

## ДОСЛІДЖЕННЯ І ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ МАРШРУТИЗАТОРІВ НА ОСНОВІ ОС WINDOWS 2000, FREEBSD, LINUX

© Костів О.Л., Чучко О.Ю. 2006

**Найпопулярнішою альтернативою комерційним маршрутизаторам є побудова маршрутизаторів на основі звичайних ПК з мережевими операційними системами і спеціалізованого маршрутизаційного програмного забезпечення. На основі статистичних даних проаналізовано роботу маршрутизаторів на основі ОС Windows 2000, FreeBSD та Linux.**

**The most popular alternative to commercial routers is the construction of routers on the basis of PCs, network operational systems and specialized routing software. In this article on the basis of the statistical data is analysed performance of routers on the basis of operational systems Windows 2000, FreeBSD and Linux.**

### Вступ

Інфокомунікаційні мережеві технології вражаюче швидко розвинулися за останні десять років. Ті з них, які раніше вважали надто дорогими або складними для малих і середніх компаній, тепер застосовують з величезною швидкістю. Пристрої міжмережевої взаємодії, а особливо маршрутизатори, – один з прикладів таких "технологій для великих компаній", що використовуються сьогодні навіть невеликими організаціями.

Розвиваючись і зростаючи, компанії шукають способи підвищити пропускну здатність власних локальних мереж. Зростання мереж, побудованих на повторювачах, призводить до збільшення проблем, пов'язаних із колізіями і ширококомовними штормами. Сегментування мереж за допомогою комутаторів або мостів лише частково вирішує проблему, адже мережеве обладнання 2-го рівня моделі OSI жодним чином не впливає на ширококомовний домен. Одним з найпопулярніших вирішень проблеми ширококомовних штормів стала сегментація локальних мереж за допомогою комутаторів з підтримкою VLAN або маршрутизаторів [1].

Більшість українських середніх та дрібних компаній не можуть дозволити собі сегментування мереж дорогими комерційними маршрутизаторами, такими як Cisco, Motorola Vanguard. Тому системні адміністратори використовують маршрутизатори, побудовані на базі ПК і ОС Windows 2000 Server, FreeBSD, Linux.

### 1. Постановка задачі

1. Дослідити і обґрунтувати вибір маршрутизаційного програмного забезпечення за такими основними параметрами: можливість застосування динамічної маршрутизації RIP і OSPF; зручність конфігурування, обслуговування і підтримки мережі; захищеність і фільтрування пакетів; доступність.

2. Розробити макет для тестування маршрутизаторів з використанням протоколів динамічної маршрутизації.

3. Дослідити і порівняти якісні характеристики маршрутизаторів під керуванням операційних систем Windows 2000 Server, FreeBSD, Linux : пропускну здатність, продуктивність роботи для різних протоколів динамічної маршрутизації.

### 2. Загальна характеристика досліджуваних ОС

Всі обрані операційні системи мають вбудовані служби маршрутизації. Операційна система Windows 2000 Server має вбудовану службу *Router*, яка підтримує протоколи динамічної

маршрутизації RIP і OSPF. Зазначимо, що хоча протоколи RIP та OSPF належать до внутрішніх або IRT (*Interior Router Protocol*) протоколів, що працюють в середині автономної системи (AS) та слугують для взаємодії маршрутизаторів при поділі AS на мережі та підмережі, Але належать до різного типу протоколів динамічної маршрутизації. Так протокол RIP належить до протоколів DVP (дистанційно векторних протоколів), функціонування якого полягає в розповсюдженні кожним маршрутизатором інформації про відстань до кожної з відомих йому мереж, а протокол OSPF – до типу LSP-протоколів (протокол стану каналу), функціонування яких базується на розповсюдженні топологічної інформації про мережу загалом, які передаються в службових повідомленнях „реклами стану каналів” LSA (*Link-states advertisement*) [2]. Тому було прийнято рішення про порівняння функціонування цих двох протоколів маршрутизації під керуванням різних операційних систем.

Хоча в базових конфігураціях Unix-систем є вбудований демон маршрутизації Routed, але він підтримує лише протокол RIP. Тому при дослідженні існуючих пакетів маршрутизації для операційних систем FreeBSD та Linux було вибрано на пакеті Zebra 0.95, який повністю задовольняє висунуті вимоги тестування.[3].

