

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ШИРОКОСМУГОВИХ МЕРЕЖ ДЛЯ НАДАННЯ ВИСОКОЯКІСНОГО ПОТОКОВОГО СЕРВІСУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконано порівняльний аналіз існуючих транспортних протоколів, призначених для організації високошвидкісної передачі даних. Розглянуто алгоритми, спрямовані на поліпшення точності оцінки доступної смуги пропускання високошвидкісних з'єднань.

Ключові слова: транспортний протокол, високошвидкісна передача даних, смуга пропускання.

Abstract

A comparative analysis of existing transport protocols, designed for organization of high-speed data transmission, is performed. The algorithms aimed at improving the accuracy of estimating the available bandwidth of high-speed connections are considered.

Keywords: transport protocol, high-speed data transmission, bandwidth.

Вступ

Завдання передачі даних між мережними вузлами виникла майже одночасно з появою перших ЕОМ. Стрімкий розвиток цифрової техніки збільшує обсяги даних, з якими стикаються користувачі, що обумовлює необхідність збільшення швидкості передачі цих даних. У наш час швидкість в кілька десятків мегабіт доступна багатьом, навіть на домашніх терміналах - наприклад, стиснутому відеопотоку у форматі FullHD необхідно порядку 10 Мбіт / с смуги пропускання. Активно впроваджується послуга доставки відео-контенту в форматі 4k, для чого потрібно вже не менше 15 Мбіт / с. Такі швидкості були немислимі в домашніх умовах всього лише одне десятиліття назад. У професійному середовищі необхідність в доступній пропускній здатності досягає декількох сотень гігабіт на секунду.

Отже, поняття «високошвидкісна передача даних» має нерозривний зв'язок з часовим контекстом, в якому воно розглядається. Не виключено, що через 10 років контент буде доставлятися до терміналу користувача зі швидкостями, що перевищують десятки Гбіт / с.

Метою роботи є оцінювання доступної смуги пропускання для забезпечення передачі даних зі швидкостями до 10 Гбіт / с і аналіз особливостей використання високоефективних транспортних протоколів.

Основна частина

В цілому, більш ефективного використання наявних каналів можна домогтися двома незалежними підходами: використання більш стійких до завад середовищ передачі даних і використання більш ефективних алгоритмів для передачі даних. Дослідження принципово нових середовищ поширення сигналів, у вигляді інваріантних систем зв'язку, представлено в [4]. Однак незважаючи на якість середовища передачі даних, втрати і спотворення даних можуть траплятися не тільки при проходженні сигналів по каналах, але і в проміжних пристроях, таких як маршрутизатори. Тому для безпомилкової передачі даних необхідний алгоритмічний підхід.

Вимірювання доступної смуги пропускання в контексті транспортного протоколу передачі даних покликане збільшити його інформованість про з'єднання, через яке ведеться доставка контенту. У з'єднанні або на деяких його ділянках, як правило, крім трафіку, згенерованого самим протоколом, присутній крос-трафік - дані, що курсують між іншими вузлами або додатками. Потоки даних, в разі,

якщо їх сукупна швидкість перевершує пропускну здатність з'єднання або його ділянки, конкурують один з одним за те, щоб зайняти якомога більше смуги пропускання. Така поведінка неминуче викликає перевантаження в мережі; проміжні мережеві пристрої не в змозі обслужити весь потік даних. Пакети, що надходять в уже наповнений буфер такого пристрою, будуть відкинута. Факт втрати пакетів сприймається транспортними протоколами як наявність перевантаження в мережі і спонукає механізм управління перевантаженнями знизити швидкість передачі даних.

Іншими словами, цей процес можна описати як передачу даних між двома вузлами через якийсь «чорний ящик»; про який відомо лише, з якою максимальною швидкістю він може приймати дані (пропускну здатність інтерфейсу передавача) і потенційно передавати інформацію (пропускну здатність інтерфейсу приймача).

