

УДК 004.333, 004.451, 004.457, 004.712

Загороднюк С.П.¹, Баужа О.С.¹, Шевченко Я.О.¹, Донець А.Г.²

¹ **Київський національний університет імені Тараса Шевченка**

² **Національний авіаційний університет**

ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧИХ МІСЦЬ В РЕЖИМІ БЕЗДИСКОВИХ РОБОЧИХ СТАНЦІЙ. НАЛАШТУВАННЯ І ПІДТРИМКА ПРОТОКОЛУ МЕРЕЖЕВОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ GRXE

разнообразных инженерских и офисных программ. В статье сформулирована необходимая последовательность действий по настройке терминального сервера LTSP, в частности впервые рассмотрен случай привязки службы SSH к произвольному порту протокола TCP. Приведены основные параметры потребления ресурсов и производительности программного комплекса.

The stable operation of software based on from the Linux Debian x86 operating system with installed LTSP terminal server and virtual machine management system Oracle VirtualBox is verified experimentally. The possibility of simultaneous connections to the server a large number of diskless workstations is demonstrated and execution the variety of engineering and office programs in Windows XP operating systems running as VirtualBox virtual machines is explained. The correct sequence of actions required for setting up a terminal server LTSP, in particular, the case when SSH service is bound to a random TCP protocol port is formulated in the article. The basic parameters of the resource use and software productivity are specified.

Ключові слова:

Вступ

Значна кількість підприємств і установ нашої держави мають великий парк

персональних робочих станцій і відповідний штат працівників, які можуть ефективно працювати лише використовуючи свої

Експериментально перевірено стабільну роботу програмного комплексу, сформованого з операційної системи Linux Debian x86 з встановленим термінальним сервером LTSP і системою управління віртуальними машинами Oracle VirtualBox. Продемонстровано можливість одночасного з'єднання з сервером великої кількості бездискових робочих станцій і виконання в операційних системах Windows XP, що працюють як віртуальні машини програми VirtualBox, різнопланових інженерських і офісних програм. В статті сформульовано необхідну послідовність дій по налаштуванню термінального сервера LTSP, зокрема вперше розглянуто випадок прив'язки служби SSH до довільного порта протокола TCP. Наведені основні параметри споживання ресурсів і швидкодії програмного комплексу.

Експериментально перевірено стабільную роботу программного комплекса, сформированного из операционной системы Linux Debian x86 с установленным терминальным сервером LTSP и системой управления виртуальными машинами Oracle VirtualBox. Продемонстрирована возможность одновременного подключения к серверу большого количества бездисковых рабочих станций и выполнения в операционных системах Windows XP, работающих как виртуальные машины программы VirtualBox.

комп'ютери і надійні стабільно функціонуючі щоденні інструменти. Очевидно, що підтримка програмного забезпечення, технічне обслуговування і оновлення комп'ютерної техніки своїх працівників є окремою статтею витрат для керівництва будь-якого підприємства або установи незалежно від форми власності. В умовах глибокої економічної кризи та різкого ускладнення політичної ситуації вкрай гостро стоїть задача скоротити ці витрати, але водночас зберегти трудовий колектив підприємства або установи. У першу чергу це стосується державних академічних, наукових, адміністративних та силових структур. Виявляється, що за наявності твердого бажання і рішучості системний адміністратор підприємства може самостійно налаштувати комп'ютери практично будь-якого покоління в режимі докорінно скоротити витрати підприємства на оновлення і технічне обслуговування комп'ютерів працівників, студентів, курсантів, школярів, слухачів лише за допомогою наявних підручних засобів і не використовуючи спеціалізоване високовартісне обладнання.

