

УДК 681.515.8

Здолбівська Н.В., Здолбівський А.П., Янчук Ю.В.  
Луцький національний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ АГРЕГОВАНИХ ІНТЕРНЕТ-КАНАЛІВ

**Здолбівська Н.В., Здолбівський А.П., Янчук Ю.В. Дослідження пропускної здатності агрегованих інтернет-каналів.** У статті представлено дослідження пропускної здатності основних способів агрегації інтернет-каналів, їхні переваги та недоліки, методи роботи з об'єднанням мережевих інтерфейсів у різних середовищах (як програмних так і фізичних). Розроблена та введена в дію агрегована мережа на базі комп'ютерної аудиторії ЛНТУ.

**Ключові слова:** агрегація, інтернет-канал, мережа, пропускна здатність.

**Рис. 5. Літ. 15.**

**Здолбівская Н.В., Здолбівский А.П., Янчук Ю.В. Исследование пропускной способности агрегированных интернет-каналов.** В статье представлено исследование пропускной способности основных способов агрегации интернет-каналов, их преимущества и недостатки, методы работы с объединением сетевых интерфейсов в различных средах (программных и физических). Разработана и введена в действие агрегированная сеть на базе компьютерной аудитории ЛНТУ.

**Ключевые слова:** агрегация, интернет-канал, сеть, пропускная способность.

**N. Zdolbitska, A.Zdolbitskyu., Y. Yanchuk. Research aggregate bandwidth of Internet channels.** This paper presents the research capacity main ways aggregation of Internet channels, their advantages and disadvantages, methods of work with the union network interfaces in different environments (both software and physical). Developed and put in place a network based on aggregated audience LNTU computer.

**Keywords:** aggregation, Internet channel, network bandwidth.

**Постановка наукової проблеми.** На сьогодні комп'ютерні технології заповнили чи не кожен сферу людської діяльності. Особливо актуальним є об'єднання суміжних ресурсів в єдине ціле задля отримання ефективних результатів. Мережеві ресурси дають змогу зекономити місце та час при організації колективної роботи. Проте питанням надійності та швидкості роботи мережевих систем часто не надають потрібного значення і в результаті доводиться зустрічатися з дестабілізацією функціонування мережі. На допомогу в такій ситуації приходять агрегація каналів. Оскільки лівова частка отримання інформації надходить із мережі Інтернет, то проведено дослідження агрегованих інтернет-каналів та порівняно їхню продуктивність зі звичайними прямими методами підключень, враховано всі «за» і «проти».

Агрегування каналів – технологія, яка дозволяє об'єднати кілька фізичних каналів в один логічний. Таке об'єднання дозволяє збільшувати пропускну здатність і надійність каналу. Саме на каналному рівні протоколів локальних мереж виявляються особливості використання надлишкових зв'язків, такі, як дублювання і зациклення кадрів в петлеподібних маршрутах [1]. І хоча ці проблеми можуть бути вирішені на більш високому мережевому рівні маршрутизаторами IP / IPX і програмними засобами операційних систем, підтримка надлишкових зв'язків комутаторами другого рівня, в порівнянні з вищесказаним має низку переваг. Перш за все, це зниження вартості мережі, оскільки багато її ділянок будуються без залучення відносно дорогих маршрутизаторів (комутаторів третього рівня). Крім того, швидкість реакції на обрив зв'язку часто підвищується.

Агрегування каналів застосовується досить широко та принципово відрізняється від способу використання надлишкових зв'язків – алгоритму побудови покриваючого дерева (Spanning Tree Algorithm, STA). Він переводить надлишкові зв'язки в «гарячий» резерв, залишаючи в робочому стані тільки мінімальний набір каналів, необхідний для забезпечення зв'язності сегментів мережі [2,3]. У цьому випадку підвищується надійність мережі, оскільки при відмові якого-небудь з'єднання в лад автоматично вводяться резервні зв'язки, і через невеликий проміжок часу працездатність мережі відновлюється.

При агрегування фізичних каналів всі надлишкові зв'язки залишаються в робочому стані, а наявний трафік розподіляється між ними для досягнення балансу завантаження. Головна перевага агрегування каналів в тому, що потенційно підвищується смуга пропускання: в ідеальних умовах смуга пропускання агрегування каналу може дорівнювати сумі смуг пропускання всіх об'єднаних в ньому каналів [4].