Zebra 0.95 – це розширений пакет програм, що реалізує протоколи маршрутизації і підтримує такі протоколи, як RIPv1, RIPv2, OSPFv2, BGP-4. Zebra має інтерактивний інтерфейс користувача для кожного протоколу маршрутизації і підтримує спільні клієнтські команди, які майже повністю відповідають командам маршрутизаторів Cisco. Служба маршрутизації в ОС Windows 2000 Server має власний графічний інтерфейс і конфігурування протоколів обмежується заданням відповідних параметрів.

На відміну від ОС Windows 2000 Server Zebra має вбудовану систему захисту, так звані Access Control Lists (ACL), які дозволяють фільтрувати трафік на основі протоколу, напрямку, порту і служби. Щодо доступності, то Unix-системи і програмний пакет Zebra постачають за ліцензією GNU General Public License – тобто є абсолютно безкоштовними.

### 3. Опис макета

Для дослідження маршрутизаторів на базі ПК і різних операційних систем було розроблено два макети. Перший макет реалізовано на основі двох безпосередньо з'єднаних тестуючих кінцевих точок (*Direct Connection*) на базі комп'ютерів типу P4 512 MB RAM під управлінням ОС Linux і безкоштовного програмного забезпечення *Iperf* для тестування сегментів мереж та маршрутизаторів, яке дозволяє змінювати довжину IP-пакета, що передається. Операційну систему Linux було обрано тому, що вона дає змогу маніпулювати довжиною IP-пакета безпосередньо з консолі робочої станції. У другому макеті кінцеві точки були рознесені в різні мережі і з'єднані між собою через ПК-маршрутизатор. Як маршрутизатор використовувався комп'ютер K-6 450MHz, 128 MB RAM (рис. 1).

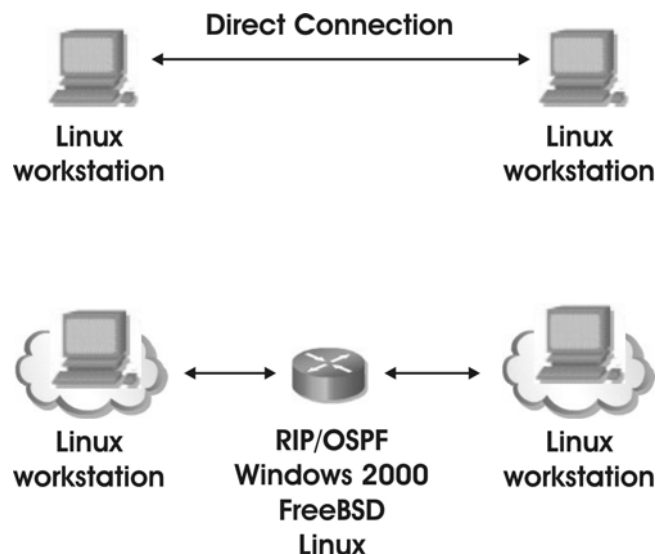


Рис. 1. Макети для тестування

#### 4. Методика тестування

Згідно з RFC 2544 (Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices) [4] під час тестування маршрутизаторів в Ethernet мережах, мають використовуватися IP-пакети, інкапсульовані в Ethernet кадри довжиною 64, 128, 256, 512, 1024, 1280, 1518 байт. Що включає мінімальну і максимальну довжину кадрів, дозволених стандартом Ethernet. Також, згідно з вище згаданою специфікацією, тестування має відбуватись за принципом чорної скриньки. Тому на ПК-маршрутизаторі, який тестували, одночасно було встановлено операційні системи Windows 2000 Server, FreeBSD v.5.3, Linux RH v.9.0 і відповідне маршрутизаційне програмне забезпечення, тобто всі параметри макета, окрім програмного забезпечення маршрутизатора були однаковими.