Актуальність

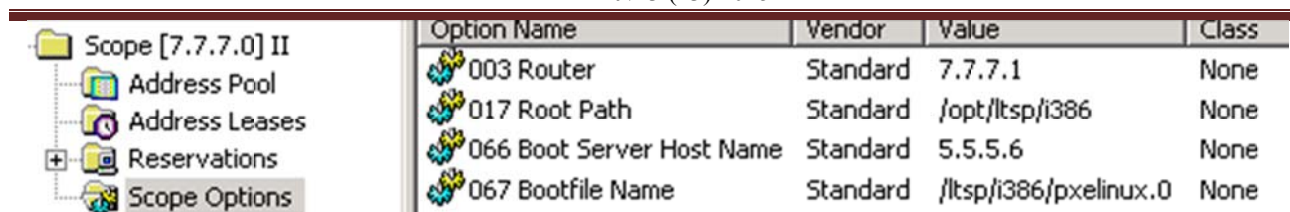
Стаття є другою і завершальною частиною циклу статей [1], присвячених технічним аспектам використання програми Linux Terminal Server Project (LTSP) [2-6] як термінального сервера з підтримкою завантаження тонких клієнтів. В статті [1] вся увага зосереджена на перевірку сумісності і швидкодії серверної частини LTSP-сервера. Стосовно LTSP-клієнтів у цій статті сказано, що загальний випадок, коли LTSP-сервер і LTSP-клієнти розміщені в різних і рознесених мережевих сегментах, буде висвітлено в окремій роботі. Дійсно, робочі станції як LTSP-клієнти на етапі тестування можуть бути оснащені енергонезалежними накопичувачами типу HDD/CDROM/FDD для завантаження стеку мережевого протоколу TCP/IP і приєднання до LTSP-сервера, але очевидно, що термін експлуатації саме цих електронно-механічних пристроїв приблизно на порядок менший за термін експлуатації всіх інших електронних немеханічних вузлів робочої станції, зокрема системної платою з процесором та модулями оперативної пам'яті.

Відповідно до сучасних світових тенденцій [7], докорінне продовження експлуатації персональних комп'ютерів може бути досягнуто лише завдяки повному вилученню із експлуатації накопичувачів HDD/CDROM/FDD. Замість них персональні комп'ютери повинні бути оснащені мережевим адаптером, що підтримує протоколи мережевого завантаження PrebootExecutionEnvironment (PXE) [8] або Etherboot [9]. Добре, якщо системна плата має вбудований мережевий адаптер з підтримкою одного з цих протоколів. Проте навіть в тому випадку, коли така мережева плата відсутня і системна плата комп'ютера зовсім не підтримує вказані протоколи мережевого завантаження, прогресивному системному адміністратору варто знати і вміти додатково налаштувати ці протоколи.

Науковою новизною статті є деталізований опис процедури завантаження робочої станції як LTSP-клієнта, чітко сформульовані умови налаштування служби DHCP [10], необхідної для цієї процедури, нарешті, наведена повна послідовність дій по налаштуванню протоколу gPXE для популярних і широкоживаних в усьому Світі мережевих адаптерів Realtek RTL8139C/RTL8139D і 3Com 3c905B, які одвічно цих протоколів не підтримують. Окрім того, продемонстрована можливість використовувати мережевий адаптер 3Com 3c905B як універсальний програматор для запису мікросхем ПЗП (англ. EEPROM), що є найбільш сучасними і зручними носіями програмного коду протоколів PXE і Etherboot.

Дослідження

Процедура завантаження LTSP-клієнта передбачає успішне виконання двох послідовних обов'язкових DHCP-запитів. Розглянемо загальний випадок, коли LTSP-клієнт розміщений, наприклад, в мережевому сегменті 7.7.7.0/24 з IP-адресою дифолтного шлюзу 7.7.7.1, а LTSP-сервер працює в іншому мережевому сегменті і має IP-адресу 5.5.5.6. В цьому випадку DHCP-сервер або агент ретрансляції DHCP-запитів [10] повинні бути розміщені в першому сегменті і налаштовані на будь-якій сучасній операційній системі, зокрема Linux, FreeBSD або Microsoft Windows Server.



Option Name	Vendor	Value	Class
003 Router	Standard	7.7.7.1	None
017 Root Path	Standard	/opt/ltsp/i386	None
066 Boot Server Host Name	Standard	5.5.5.6	None
067 Bootfile Name	Standard	/ltsp/i386/pxelinux.0	None

Рис. 1. Приклад налаштування DHCP-сервера в операційній системі Windows Server

Якщо DHCP-сервер налаштований на системі Microsoft Windows Server, в ньому повинен бути налаштований піддіапазон адресного простору 7.7.7.2-7.7.7.254 (див. рис. 1) і чотири обов'язкові параметри - 003, 017, 066 і 067. Одразу після увімкнення живлення системної плати мережевий адаптер з налаштованим протоколом PXE або Etherboot виконує перший DHCP-запит і реєструється в локальній мережі з IP-адресою, що належить діапазону 7.7.7.2-7.7.7.254. Використовуючи значення 7.7.7.1 DHCP-параметра 003 як шлюзу для з'єднання з віддаленими мережами, LTSP-клієнт з'єднується з сервером 5.5.5.6 за протоколом TFTP [9] і завдяки DHCP-параметрам 066 і 067 завантажує в оперативну пам'ять файл-образ **ftftp://5.5.5.6/ltsp/i386/pxelinux.0**. Параметр DHCP-сервера 017 на першому етапі не використовується. Завантаження файла-образа **pxelinux.0** триває приблизно 5 секунд. Одразу після завершення завантаження цей файл миттєво перетворюється у віртуальний RAM-диск ємністю приблизно 10 Мбайт і одразу починається другий етап - завантаження операційної системи Linux. Очевидно, що диск в 10 Мбайт є дуже малим для завантаження усієї операційної системи Linux з повним стеком протоколу TCP/IP і LTSP-клієнтом. Щоб обійти це обмеження, на другому етапі завантаження LTSP-клієнта його мережева плата ініціалізується, виконує другий DHCP-запит і реєструється в локальній мережі з тією ж IP-адресою діапазона 7.7.7.2-7.7.7.254, що і на першому етапі, але тепер система з'єднується до сервера 5.5.5.6 не за протоколом TFTP, а за протоколом NFS [9] і монтує до своєї файлової системи спільну