В даній статті практично реалізовано агрегування кількох інтернет потоків та досліджено можливості пропускної здатності модернізованої мережі.

**Аналіз досліджень.** Агрегація інтернет-каналів – явище відносно нове. Не кожна система навіть п'ятилітньої давності підтримує агрегацію, але оскільки способів введення в дію є декілька, то це однозначно спрощує її використання. Найбільше застосування даного методу з'єднання з мережею припадає на підприємства та організації, які потребують стабільного та швидкого з'єднання. На даний момент існує кілька видів об'єднання інтернет-каналів. Найпоширенішими з них є: комутатор-комутатор, комутатор-маршрутизатор, комутатор-хост.

У даній статті реалізовано фізичну агрегацію типу «комутатор-маршрутизатор» та досліджено ефективність застосування такого виду вдосконалення мережі. Існує також така агрегація каналів, яка дозволяє безпосередньо в комп'ютері об'єднати кілька мережевих карт в одну логічну систему(в системах Linux – Bonding, Windows Server 2012 – NIC Teaming) [5,6], але, з огляду на персональність, такий вид поєднання є не дуже доцільним для комп'ютерної мережі.

**Виклад основного матеріалу та обґрунтування результатів дослідження.** В даній праці впроваджено в мережу аудиторії (рис. 1) агрегацію інтернет-каналів (рис. 2). Стаття є актуальною також для підприємств, де є необхідним мати впевнене з'єднання з провайдером, а подекуди і кількома, для забезпечення надійності роботи установи.

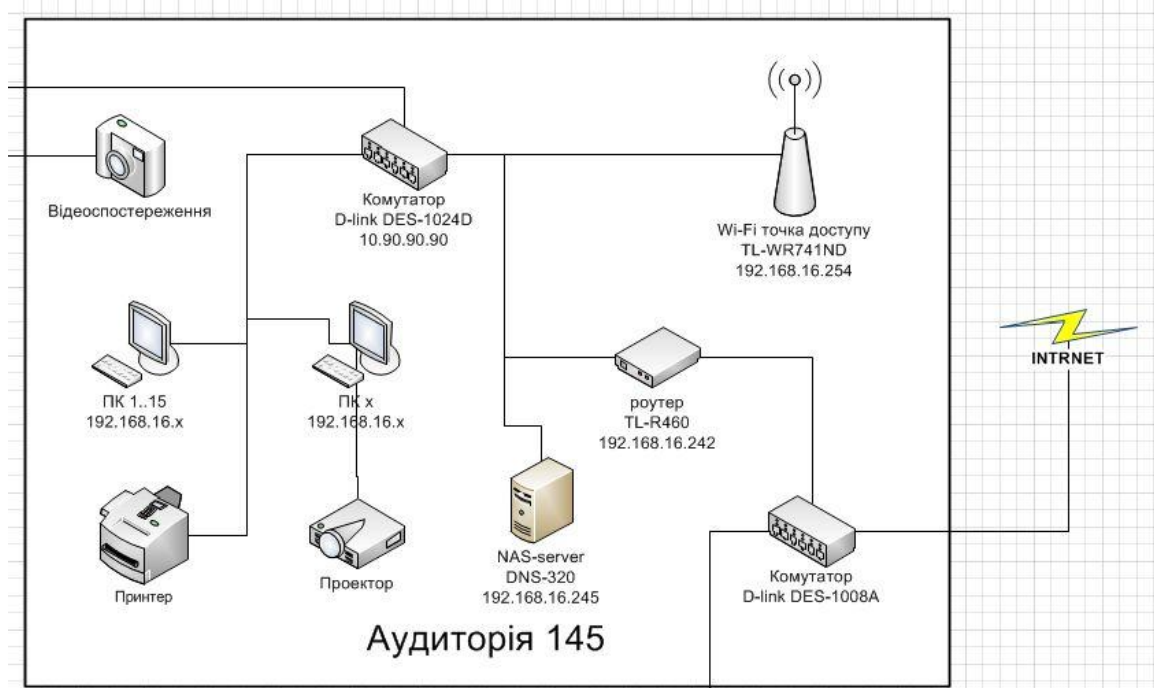


Рис. 1. Схема мережі навчальної аудиторії без застосування агрегації каналів

Фізична реалізація впроваджена за принципом «маршрутизатор-комутатор», де замість одного потоку каналів їх іде декілька(позначка 1<sup>A</sup> на рисунку 2). Об'єднання каналів реалізовано за допомогою комутатора D-Link DES-1008A та роутера з можливістю балансування каналів TP-Link TL-R480+ [7]. В ході практичних досліджень отримано висновок, що агрегація інтернет-каналів значно пришвидшила роботу мережі, завдяки принципу розпаралеленості. Так сусідні комп'ютери у мережі можуть обмінюватися трафіком через різні канали, що дає високий приріс продуктивності.