Тестування відбувалось в чотири етапи :

1. Вимірювання пропускної здатності між безпосередньо з'єднаними кінцевими точками (direct connection) на різних довжинах кадрів.
2. Вимірювання пропускної здатності і завантаженості центрального процесора маршрутизатора Windows, через який з'єднані кінцеві точки.
  - 2.1. На базі протоколу маршрутизації RIP [5].
  - 2.2. На базі протоколу маршрутизації OSPF [6].
3. Вимірювання пропускної здатності і завантаженості центрального процесора маршрутизатора FreeBSD, через який з'єднані кінцеві точки.
  - 3.1 На базі протоколу RIP.
  - 3.2. На базі протоколу OSPF.
4. Вимірювання пропускної здатності і завантаженості центрального процесора маршрутизатора Linux, через який з'єднані кінцеві точки.
  - 4.1 На базі протоколу RIP.
  - 4.2. На базі протоколу OSPF.

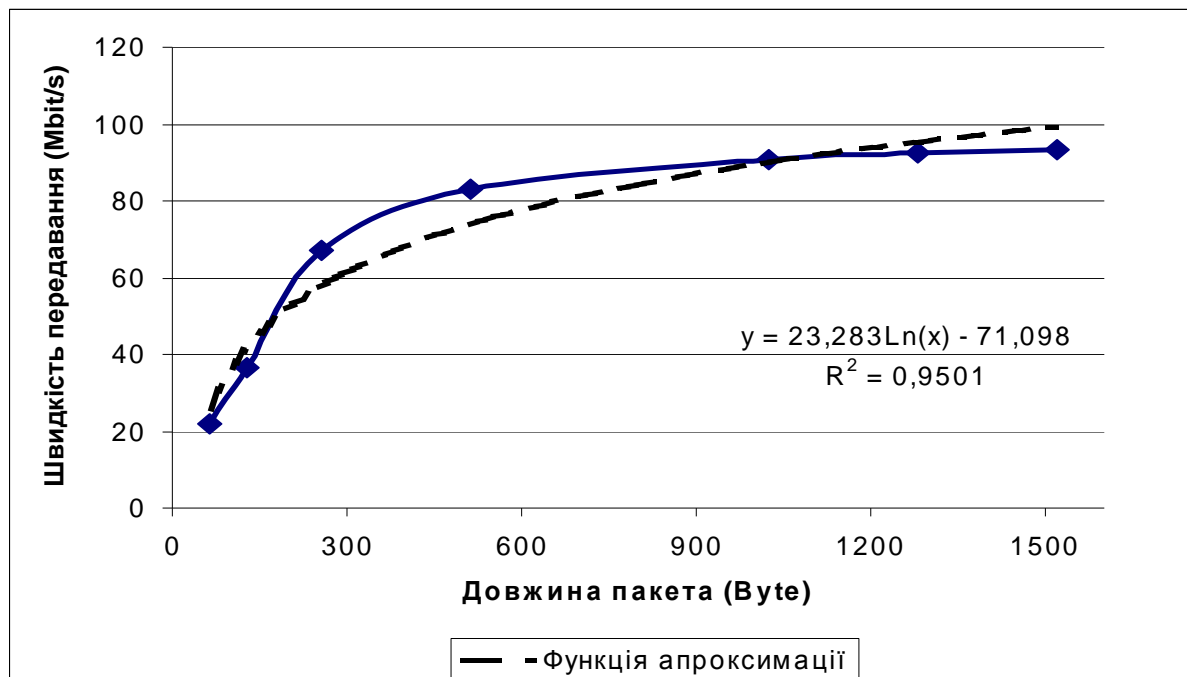


Рис. 2. Залежність пропускної здатності від довжини кадру при Direct Connect

#### 5. Аналіз одержаних результатів

Внаслідок проведених експериментів одержано результати, що показані на рис. 2–5.

Як видно з рис.2. пропускна здатність каналу зростає при збільшенні довжини кадрів, що передаються.

Графік, зображений на рис. 2 легко апроксимувати функцією типу

$$y = a \ln(x) + b, \quad (1)$$

де  $a$  і  $b$  – коефіцієнти апроксимації даної функції.

Точність апроксимації визначаємо за коефіцієнтом змішаної кореляції  $R^2$  – статистичним показником, що підсумовує понятійну здатність рівняння і зображає степінь варіації незалежної змінної, яка була врахована регресивним аналізом [7]. Коефіцієнт змішаної кореляції  $R^2$  розраховуємо за формулою

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (F_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}, \quad \text{де } R^2 \in [0 \div 1], \quad (2)$$

де  $\bar{Y}$  – середнє значення функції в точці  $t-1$ ;  $F_t$  – значення функції апроксимації в точці  $t$ ;  $Y_t$  – реальне значення графіка в точці  $t$ .