NFS-папку **/opt/ltsp/i386**, вказану в DHCP-параметрі 017. Оскільки ця папка зберігається на LTSP-сервері - її розмір є практично необмеженим, а отже завантаження системи Linux з LTSP-клієнтом успішно завершується упродовж 60 секунд і візуально нічим не відрізняється від завантаження системи Linux з локального жорсткого диска HDD.

Якщо DHCP-сервер налаштований не в системі Windows Server, а в системі Linux або FreeBSD, то аналогічні параметри служби DHCP повинні бути вказані в конфігураційному файлі DHCP-сервера **/etc/dhcp/dhcp.conf** виглядати наступним чином:

```
authoritative;
subnet 7.7.7.0 netmask 255.255.255.0 {
range 7.7.7.2 7.7.7.254;
next-server 5.5.5.6;
filename "/ltsp/i386/pxelinux.0";
option routers 7.7.7.1;
option root-path "/opt/ltsp/i386";
option subnet-mask 255.255.255.0;
option broadcast-address 7.7.7.255; }
```

Авторами експериментально встановлено, що файл-образ **pxelinux.0** підтримується обома сучасними протоколами віддаленого доступу - **Etherboot 5.4.4** і **gPXE 1.0.0** і навпаки, файл-образ **nbi.img** [1] жодним з перелічених протоколів не підтримується, а отже умовний оператор IF, одвічно встановлений в конфігураційному файлі **/etc/dhcp/dhcp.conf** програмою LTSP і наведений в першій статті [1], варто опустити і таким чином істотно спростити налаштування DHCP-сервера в системі Linux або FreeBSD.



Рис. 2. ПЗП-мікросхема Winbond W27C512 ємністю 64 Кбайт в корпусі DIP28 (ліворуч) і PLCC32 (праворуч)

Практично всі сучасні системні плати персональних комп'ютерів дозволяють користувачеві налаштувати параметри BIOS у такий спосіб, що операційна система може бути за довільним пріоритетом завантажена з накопичувачів USB, оптичних дисків CD/DVD, локальних жорстких дисків HDD або, нарешті, з мережевого адаптера за протоколом PXE. Наприклад, якщо PC оснащена локальним жорстким диском HDD з встановленою операційною системою, то в параметрах BIOS достатньо розмістити PXE-адаптер на перше місце в переліку пристроїв, доступних для завантаження операційної системи.

Проте доволі часто в розпорядженні системних адміністраторів знаходяться системні плати, які не мають відповідних параметрів BIOS і не передбачають можливість завантаження операційної системи за протоколом PXE. Виявляється, існує великий клас зовнішніх мережевих адаптерів, які з'єднуються з системою платою через стандартну шину PCI (Peripheral Component Interconnect) і при цьому мають спеціальну матрицю для оснащення мережевої плати додатковою мікросхемою з типом корпусу DIP (Dual In-line Package) на 28 або 32 ніжки, а також PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) на 32 ніжки (рис. 2). Ця мікросхема є постійним запам'ятовувачем (ПЗП, англ. EEPROM – Electrical Erasable Programmable Read-Only Memory) ємністю від 8 до 128 Кбайт.

Доволі часто виробники ПЗП-мікросхем метою збільшення сумісності і універсальності виготовляють одну й ту ж модель мікросхеми одночасно у DIP-корпусі та PLCC-корпусі (рис. 2). В статті наведено результати експерименту, успішно проведеного авторами

з ПЗП-мікросхемами DIP28 і DIP32 (рис. 3.). Аналогічно до виробників ПЗП-мікросхем, виробники зовнішніх мережевих адаптерів також доволі часто виготовляють одну й ту ж модель мережевого адаптера з матрицями DIP28 і DIP32 (рис. 3). Зокрема, авторами успішно налаштовано протокол gPXE для мережевого адаптера Realtek RTL8139C (рис. 3.) з ПЗП-мікросхемою корпусу DIP28, а також для мережевих адаптерів Realtek RTL8139D (рис. 3.) і 3Com 3C905B з ПЗП-мікросхемою корпусу DIP32.

