	0.012	PC0	Switch1	ICMP	
	0.014	Switch1	Switch2	ICMP	
	0.016	Switch2	Switch3	ICMP	
	0.018	Switch3	Switch4	ICMP	
	0.020	Switch4	PC1	ICMP	

Reset Simulation Constant Delay Captured to: 0.020 s

Рис.6. Часові показники доставки пакетів ICMP у випадку, коли корневим комутатором є Switch 2

Simulation Panel

Event List

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type	Info
	0.003	PC1	Switch4	ICMP	
	0.005	Switch4	Switch3	ICMP	
	0.007	Switch3	Switch1	ICMP	
	0.009	Switch1	PC0	ICMP	
	0.012	PC0	Switch1	ICMP	
	0.014	Switch1	Switch3	ICMP	
	0.016	Switch3	Switch4	ICMP	
	0.018	Switch4	PC1	ICMP	

Reset Simulation Constant Delay Captured to: 0.018 s

Рис.8. Часові показники доставки пакетів ICMP у випадку, коли корневим комутатором є Switch 1

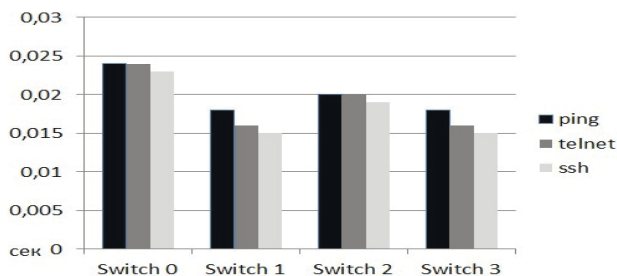


Рис. 9. Часові показники доставки пакетів утіліті ping, протоколів Telnet та SSH в залежності від вибору кореневого комутатора

Приведені дані наглядно ілюструють, що при зміні кореневого комутатора час доставки пакету може змінюватись суттєво, наприклад, навіть на 60%, як у випадку доставки пакетів протоколу SSH, коли протокол STP обере кореним комутатором Switch 0 замість Switch 1. А отже можна стверджувати, що вибір кореневого комутатора може мати суттєвий вплив на експлуатаційні характеристики мережі.

Висновок. Проведені за допомогою симулятора Cisco Packet Tracer дослідження протоколу STP показали вплив вибору кореневого комутатора на часові показники мереж. Оскільки за замовчуванням протокол STP вибирає кореневий комутатор тільки за MAC-адресою, то зроблений ним вибір не забезпечує мінімізації часу доставки пакетів. Таким чином, можна зробити висновок, що мережевим адміністраторам не слід повністю покладатися на автоматичне налаштування протоколу STP. При необхідності, для покращання часових показників мережі можна впливати на результат роботи протоколу STP шляхом присвоєння комутаторам відповідних пріоритетів.

1. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. - СПб.: Издательство "Питер", 2012. - 944 с.
2. *Perlman R.* An Algorithm for Distributed Computation of a Spanning Tree in an Extended LAN [Text] / Boston: Addison-Wesley, 1985.
3. Spanning Tree Protocol Problems and Related Design Considerations [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/lan-switching/spanning-tree-protocol/10556-16.html>
4. *Пахомов С.* Возможности современных коммутаторов по организации виртуальных сетей / М.: Компьютер Пресс. – № 4. – 2005. [Электронный ресурс] – Режим доступу: www.compress.ru/index.aspx.
5. *Пахомова В.М.* Демонстрація організації віртуальних локальних мереж на програмній моделі / В. М. Пахомова, В. В. Заханевич // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. – 2012. – Випуск 31. – С. 85–94.
6. *Колесников Ю. А.* Интеллектуальные функции коммутаторов. Алгоритм покрывающего дерева. [Электронный ресурс] – Режим доступу: <http://iptcp.net/algorithm-pokryvayushchego-dereva.html>.
7. Cisco Catalyst 2960 Series Switches – Режим доступу: <http://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/catalyst-2960-series-switches/index.html>

Поступила 19.10.2015р.