Тобто, як видно з рис. 2 залежність пропускної здатності каналу від довжини IP-пакета має чітку залежність і зростає при збільшенні розміру IP пакетів.

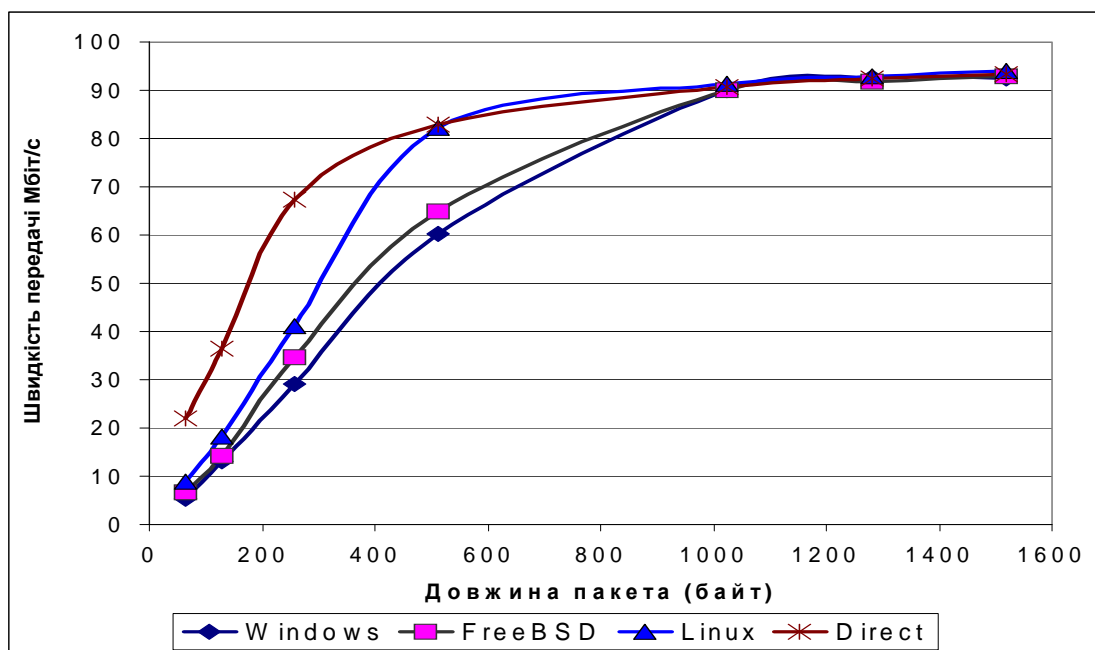


Рис.3. Залежність пропускної здатності між кінцевими точками при маршрутизації на основі протоколу RIP

На рис.3, 4 показано графік залежності пропускних здатностей між кінцевими точками, з'єднаними через маршрутизатори під управлінням операційних систем Windows, FreeBSD, Linux на основі протоколу RIP та OSPF від довжини кадрів, що передаються, та порівняння даних продуктивності роботи маршрутизаторів з режимом *Direct Connection*.

На основі аналізу можна зробити висновок, що пропускна здатність маршрутизаторів Windows, FreeBSD, Linux при передачі найменших 64 байтних кадрів зменшилася відповідно в 4,2; 3,2; 2,5 разів щодо результатів, отриманих між безпосередньо з'єднаними точками, а при передачі великих кадрів пропускна здатність суттєво не змінилася і становила приблизно 94% від максимальної теоретично можливої.

На основі порівняння рис.3. і рис.4. можна зробити висновок, що після того, як маршрутизаційне програмне забезпечення вивчить за допомогою протоколу динамічної маршрутизації

топологию мережі, воно передає таблицю маршрутизації операційній системі, яка і відповідає за маршрутизацію пакетів. А саме маршрутизаційне програмне забезпечення знаходиться в режимі прослуховування доти, поки не вичерпається відповідний таймер оновлення, або не буде отримана інформація про зміну топології мережі. Тобто при незмінній топології в невеликих мережах протоколи маршрутизації суттєво не впливають на пропускну здатність каналів зв'язку.