Для того, щоб налаштувати протокол PXE для зовнішнього мережевого адаптера з інтерфейсом PCI, потрібно виконати правильну і чітку послідовність дій. Помилкове виконання будь-якого кроку автоматично перекреслює і зводить нанівець всі інші зусилля.

Першим кроком є визначення ємності ПЗП-мікросхеми і підбір такого мережевого адаптера, який має DIP- або PLCC-матрицю з відповідною кількістю ніжок. Другим кроком є визначення 16-бітного номера виробника (PCI Vendor ID) і 16-бітного номера пристрою (PCI Device ID). Ці номери можливо дізнатись під час роздрукованого на моніторі звіту системної плати безпосередньо перед завантаженням операційної системи або у властивостях пристрою в операційній системі Windows (впрограмі Device Manager). Зокрема, для обох мережевих адаптерів виробника Realtek, зображених на рис.3., номер виробника 10EC, номер пристрою 8139. Для мережевої плати 3Com 3c905B комбінація VendorID/DeviceID має значення 10B7/9055.

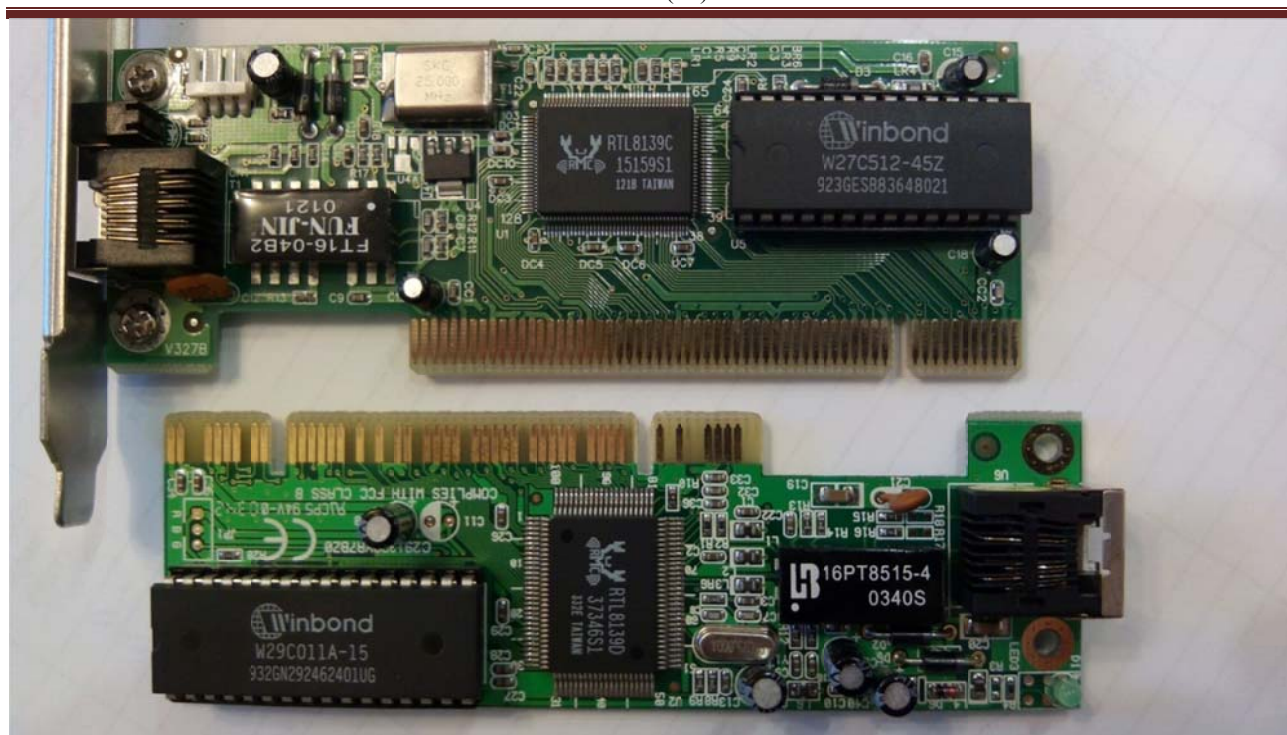


Рис. 3. Мережевий адаптер Realtek RTL8139C з мікросхемою W27C512 (64 Кбайт) в корпусі DIP28 (зверху) і мережевий адаптер Realtek RTL8139D з мікросхемою W29C011A (128 Кбайт) в корпусі DIP32 (знизу)