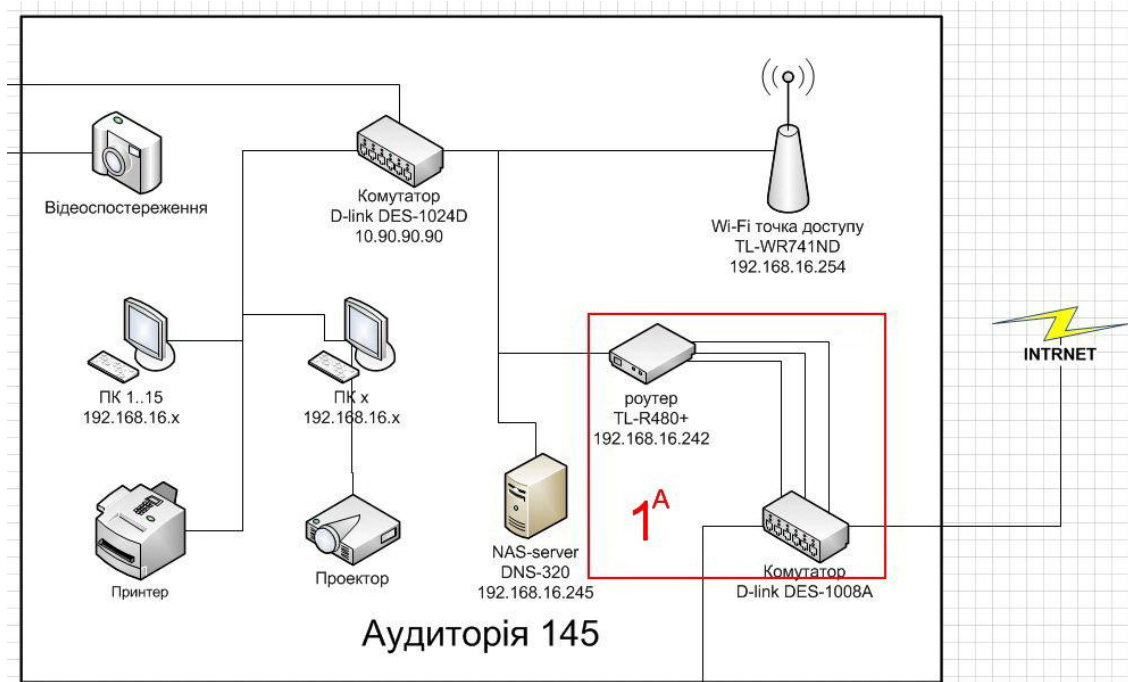


Рис. 2. Схема мережі навчальної аудиторії із застосуванням агрегації каналів

Для аналізу завантаження сайтів взято громіздкий ресурс <http://kurs.com.ua/>. Середній час очікування повного завантаження без агрегації каналів сторінки склав близько 4 секунд. Під час агрегування трьома каналами отримано результат у 2,5-3секунди, що дав приріст у швидкості на 25-37%. Такий результат зумовлений тим, що отримуваний трафік порівняно невеликий для розгону агрегації і тим, що частина запитів від сусідніх комп'ютерів завдавала навантаження на новостворену мережу. Очевидно, що без агрегування канал було навантажено дуже сильно і час очікування зростає, так як кожен запит клієнтів ставав у чергу в одному і тому ж каналі.

При тестуванні інтернет-ресурсів на швидкість отримано висновок, що багато порталів прив'язуються до одного каналу та йдуть по ньому так і не використавши інші наявні в агрегованій системі.