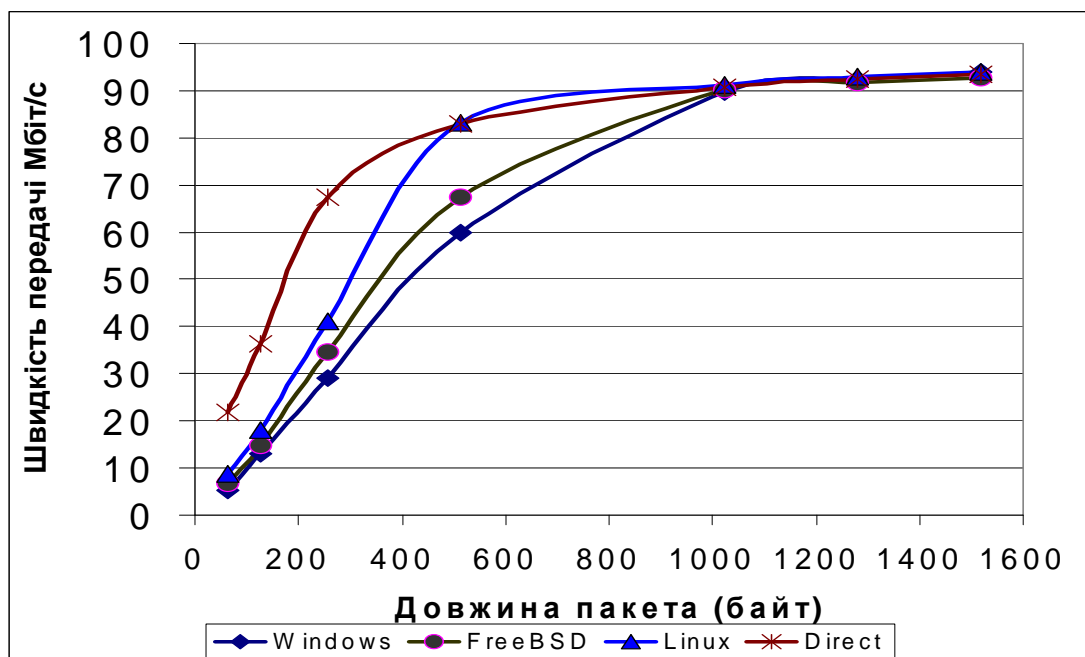


Рис. 4. Залежність пропускну здатності між кінцевими точками при маршрутизації на основі протоколу OSPF.

Також видно, що вже при довжині кадру 512 байт, маршрутизатор на основі ОС Linux перевищує показники своїх конкурентів Windows і FreeBSD на 28% і 19% відповідно і показує результати, співвимірні з тими, що були отримані при *Direct Connection*.