Третім кроком налаштування робочої станції як PXE-клієнта є знаходження спеціалізованої утиліти, якою мережевий адаптер робочої станції налаштовується на завантаження з встановленої в адаптер ПЗП-мікросхеми бінарного файлу, розмір якого повинен абсолютно точно дорівнювати ємності ПЗП-мікросхеми. В ході проведених авторами експериментів виявилось, що виробник Realtek забезпечив мережеві адаптери RTL8139C/RTL8139D утилітою RSET8139.EXE (рис. 4), а виробник 3Com забезпечив мережевий адаптер 3c905B утилітою 3C90XCFG.EXE (рис. 4). Обидві утиліти працюють в операційній системі DOS. На скріншотах рис. 4 добре видно, що мережеві адаптери RTL8139C/RTL8139D дозволяють прочитати з ПЗП-мікросхеми і завантажити бінарний файл з програмним кодом ємністю 8, 16, 32, 64 і 128 Кбайт, а мережеві адаптери 3c90X - 64 і 128 Кбайт. Це дозволяє зробити важливий висновок - під час вибору мережевих адаптерів потрібно перевірити існування спеціалізованої утиліти, яка дозволяє вимкнути функцію завантаження програмного коду з ПЗП-мікросхеми (Boot ROM Disabled), а коли потрібно - увімкнути її (Boot ROM Enabled) і при цьому чітко вказати ємність приєднаної ПЗП-мікросхеми. Очевидно, що ПЗП-мікросхема ємністю

256 Кбайт, наприклад Winbond W29C020, не буде працювати з вказаними мережевими адаптерами, які підтримують максимальну ємність ПЗП-мікросхеми 128 Кбайт, а записати до такої ПЗП-мікросхеми ємністю 256 Кбайт бінарний файл розміром 128 Кбайт неможливо.

Четвертим кроком налаштування робочої станції як PXE-клієнта є створення файлового образу, який повинен бути записаний до ПЗП-мікросхеми. Експериментально встановлено, що серед протоколів Etherboot, gPXE та iPXE найкращою 100-відсотковою сумісністю володіє протокол gPXE. Для генерації файлового образу протоколів gPXE та iPXE використовуються відкриті он-лайн веб-програми <http://rom-o-matic.net> (для gPXE) та <http://rom-o-matic.eu> (для iPXE), поточною стійкою і відлагодженою версією протоколу gPXE є версія 0.9.8 або 1.0.0. Зокрема, веб-програма <http://rom-o-matic.net> стабільно працює упродовж останніх 15 років і є вагомим підставою вважати, що вона буде і надалі підтримуватись упродовж тривалого часу. Перед тим, як згенерувати файл-образ для запису в ПЗП-мікросхему, варто перевірити сумісність програмного коду gPXE з конкретною моделлю мережевого адаптера (англ. NIC - Network Interface Card). Якщо PC оснащена накопичувачем FDD 1.44MB або

оптичним програвачем CD/DVD, то в веб-програмі потрібно обрати вихідний формат (outputformat) “**Floppybootableimage (.dsk)**” або “**ISO bootable image (.iso)**” відповідно, а також з випадуючого списку обрати модель наявного мережевого адаптера (NIC Type). Зокрема, автори успішно генерували і використовували образи для мережевих адаптерів rtl8139 і 3c90x. Після збереження на локальному жорсткому диск згенерований файл потрібно відобразити на дискету ємністю

1.44Мбайт (наприклад, за допомогою популярної утиліти **RawWriteWin.exe**) або на диск CD-R/DVD-R відповідно. Якщо протокол gPXE, завантажений з дискети або оптичного диска, працює добре, можна згенерувати файл-образ для ПЗП-мікросхеми, обравши вихідний формат “**ROM binary (flashable) image (.ROM)**”, модель мережевого адаптера (NIC Type) і безпомилково вказавши параметри VendorID/DeviceID цього адаптера.