Що стосується мультимедійної передачі інформації, то ситуація тут кардинально інша. Дослідження пропускної здатності агрегованих інтернет-каналів на базі торент програми Utorrent дало доволі хороші результати. За рахунок наявності багатьох каналів обміну трафіком досягнуто збільшення швидкості у кілька разів.

На проміжку 1 рисунка 3 агреговано два канали по два мегабіти. Досягнуто зростання швидкості за хвилиноподібною тенденцією.

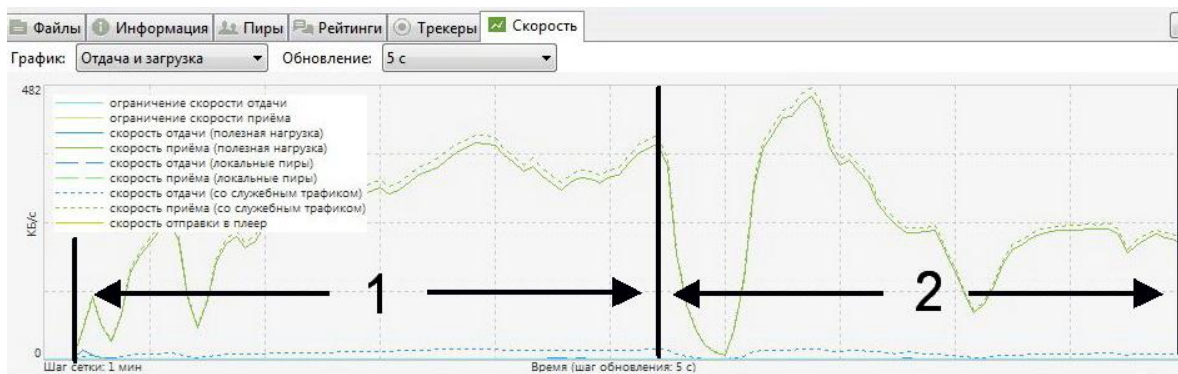


Рис. 3. Агрегація двох інтернет-каналів

На межі частини 1 та частини 2 графіка, під час того як було здійснено відключення агрегації, швидкість впала практично до нуля, адже здійснювалася настройка та пошук робочого

каналу для передачі трафіку. Повторне ввімкнення агрегації двох каналів дало швидкий темп росту швидкості. При відключенні одного з каналів, після так званої адаптації до всіх умов (в тому числі обмежень, які накладаються на канал адміністратором), права частина другого сегменту графіка швидкості показала майже ідеальні два мегабіти, які надані мережею на один інтернет-канал.

Під час повернення до агрегації двох каналів (рис. 4) на секторі 3 відбувся характерний спад на початку перемикавання та подальше зростання швидкості. Об'єднання трьох двомегабітних каналів (рис.4) дало сталий приріст у швидкості, який зображено на секторі 4. Слід зауважити, що відслідковано тенденцію спаду швидкості навіть при додаванні нових інтернет каналів до вже існуючих чи то одного як на межі 2 та 3 секторів, чи навіть двох – межа 3 та 4 рисунка 4.

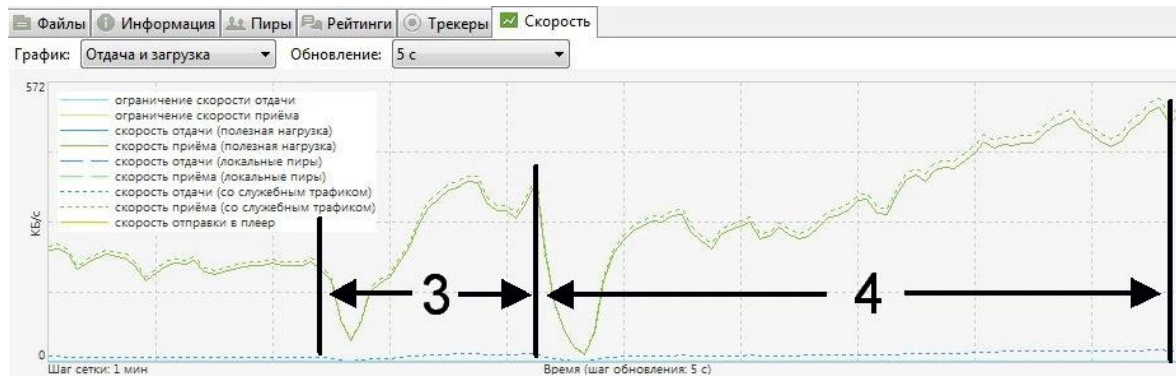


Рис. 4. Агрегація двох та трьох інтернет-каналів

Об'єднання трьох двомегабітних каналів дало близько 80% від ідеально можливого результату, навіть при працюючих суміжних комп'ютерах мережі, які створюють завади для передачі потоків трафіку.

