

АНАЛІЗ НАДЛИШКОВОСТІ ПРОТОКОЛІВ СТЕКА TCP/IP

Проведено аналіз частки службової інформації в мережевому пакеті, що проходить через стек протоколів TCP / IP, і виконана оцінка впливу розміру пакету і співвідношення службових даних та корисного навантаження на продуктивність комп'ютерної мережі. Проаналізовано можливі способи підвищення продуктивності комп'ютерних мереж і проблеми їх застосування при використанні бездротових мережевих технологій.

Вступ

З поширенням комп'ютерних мереж (КМ) все більшої актуальності набуває проблема підвищення продуктивності передачі даних. Продуктивність комп'ютерної мережі передбачає ефективність виконання її функцій, таких як забезпечення швидкої та безпомилкової передачі даних, спільне використання ресурсів, забезпечення захисту даних, обмін електронною поштою в межах підприємства і в глобальних масштабах та ін. [1]. Однак на практиці реальна швидкість прийому/передачі даних виявляється суттєво нижче, ніж бітова швидкість, підтримував на технологію. Особливо актуальною ця проблема стоїть в бездротових мережах. Реальна пропускна здатність залежить від використовуваної технології, кількості абонентів у мережі, протяжності і якості каналів зв'язку, рівня електромагнітних перешкод, використовуваного мережного обладнання, протоколів і багатьох інших факторів.

Постановка задачі

Необхідно дослідити надмірність стека протоколів TCP/IP і її вплив на продуктивність КМ. Стек протоколів TCP/IP був розроблений з ініціативи Міністерства оборони США в 1983 році для зв'язку експериментальної мережі ARPAnet з іншими мережами як набір загальних протоколів для різноманітного обчислювального середовища. У сучасних мережах TCP/IP являє собою один з найпоширеніших стеків транспортних протоколів обчислювальних мереж. Тільки в мережі Internet об'єднано близько 10 мільйонів комп'ютерів по всьому світу, які взаємодіють один з одним за допомогою стека протоколів

TCP/IP. Проте розроблені більше 20 років тому протоколи не враховують повною мірою всіх особливостей сучасних КМ, такі як висока швидкість передачі (100Мбіт/с і вище), значна інтенсивність вузлів комп'ютерної мережі, активне використання бездротового середовища передачі та ін.

Однією з причин зниження продуктивності КМ є надмірність мережевих протоколів (наявність службової інформації), а також неефективний розмір мережевого пакету. В [1] проведений аналіз продуктивності КМ Ethernet залежно від використовуваного розміру поля даних. В результаті було встановлено, що корисна пропускна здатність Ethernet при використанні кадрів максимальної довжини складає 97,6% від номінальної бітової швидкості передачі, а при використанні кадрів мінімальної довжини - знижується до 54,8%. Розмір мережевого пакета і частка службової інформації можуть надавати істотний вплив на продуктивність КМ. Однак, проведений аналіз не враховував надмірності, що вноситься протоколами верхнього рівня стека TCP/IP.

Метою наукової статті є аналіз факторів, що впливають на продуктивність КМ, зокрема, вплив частки службової інформації, що додається в мережевий пакет на кожному рівні інкапсуляції стека TCP/IP, на пропускну здатність мережі, а так само аналіз методів підвищення продуктивності в сучасних КМ.

Фактори, що впливають на продуктивність комп'ютерної мережі

При аналізі всіх факторів, що впливають на продуктивність комп'ютерної мережі, були виділені наступні:

- метод множинного доступу до середовища передачі, що використовується конкретною

мережевою технологією, а також режим роботи: дуплексний або напівдуплексний;

- час очікування доступу до середовища передачі;
- надмірність мережевих протоколів або частка службової інформації в переданому мережевому пакеті;
- розмір міжкадрового інтервалу;
- алгоритм протоколу, що використовується для передачі даних: з підтвердженням або без підтвердження, якщо з підтвердженням, то яка конкретно реалізація (із зупинкою та очікуванням, з вибірковою підтвердженням, з використанням вікна передачі та ін.);
- ймовірність бітової помилки (якість лінії зв'язку) і, як наслідок, кількість (і обсяг) повторних передач;
- завантаженість комп'ютерної мережі, ймовірність втрати пакетів через перевантаження мережевого обладнання (комутаторів і маршрутизаторів) і, як наслідок, кількість (і обсяг) повторних передач;
- алгоритм реакції на втрату мережевого пакета, а також інформаційне забезпечення протоколу про причину втрати пакету (чи був він втрачений унаслідок перевантаження мережевого обладнання або ж відкинутий одержувачем через розбіжність контрольної суми внаслідок впливу електромагнітних завад).

В результаті проведеного переліку факторів можна зробити загальний висновок про те, що продуктивність транспортних протоколів з встановленням логічного з'єднання і з підтвердженням (типу *TCP - Transmission Control Protocol*), істотно залежить від ймовірностей спотворення мережевого пакету або його втрати внаслідок перевантаження мережевого обладнання, а також від інформаційного забезпечення протоколу про причини втрати і використовуюваного алгоритму реакції на перевантаження.

На продуктивність сучасних КМ, що використовують транспортні протоколи без встановлення логічного з'єднання і без підтверджень (наприклад, *UDP - User Datagram Protocol*), основний вплив має відношення обсягу службової інформації до обсягу корисних даних, а також інтервал

слідування мережевих пакетів. Проаналізуємо далі вплив на продуктивність КМ обсягу службової інформації, що вноситься ланцюжком *протоколів HTTP, TCP, IP, Fast Ethernet* внаслідок інкапсуляції.

Формат мережевих пакетів

Протокол Fast Ethernet. Кадр *Fast Ethernet* має такі поля [2]: преамбула (8 байт), адреса одержувача (6 байт), адреса відправника (6 байт), управління (2 байти), дані (від 46 до 1500 байт) і контрольна сума (4 байти). Таким чином, службові дані займають 26 байт, корисні дані: *min* 46 байт, *max* 1500 байт.

Протокол IP. Заголовок *IP*-пакета містить такі поля [4]: номер версії (4 біта), довжина заголовка (4 біта), тип сервісу (1 байт), загальна довжина (2байта), ідентифікатор пакету (2 байти), прапори (3біта), зсув фрагмента (13 біт), час життя (1байт), ідентифікатор протоколу верхнього рівня (1байт), контрольна сума (2 байти), адреса джерела (4 байти) і адреса призначення (4 байти), опції і вирівнювання (змінної довжини). Обсяг заголовка, як правило, становить 20 байт. У стандарті обмовляється, що всі комп'ютери повинні бути готові приймати пакети до 576 байт довжиною. Відправляти ж пакети розміром більш ніж 576 байт рекомендується, тільки якщо є впевненість, що приймає комп'ютер або проміжна мережа готові обслуговувати пакети такого розміру.

Протокол TCP. Сегмент *TCP* містить такі поля [4]: порт джерела (16 біт), порт приймача (16 біт), номер у послідовності (32 біта), поле підтвердження (32 біта), зміщення даних (4біта), прапори (6 біт), вікно (16 біт), контрольна сума (16 біт), покажчик пріоритетності (16 біт), опції (8 біт). Поле «дані» може бути відсутнім. Типовий обсяг заголовка складає 28 байт.

Протокол HTTP. Протокол *HTTP* використовує механізм передачі «запит – відповідь». Кожен запис/відповідь складається з трьох частин: стартового рядка, заголовків, тіла повідомлення (що містить дані запиту, запитаний ресурс або опис проблеми, якщо запит не був виконаний).

Стартовий рядок і заголовок запиту/відповіді зазвичай займають 100 - 125

байт. Крім того, стандартним кодуванням для протоколу *HTTP* є 7-ми бітне кодування *ASCII*. Тому для передачі одного символу російського алфавіту необхідно задіяти 2 байти або ж використовувати спеціальну 8-бітну систему кодування, наприклад *Win-251*.

Інша проблема полягає в тому, що *HTML*-сторінка крім даних містить службову інформацію у вигляді *HTML*-тегів, які є директивами браузеру за формою відображення даних. Дуже часто, обсяг, що займають *HTML*-теги (включаючи параметри) перевищує об'єм корисних даних в кілька разів. Проблема надмірності текстових протоколів *HTTP* і *SOAP* присвячена стаття [5].

Аналіз надмірності мережевих протоколів

Кожен пакет, переданий у КМ, крім даних містить службову інформацію, необхідну для правильної доставки інформації, що міститься в полі даних (адреса комп'ютера одержувача і відправника, тип протоколу, ідентифікатор програми сервера і клієнта, контрольна сума і ін.). У процесі інкапсуляції кожен протокол додає свою службову інформацію, яка не несе безпосередньо дані для користувача і, таким чином, знижує корисну пропускну спроможність мережі.

Необхідно відзначити, що, поле власне даних, як правило, має обмеження на мінімально і максимально допустимий розмір. Для мережевої технології *Fast Ethernet (FEth)* мінімально допустимий розмір поля даних складає 46 байт, а максимально допустимий - 1500 байт. Саме співвідношення частки службових і користувальницьких даних багато в чому визначає корисну пропускну здатність комп'ютерної мережі. Під корисною пропускну здатністю протоколу [3] тут приймається швидкість передачі даних, які переносяться полем даних кадру.

Крім того, мережеві пакети не можуть слідувати безпосередньо один за одним, утворюючи суцільний потік біт. Для їх поділу існує міжкадровий інтервал (*IPG*). Для мережевої технології *Ethernet* він становить 96 бітових інтервалів.

Таким чином, оптимальною є передача пакетів максимальної довжини, де частка

службової інформації по відношенню до корисних даних набагато менше.