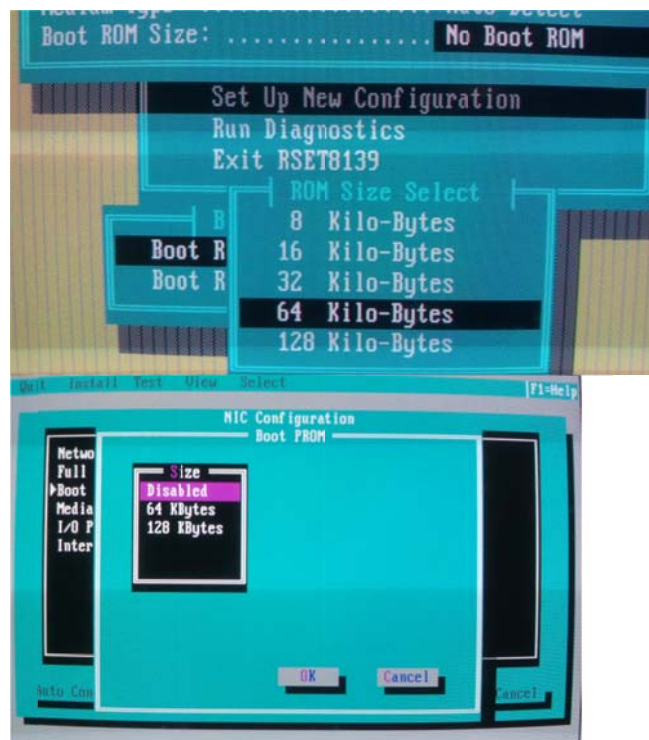


Рис. 4. Налаштування ємності ПЗП-мікросхеми в програмі RSET8139.EXE для мережевих адаптерів Realtek RTL8139C/RTL8139D (ліворуч) і в програмі 3C90XCFG.EXE для мережевих адаптерів 3Com 3C90X (праворуч)

Важливою умовою формування коректного файла-образа для програмування ПЗП-мікросхеми є доповнення цього файлу нульовим байтом ‘0x00’ до точного значення ємності цієї мікросхеми. Наприклад, якщо за допомогою веб-програми <http://rom-omatic.net> згенерувати файл 098.ROM з програмним кодом протоколу gPXE0.9.8 вихідного формату “**ROM binary (flashable) image (.ROM)**” для мережевого адаптера “rtl8139” з параметрами VendorID=’10ec’ і

DeviceID=’8139’ і не змінювати при цьому ніяких інших параметрів, доступних після натискання кнопки «Customize», то розмір вихідного файлу вийде 56320 байт. Для запису цього файлу 098.ROM в ПЗП-мікросхему W27C512 (рис. 2,3) ємністю 65536 байт, файл потрібно доповнити додатковими 9216 байтами ‘0x00’ (за формулою $65536 - 56320 = 9216$). Зокрема, в операційній системі Linux для цього можна виконати наступну команду:

```
tr '\0' '\377' < /dev/zero | ddb=1 conv=notrunc of=098.ROM seek=56296 count=9216
```

В результаті виконання цієї команди розмір файлу 098.ROM збільшується з 56320 до

65536 байт. Якщо той саме файл 098.ROM потрібно записати в ПЗП-мікросхему

W29C011A (рис. 3) ємністю 131072 байта, то його потрібно доповнити додатковими 74752 байтами '0x00' (за формулою $131072 - 56320 = 74752$ і за допомогою аналогічної команди).

П'ятим кроком налаштування робочої станції як PXE-клієнта є запис згенерованого на четвертому кроці файла-образу в ПЗП-мікросхему. ПЗП-мікросхеми корпусу DIP28 мають, як правило, ємність 16Кбайт (наприклад, 27C128), 32Кбайт (наприклад, 27C256) і 64Кбайт (наприклад, 27C512). Добре видно, що число після букви «С» означає ємність мікросхеми в кілобітах і для переведення в кілобайти це число потрібно поділити на 8. Букви перед 27 означають виробника мікросхеми, наприклад виробником мікросхеми AT27C512 є корпорація Atmel, а мікросхеми W27C512 (рис. 2) – Winbond.

ПЗП-мікросхеми корпусу DIP32 є більш сучасними за корпус DIP28 і мають ємність 64Кбайт, 128Кбайт (наприклад, W29C011A, рис. 3) і 256Кбайт. Для обох типів корпусів (DIP28 і DIP32) процедура очищення записаної раніше до ПЗП-мікросхеми інформації може відбуватись або завдяки електричними сигналами (для мікросхем EEPROM), або шляхом опромінення мікросхеми потужною ультрафіолетовою лампою (для мікросхем EPROM UV). Як правило, перед записом нової інформації в мікросхему EEPROM виконувати процедуру попереднього очищення не потрібно, адже записуюча програма автоматично знищує стару інформацію перед записом нової. Навпаки, мікросхеми EPROM UV вимагають ручну процедуру попереднього очищення і додаткове обладнання для цієї процедури. Очевидно, що більш сучасними і зручними модулям ПЗП-пам'яті є мікросхеми EEPROM, до яких належать переважна більшість ПЗП-мікросхем корпусу DIP32 і частина ПЗП-мікросхем корпусу DIP28.