Під час поетапного переходу (сегмент 5 рисунка 5) від трьохканального до двоканального режимів роботи, а після того і до прямого каналу зв'язку без агрегації відбувся типовий спад (межа 5 та б) і як результат обмін трафіком по одному каналові, майже за ідеальних показників.



Рис. 5. Схема мережі навчальної аудиторії без застосування агрегації каналів

Що стосується загального приросту продуктивності мережі, то відбувається він за рахунок того що одне і те ж навантаження на один звичайний канал значно більше дається в знаки, ніж той самий обсяг трафіку по кільком каналах передачі даних.

**Висновки.** На практиці було доведено, що агрегація інтернет-каналів чудово збільшує пропускну здатність мережі та у значній мірі знімає питання навантаження, а в результаті часу очікування відповіді ресурсу.

З огляду на роботу процесу агрегації зроблено такі висновки у порівнянні зі звичайним не агрегованим інтернет-каналом:

– переваги:

- збільшується швидкість передачі інформації, як на одиничному комп'ютері, так і сусідніх комп'ютерах мережі;
  - значно якісніший рівень стабільності, за рахунок можливості мати резервний канал
  - менша навантаженість роботи мережі;
  - менший час очікування;
  - можливість одночасного підключення до двох провайдерів;
- недоліки:
- тимчасовий спад швидкості під час перемикання режимів комутації, обумовлений пошуком надійного каналу для передачі інформації;
  - додаткові витрати на обладнання, яке необхідне для агрегації;
  - складність в налаштуванні.

На основі викладеного матеріалу можна зробити висновок, що дослідження пропускнуої здатності агрегованих інтернет-каналів дало досить хороший приріст продуктивності у роботі з мережею і є актуальним продовжувати аналогічні дослідження за різних умов агрегації(кількості агрегованих каналів, обладнання, що бере участь у процесі агрегації, операційних системах задіяних у мережі), для знаходження найоптимальнішого для тієї чи іншої потреби.

1. Олифер Н.А. «Журнал сетевых решений/LAN», № 02, 2002. – 32 с.
2. Самойленко Н.С. Загальна інформація по агрегації каналів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://xgu.ru/wiki/Агрегирование\\_каналов](http://xgu.ru/wiki/Агрегирование_каналов)
3. Агрегация каналов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Агрегирование\\_каналов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Агрегирование_каналов).
4. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Коммутируемые сети Ethernet // Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – 4-е изд. – СПб.:Питер, 2010. — с. 459-464
5. На пути повышения надёжности и скорости: Linux bonding [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://samag.ru/archive/article/355>
6. NIC Teaming в Windows Server 2012 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://habrahabr.ru/company/microsoft/blog/162509/>
7. Маршрутизатор с балансировкой нагрузки TL-R480T+ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tp-link.ua/products/details/?categoryid=&model=TL-R480T%2b#over/>
8. Microsoft Corporation. Компьютерные сети. Сертификация Network+. – М.: Русская редакция, 2008. – 704с.
9. Microsoft TCP/IP. – : Русская редакция, 1999. – 214с.
10. Борисенко Олексій Андрійович Керуючі системи. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 216с.
11. Лук'янова Валентина Вячеславівна Комп'ютерний аналіз даних. – К.: Вид. центр "Академія", 2003. – 344с.
12. Остропицький В.М., Мозговая И.В. Internet-технологии. – Днепропетровск: Инновация, 2004.- 192с.
13. Локальные сети. Модернизация и поиск неисправностей: Александр Поляк-Брагинский – Москва, БХВ-Петербург, 2007 г. – 640 с.
14. Убайдуллаев Р.Р. «Волокно-оптические сети» – М.: Эко-Трендз, 1998. – 268с.
15. В.А. Дуленко, Ю.С. Кабальнов «Основы современных компьютерных технологий» – Уфа: ОН и УЮИ ВМД РФ, 2003. – 122 с.