Шляхи вирішення проблеми

Всі способи підвищення продуктивності комп'ютерних мереж умовно можна розділити на дві групи: технологічні та організаційні.

До першої групи відноситься розробка нових мережевих технологій з більшою бітовою швидкістю передачі, а також розробка більш економічних мережевих протоколів, в яких розмір поля даних може бути істотно більше обсягу службової інформації.

До другої групи відносяться методи оптимального планування та розробки комп'ютерних мереж на основі існуючих мережевих технологій, обладнання та протоколів, а саме:

- вибір більш швидкісної мережевої технології;
- установка більш продуктивного мережного обладнання;
- використання більш якісних каналів зв'язку (кабелю);
- оптимізація структури мережі;
- використання механізмів забезпечення якості обслуговування *QoS*;
- розподіл (балансування) навантаження декількома маршрутами.

Перераховані методи і засоби на сьогодні успішно застосовуються в дротових комп'ютерних мережах. Проте їх застосування для підвищення пропускну здатності бездротових мереж ускладнюється через ряд причин.

Аналіз проблем підвищення продуктивності в бездротових мережах.

Бездротові мережі характеризуються досить високою ймовірністю бітової помилки (*Bit Error Rate, BER*) у порівнянні з кабельними мережами через вплив електромагнітних перешкод. Для бездротових мереж *Wi-Fi* типовим значенням *BER* [6] є 10^{-5} , в той час як для комп'ютерних мереж на основі витой пари [2] це значення становить 10^{-7} , а при використанні оптоволоконного кабелю знижується до 10^{-9} . Таким чином, просте збільшення розміру поля даних призведе до підвищення імовірності спотворення всього пакета, що спричинить за собою повторну

передачу і, як наслідок, зниження корисної пропускної спроможності.

Одним з рішень у цьому випадку може бути фрагментація пакетів і постачання кожного пакета невеликим заголовком з адресною інформацією та окремою контрольною сумою. Тоді при спотворенні повторно необхідно буде передати не весь пакет, а окремий невеликий фрагмент. Очевидно, що фрагментація пакетів збільшує накладні витрати, тому кількість і розмір кожного фрагмента доцільно вибирати динамічно, залежно від поточного значення *BER*. Однак в сучасних бездротових мережевих технологіях, таких як *IEEE 802.11g*, поріг фрагментації може бути заданий лише статично.

Другою проблемою є те, що абоненти бездротової мережі працюють в одному діапазоні частот, розділяючи доступну пропускну спроможність між усіма комп'ютерами, підключеними до однієї точки доступу. Тобто бездротова точка доступу працює в режимі концентратора, а не комутатора.

Третьою проблемою є те, що бітова швидкість передачі в бездротових мережах не є фіксованою, а залежить від рівня потужності прийнятих/переданих даних. Тобто при видаленні абонента бездротової мережі від точки доступу швидкість передачі знижується.

Висновки

У результаті проведення аналізу протоколів стека *TCP/IP*, форматів переданих кадрів, розрахунку корисної пропускної спроможності комп'ютерної мережі (на прикладі протоколу *Ethernet*), аналізу факторів, впливають на продуктивність комп'ютерної мережі, було виділено ряд можливих способів підвищення продуктивності комп'ютерної мережі.

Таким чином, оптимальною є передача пакетів з максимальною довжиною поля даних (1500 байт при використанні мережевої технології *Fast Ethernet*). Але навіть у цьому

випадку корисна пропускна здатність не перевищує 87% від номінальної бітової швидкості передачі.

Найбільша ж надмірність проявляється в випадку передачі кадру мінімальної довжини, так як на передачу службових даних затрачається достатньо великий «ресурс мережі».

Однак просте збільшення розміру поля даних має зворотний ефект в бездротових КМ через негативний вплив електромагнітних перешкод. Підвищення продуктивності бездротових мереж є актуальною задачею і вимагає комплексного підходу до її вирішення, заснованого на динамічній зміні порогу фрагментації, оптимальному розподілі точок доступу, визначенні радіусів їх дії і виборі частотних каналів.

Список літератури

1. Причины снижения производительности компьютерных сетей [электронный ресурс]: http://opensource.com.ua/contents/978531800492_c.html
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 2-е изд. – С.-Пб.: Питер, 2003. – 864 с.
3. Таненбаум Э. Компьютерные сети. – С.-Пб.: Питер, 2002. – 848 с.
4. Стивенс У. Р. Протоколы TCP/IP. Практическое руководство. – С.-Пб: Невский диалект, 2003. – 672 с.
5. Анализ производительности коммуникационных протоколов SOAP и TCP / С.С. Мамутов, В.С. Харченко, М.С. Газал, А.В. Горбенко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2007. – № 8 (27). – С. 205-208.
6. Рошан П., Лизри Дж. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2004. – 304с.