Для програмування мікросхем EEPROM і EPROM UV з різними типами корпусів, в тому

числі DIP28 і DIP32, існує традиційний спеціалізований прилад – універсальний програматор. За співвідношенням ціна/якість найбільш привабливою моделлю сучасного програматора, що на цей час продовжує виготовлятися і є вільно доступною в українській та міжнародній торгівельних мережах, є популярна китайська модель TL866CS. Саме цим програматором авторами успішно записаний файл-образ ємністю 64Кбайт до ПЗП-мікросхеми W27C512 (рис. 2). Проте вартість цієї моделі програматора можна порівняти з вартістю материнської плати сучасного комп'ютера, а отже одразу піти на такі матеріальні витрати можуть далеко не всі бюджетні підприємства і установи.

Саму тут варто звернути увагу на те, що програмування найбільш популярних ПЗП-мікросхем можна виконати альтернативним шляхом взагалі без використання програматора. В операційній системі GNU/Linux існує спеціалізована утиліта **FLASHROM**, яка дозволяє використовувати різні периферійні пристрої комп'ютера, зокрема відеоадаптери, мережеві адаптери і навіть материнські плати для того, щоб приєднати до розніма DIP32 цих периферійних пристроїв ПЗП-мікросхему і записати в неї довільний бінарний файл. Для демонстрації надійності і стабільності роботи цієї утиліти автори багаторазово виконали операції зчитування і запису бінарних файлів до ПЗП-мікросхеми W29C011A (рис. 3), приєднаної до популярного мережевого адаптера 3Com 3C905B. Наприклад, для того, щоб в мікросхему W29C011A записати бінарний файл з ім'ям 098.ROM, потрібно в командній консолі операційної системи Linux виконати наступну команду:

```
flashrom -p nic3com -w 098.ROM
```

Результатом успішного запису файлу 098.ROM до ПЗП-мікросхеми повинен бути наступний консольний вивід:

```
Calibratingdelayloop..... OK.
FoundWinbondflashchip "W29C011A/W29EE011/W29EE012" (128 kB) on nic3com.
Readingoldflashchipcontents..... done.
Erasingandwritingflashchip..... Erase/writedone.
Verifyingflash..... VERIFIED.
```

Собівартість такого апаратного комплексу є незначною, а отже системний адміністратор будь-якого підприємства може придбати лише один екземпляр такого «інтелектуального»

мережевого адаптера на зразок 3Com 3C905B, використати його як програматор для прошивки довільної кількості ПЗП-мікросхем для мережевих адаптерів Realtek RTL8139D

(рис. 3), які, в свою чергу, здатні лише зчитувати з цих мікросхем програмний код протоколу gPXE і, таким чином, перетворити всі робочі станції підприємства на тонкі клієнти, сумісні з термінальним LTSP. Для того, щоб отримати повний перелік ПЗП-мікросхем, що підтримуються утилітою **FLASHROM**, потрібно виконати наступну команду:

flashrom-p nic3com -V

Якщо після успішно виконаних дій по налаштуванню мережевого адаптера з PXE-клієнтом такий адаптер приєднати до PCI-слоту системної плати комп'ютера, то незалежно від налаштованих в параметрах BIOS пріоритетів пристроїв завантаження комп'ютер все одно буде завантажено з файло-образа, записаного в ПЗП-мікросхему мережевого адаптера. Програмний код протоколу PXE перевизначає пріоритети пристроїв завантаження, визначені в параметрах BIOS. Користувачеві буде відображено упродовж кількох секунд (параметр **BANNER_TIMEOUT** веб-програми <http://rom-o-matic.net>) меню протоколу gPXE і запрошення натиснути комбінацію клавіш Ctrl-B. Якщо користувач ігнорує це запрошення – операційна система автоматично завантажується з пристрою, вказаному в параметрах BIOS системної плати. Якщо користувач натискає комбінацію Ctrl-B, то потрапляє в консольну командну оболонку протоколу gPXE і командою **"autoboot"** може ініціювати мережеве завантаження операційної системи з LTSP-сервера.

Якщо під час генерації файло-образа в веб-програмі <http://rom-o-matic.net> натиснути кнопку «**Customize**» і зняти чекбокс параметра **CONSOLE_PCBIOS**, то при натисканні комбінації Ctrl-B консольна командна оболонка взагалі не відображається і мережеве завантаження операційної системи ініціюється автоматично. Очевидно, що комбінація Ctrl-B потрібна для того, щоб зберегти можливість завантаження операційної системи з локального пристрою, не від'єднуючи при цьому мережевий адаптер від PCI-слоту системної плати.