Найбільш використовуваний транспортний протокол TCP встановлює основні характеристики передачі в рамках сесії, орієнтуючись на період кругового звернення (RTT) і втрати в з'єднанні. Від RTT, тим чи іншим чином, залежить розмір ковзаючого вікна (Congestion window), за допомогою якого відбувається керування перевантаженнями. В різноманітних версіях TCP управління перевантаженнями відбувається по-різному. У міру передачі даних, в разі відсутності втрат, вікно плавно збільшується до тих пір, поки вони не будуть зафіксовані. Реакцією на це, як правило, є зменшення цього вікна, що веде до зменшення швидкості пересилання даних. Іншими словами, швидкість наростає до тих пір, поки мережа не буде перевантажена, а деякі дані - втрачені. Після цього відбувається різке зменшення вікна, а при відсутності втрат його плавно зростає. Як це буде показано в ході опису методів оцінки доступної смуги пропускання, втрати пакетів - це не єдине явище, яке супроводжує перевантаження. По аналогії з «чорним ящиком» це можна показати наступним чином: якщо дані, що входять до нього, надходять на швидкості, що перевищує ту, яку він може обробити, то на приймальній стороні швидкість передачі буде, по-перше, менше ніж вхідна, а, по-друге, вона буде приблизно відповідати доступній смузі пропускання цього ящика. Тобто затримка окремо взятого пакету буде збільшуватися.

Аналізуючи подібні ознаки, перевантаження можна зафіксувати на ранніх стадіях і завчасно знизити швидкість - до того, як відбулися втрати даних. Крім цього, подібний підхід дозволяє не знижувати швидкість стрибком, як це відбувається з TCP, а плавно знижувати її до тих пір, поки швидкість відправника і одержувача не стануть рівними. Це дозволить транспортному протоколу максимально використовувати наявну пропускну здатність з'єднання, залишаючись при цьому досить «справедливим» (fair) до конкурентних потоків даних в з'єднанні.

В контексті транспортних протоколів тема «справедливості» стоїть досить гостро. Так, в мережах загального користування, де переважна більшість даних, які неодмінно повинні бути доставлені, передаються за допомогою TCP, вважається неможливим використання інших протоколів, якщо вони ведуть себе по відношенню до TCP «несправедливо». Однак, крім транспортних протоколів з гарантією доставки, в мережі є багато учасників, які передають дані в реальному часі по UDP. При цьому, з наростаючим розвитком технологій, потрібні більші смуги пропускання для таких додатків. Наприклад, відеокамери, знімають все більш і більш високоякісне відео. Потік таких даних, як правило, веде себе «несправедливо», адже дані повинні бути передані з постійною швидкістю. Кількість користувачів, що передають дані подібним чином, зростає; а, значить, кількість трафіку в мережі, яка поводить себе «несправедливо» по відношенню до TCP, збільшується.

Концепція «справедливості» TCP передбачає, що, якщо N TCP потоків присутні в з'єднанні, то кожен з них повинен використовувати не більше ніж $1 / N$ пропускну здатність з'єднання. Вже згадана вище реакція TCP на втрати в мережі робить його дуже вразливим з боку UDP-потоків реального часу. Іншими словами, якщо в з'єднанні крім N TCP-потоків присутній UDP-потік, який займає половину доступної смуги пропускання, то кожен з потоків буде використовувати не більше ніж $1 / (2N)$ від загальної пропускну здібності. Крім цього, концепція не виконується і самим протоколом TCP. В [6] показано, що TCP-потоки в з'єднаннях з меншою затримкою RTT поведуться менш «чесно» до потоків, що переносять дані на великі відстані. Крім цього, в роботі [3] описується, що в високошвидкісних мережах на «чесність» потоків TCP впливає також режим обслуговування черг маршрутизаторами.

З одного боку, високошвидкісний трафік, «несправедливо» відноситься до інших сполук, так чи інакше, витісняючи інших учасників мережевої взаємодії. З іншого боку, передача даних в «справедливому» режимі, як це здійснюється TCP, робить її вразливою для безлічі мережевих додатків, які заповнюють смугу пропускання «несправедливо».

Маючи інформацію про доступну смугу пропускання, можна отримати можливість створення «гібридної справедливості». Наприклад, такий транспортний протокол використовуватиме 80% сполук агресивно, а його залишок «справедливо». Таким чином, суміжні потоки не будуть повністю заблоковані і зможуть передавати дані; в цей час високошвидкісний транспорт буде робити те, для чого він був спроектований - передавати дані швидше.

Аналіз доступної смуги пропускання ще більш цікавий для додатків з передачею потокового трафіку реального часу - наприклад, аудіо- або відеоданих. Чим вище якість відео-потoku, тим ширше смуга пропускання. Як правило, подібний трафік передається за допомогою UDP без гарантії доставки. У випадку перевантаження мережі, при передачі такого трафіку, деякі IP-пакети губляться безповоротно, і на приймальній стороні частина даних не буде отримана. У випадку з відео-потокom, зображення може стати незбірливим, і можуть відбуватися «завмирання». Якщо перевантаження в мережі не усунути, то далі цим сервісом неможливо буде користуватися. Такі проблеми вирішуються, наприклад, зниженням якості зображення при виявленні втрат.

З використанням обсягу доступної смуги пропускання буде надана можливість зафіксувати перевантаження на ранній стадії і завчасно вжити заходів, зокрема, знизити якість відео-потoku для надання сервісу більш низької якості, але уникаючи при цьому втрати даних. У випадку з відео-конференцією, наприклад, якість зображення буде нижчою, але звукова інформація, що вимагає значно меншої смуги пропускання, не постраждає.

Висновки

Виконано порівняльний аналіз транспортних протоколів для високошвидкісної передачі даних. Дослідження показали, що присутні істотні відмінності при визначенні доступної смуги пропускання на низьких швидкостях до 1 Гбіт / с, на високих швидкостях від 1 Гбіт / с і вище. При передачі даних зустрічаються явища, які не властиві для низькошвидкісної передачі, як, наприклад, об'єднання переривань. Показана ефективність використання обсягу доступної смуги пропускання для організації високошвидкісного з'єднання. У перспективі, розглянута технологія може бути використана як для досягнення високої ефективності в широкосмугових мережах, так і для надання високоякісного потокового сервісу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Xue, L. A study of fairness among heterogeneous TCP variants over 10 Gbps high-speed optical networks / L. Xue, S. Kumar, C. Cui and S.-J. Park // *Opt. Switch. Netw.*, vol. 13, Jul. 2014. – pp. 124–134.
2. С.-Н. (John) Wu and J. D. Irwin // *Introduction to Computer Networks and Cybersecurity*, CRC Press, 2013, p. 740.
3. Kachan, D. Comparison of Contemporary Solutions for High Speed Data Transport on WAN 10 Gbits Connections presented at the ICNS 2013 / D. Kachan, E. Siemens and V. Shuvalov // *The Ninth International Conference on Networking and Services*, 2013. – pp. 34–43.
4. Kachan, Dmitry. Comparison of Contemporary Protocols for High-speed Data Transport via 10 Gbps WAN Connections / Dmitry Kachan and Eduard Siemens // *The 2nd International Conference on Applied Innovations in IT*. – Germany, Koethen, 2014. – pp. 21–27.
5. В. Олифер и Н. Олифер, Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы, 4 издание. 944 с. Питер, 2014.
6. Hanford, N. “Analysis of the Effect of Core Affinity on High-Throughput Flows / N. Hanford [etc.] // *2014 Fourth International Workshop on Network-Aware Data Management (NDM)*, 2014. – pp. 9–15.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Макогон Віталій Іванович – асистент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vim1986@i.ua

Vasykivskyi Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Vitaliy Makogon - Assistant Professor, Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University.