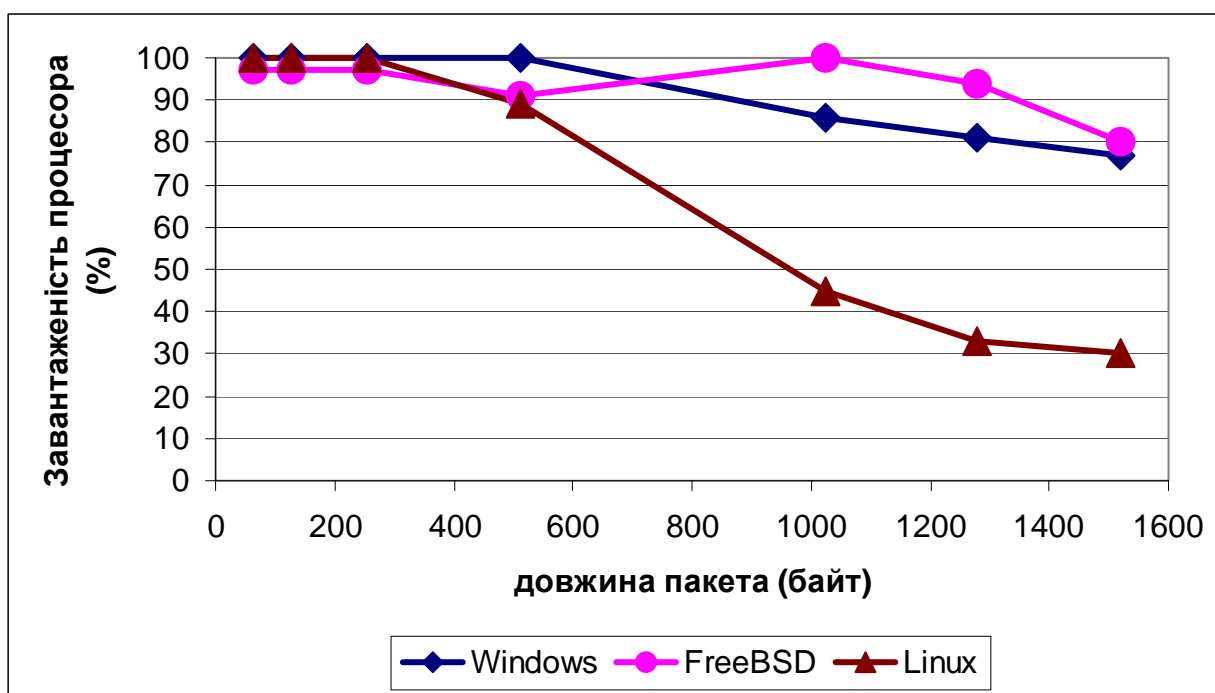


Рис.5. Залежність завантаження процесора від довжини кадрів

На рис. 5 показано залежності завантаженості центральних процесорів маршрутизаторів від роботи з кадрами різної довжини. Як видно з рис. 5 завантаженість процесора маршрутизатора на основі ОС Linux є суттєво нижчою, що можна пояснити внутрішньою будовою цієї операційної системи, зокрема моноядерною архітектурою, що дає змогу значно продуктивніше використовувати апаратні ресурси системи, а отже, значно продуктивніше розв'язувати задачі маршрутизації.

### Висновки

Проведені дослідження показали, що пропускна здатність каналів зв'язку має чітку залежність від розмірів IP-пакетів, що передаються в мережах. На основі проведених досліджень виведена статистична залежність швидкості передавання інформації в каналах типу FastEthernet залежно від довжини IP-пакетів.

Маршрутизатори на базі ПК можна використовувати для побудови корпоративних, кампусних, домашніх мереж. На основі аналізу рис.3, 4 і 5 можна зробити висновок, що хоча всі маршрутизатори на великих довжинах IP-пакетів показують непогані результати щодо пропускної здатності, але продуктивність їх роботи абсолютно різна. Так маршрутизатор під керуванням ОС Linux вже, починаючи з довжини кадру 512 байт, показує значно кращі показники і щодо пропускної здатності, і щодо продуктивності. При максимальній довжині кадру 1518 байт, маршрутизатор на основі ОС Linux перевищує показники своїх конкурентів Windows і FreeBSD по продуктивності на 47% і 50% відповідно .

Тому, якщо згадати, що і операційна система Linux і програмний пакет маршрутизації Zebra є безкоштовними, то однозначним переможцем в цьому дослідженні виявився маршрутизатор на основі ОС Linux. Крім того, на відміну від систем на основі операційної системи Windows, Unix-системи постачаються з відкритим програмним кодом, що дозволяє їх оптимізувати. Тому результати, отримані для Windows 2000 Server, на відміну від FreeBSD і Linux, є остаточними.

Також варто зауважити, що однією з переваг ПК-маршрутизаторів є те, що окрім функцій маршрутизації, вони можуть виконувати і інші завдання, що поставлені перед мережевими серверами, наприклад, підтримка служби DNS, Proxu, Billing тощо.

1. Кульгин М. *Технологии корпоративных сетей. Энциклопедия.* – СПб.: Питер, 2000. – 704 с.
2. Кучерявый Е. А. *Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет.* – СПб.: Наука и техника, 2004. – 336 с.
3. S. Bradner J. McQuaid, "Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices", Request for Comments 2455, Березень 1999,
4. Маршрутизаційне програмне забезпечення GNU Zebra 0.94, <http://www.zebra.org/>
5. G. Malkin, "RIP Version 2", Request for Comments 2453,
6. Lucmonad 1998, J. Moy, "OSPF Version 2", Request for Comments 2328, Квітень 1998.
7. Менаске Дэнниел, Алмейда Вергилио *Производительность Web-служб. Анализ, оценка и планирование: Пер. с англ.* – СПб: ООО "ДиаСофтЮП", 2003. – 480 с.