Висновки

1. Перетворення робочих станцій підприємства на тонкі клієнти може докорінно скоротити витрати підприємства на технічне обслуговування, оновлення та налаштування ПЗ, адже тонкий клієнт лише відтворює для користувача зображення працюючої на сервері

прикладної програми. Таким чином, термін експлуатації тонкого клієнта є практично необмеженим.

2. Термінальний сервер і тонкі клієнти можуть бути розташовані в різних мережевих сегментах розгалуженого підприємства, навіть на різних континентах. Головною умовою є організована двонаправлена IP-маршрутизація даних між цими мережевими сегментами.

3. Мережевий сегмент, в якому розташовані тонкі клієнти, повинен бути забезпечений працюючою службою DHCP з додатково налаштованими параметрами, які є посиланнями на працюючий в іншому сегменті термінальний сервер.

4. Кожен тонкий клієнт повинен бути оснащений протоколами PXE або Etherboot. Якщо системна плата тонкого клієнта не підтримує ці протоколи, до вільного PCI-слоту системної плати тонкого клієнта можна приєднати додатковий мережевий адаптер, оснащений ПЗП-мікросхемою з програмним кодом протоколу PXE.

5. Для генерації файлів-образів з програмним кодом протоколу PXE існують глобальні веб-програми <http://rom-o-matic.net> і <http://rom-o-matic.eu>. Для запису згенерованих файлів-образів до ПЗП-мікросхем використовують спеціалізовані пристрої - універсальні програматори. Розмір файло-образа повинен абсолютно точно дорівнювати ємності ПЗП-мікросхеми, до якої цей файл записується.

6. Периферійні пристрої комп'ютера, що мають рознім DIP32 або PLCC32, зокрема материнські плати, відеоадаптери, SATA-адаптери та мережеві адаптери можуть бути використані як рівноцінна бюджетна альтернатива універсальному програматору, що дозволяє виконати програмування ПЗП-мікросхем конкретної моделі, ємності та відповідного типу корпусу.

Список використаних джерел

1. Загороднюк С.П. Організація робочих місць в режимі бездисківих робочих станцій на основі програми LTSP. Налаштування сервера, тестування сумісності і швидкодії / С.П. Загороднюк, Я.О. Шевченко, О.С. Баужа, А.Г. Донець // Інженерія програмного забезпечення. – 2015. – №2 (22). – С. 49 – 55.

2. Linux Terminal Server Project - How To / Standard Debian LTSP installation on recent versions of Debian. – 2014. – Режим доступу: <https://wiki.debian.org/LTSP/Howto>

3. Настройка терминального сервера на примере LTSP и Linux CentOS 5.4 //Проект «Хабрахабр»: – 2010. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/93228>

4. How to create a Ubuntu 12.04 x64 LTSP server with 32bit thin clients // The Fan ClubProject. – 2012. – Режим доступа: <https://www.thefanclub.co.za/how-to/how-create-ubuntu-1104-x64-ltsp-server-32bit-thin-clients>

5. Ubuntu LTSP. – 2015. – Режим доступа: <https://help.ubuntu.com/community/UbuntuLTSP>

6. OpenSUSE KIWI LTSP // SUSE Project: – 2015. – Режим доступа: <https://ru.opensuse.org/LTSP>

7. Russell J. OpenThinClient /J. Russell, R. Cohn. – Bookvika Publishing, 2012. – 100 p.

8. SurhoneL.M. GPXE /L.M. Surhone , M.T. Tennoe , S.F. Henssonow. – Betascript Publishing, 2010. – 68 p.

9. Стахнов А.А. Сетевое администрирование Linux / А.А. Стахнов – СПб:ВНУ-Петербург, 2004. – 480 с.

10. Одом Е. Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCENT/CCNA ICND1 100-101 / Е. Одом. – Киев: Вильямс, 2015. – 912 С.

Інформація про авторів:



Загороднюк Сергій Петрович – кандидат фізико-математичних наук, асистент кафедри комп'ютерної інженерії факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем КНУ імені Тараса Шевченка. Наукові інтереси:

E-mail: kola@univ.net.ua



Шевченко Ярослав Олександрович – студент 6 курсу кафедри комп'ютерної інженерії факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем КНУ імені Тараса Шевченка. Наукові інтереси:

E-mail:



Баужа Олександр Стасисович – кандидат фізико-математичних наук, асистент кафедри комп'ютерної інженерії факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем КНУ імені Тараса Шевченка. Наукові інтереси:

E-mail:



Донець Андрій Георгійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри логістики, факультету менеджменту і логістики НАУ. Наукові інтереси:

E-mail: