

# 具備容錯機制及多連外線路之叢集式郵件伺服器系統

謝仁瀚 廖享進

長庚大學

seiko@mail.cgu.edu.tw

peterkim@stmail.cgu.edu.tw

## 摘要

目前網路上對於電子郵件相關研究議題已相當繁多，但是多侷限於其應用的層面做探討，少有針對伺服器架構做探討，尤其對於能夠提高電子郵件系統的效能與穩定度的分散式系統架構探討的並不多見，主要的原因在於分散式電子郵件伺服器需考慮帳號認證、信件資料同步、網域名稱的一致性。另外，如果單純只考量伺服器本身的效能及穩定度，若未將網路連線的媒介一併考量，一旦網路斷線，效能與穩定度再好的伺服器架構其結果也將會英雄無用武之地。

為了要克服這些問題，本研究希望能就開放式原始碼技術，提出一套高效率低成本又能透過不同的 ISP 骨幹線路提供郵件資料流容錯機制的完整電子郵件伺服器架構模式。最後，利用多條連外骨幹的網路環境，我們實作了一個電子郵件伺服器系統，從實際測試數據及狀況模擬實驗中，我們驗證了該系統的確能改進效能，並且達到容錯機制的目的。

**關鍵詞：**叢集式郵件伺服器、多線路備援、Mail Cluster、Mail filtering、VRRP。

## 1. 緣由及動機

近年來由於網際網路的技術快速發展，使得人類社會邁進了另一次的工業革命，而電子郵件是網際網路重要的應用之一，大量各式各樣的不同資訊可藉由網路電子郵件瞬間傳遞到地球上的任一角落，對企業組織更是資料或商業文件往來訊息的重要管道。因此電子郵件的運作必須緊密無間，所以網路與伺服的穩定性及容錯機制，就成為系統管理者很重要的課題與極大的挑戰。本論文即是針對這部份所做的技術性研究。

一般而言對於系統線路斷線，解決方案是租用一條以上不同 ISP 的線路，除了可以提高線路的可靠性(reliability)和可用性(availability)以外，也可避免因單一 ISP 的故障而造成線路全部不通的窘境，然而這樣卻又會遇到不同 ISP 網段無法整合的問題。從技術面來看，為了解決這種問題，須購買昂貴且能夠支援 Inbound 與 Outbound 的 Multi-homing 網路設備，只是其成本所費不貲，實行上並不容易。所以若要提供電子郵件伺服器之

分散式建構但又能提供傳輸路徑容錯機制的考量就更為複雜。原因在於須考量路徑分散後，不同 ISP 其網路位址不同、整體 Outbound 與 Inbound 資料流如何整合處理的問題。

但是傳統的單機的伺服器在面對現今各種多媒體訊息傳送資訊量的增加(包括影像、聲音及視訊，如:VoiceMail)以及層出不窮的電子郵件病毒風暴攻擊之下，常常承受不了負荷而當機，已經無法應付需求。雖然直接把伺服器硬體升級或是直接換成更高階等級的機器，似乎是一種解決的方案，但替換成更高階機器除了價格昂貴之外仍有著諸多缺點：如每次系統須重新安裝、信件及帳號資料的轉移、設定上的煩瑣，及硬體設備的發展往往不及於網路使用者及使用量的成長。較可行的方法則是以分散式伺服器架構來解決此一問題，不僅僅可以將工作分配到不同之各伺服器上，在未來當負載(load)增加時，只要增加一台伺服器來參與運作，而且不影響原本已經在運作的伺服器群組；而對使用者端而言，更不需要更動任何的設定，即可達到服務的要求。

## 2. 相關研究探討

虛擬路由備援協定(Virtual Router Redundancy Protocol, VRRP)是在 1998 年於 RFC 2338 被提出，當初主要是被設計在路由器用來消除靜態的預定路徑環境中單一失效點(Single point of failure)的問題。VRRP 指定一個選舉協定動態的分配責任給網路上 VRRP 路由器上的一個 Virtual Route。VRRP 路由器中控制這些與 Virtual Route 有關係的 IP 地址被稱為 Msaster，週期性的送出 VRRP 宣告訊息，備份 Router 則不會佔用主要路徑，除非備份 Router 有更高的優先權。這也可以避免路徑分散，除非有更適合的路徑。如果主要路由器當機或路徑不通時，據最高優先權的備份 Router 會在短暫延遲後取代主要路由。本系統架構中電子郵件伺服器主機上，除了傳統的 SMTP 協定之外，我們也利用了虛擬路由備援協定來實做系統內相關主機的 fail over 機制。

## 3. 系統建置

在系統建置方面我們選擇 Linux-Mandrake 作業系統當做我們的平台，因為 Linux-Mandrake 是開放式原始碼，我們可以很輕易的取得，並且免

費的使用它，尤其是其在網路應用上可以輕易的將 PC 變身為絕佳的伺服器。

### 3.1 系統架構

本系統架構圖如圖 1：

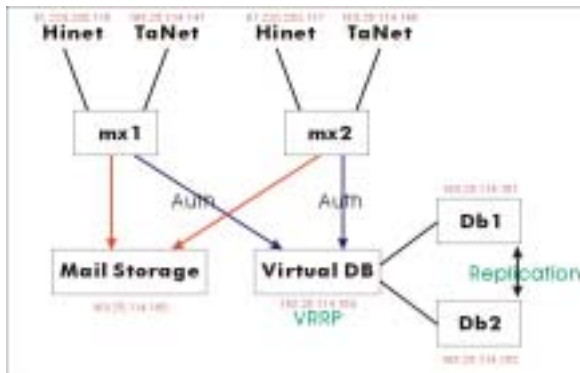


圖 1. 系統架構

圖 1 之架構中，Hinet 為 Hinet ISP 的線路，TaNet 為台灣學術教育網路的線路，各個伺服器所掌握的功能如下：

- (1) Db1 和 Db2 為資料庫主機(MySQL)，在此存放使用者資料；兩台資料庫之間進行 Replication 的機制保持資料同步，並也運行 Vrrpd 去產生在同一個 LAN 上的 Virtual DB Server。
- (2) Virtual DB 為實際上不存在的主機，其為 Db1 和 Db2 運行 Vrrpd 後在同一個 LAN 上所共同 Listen 的第三個 IP。
- (3) mx1 和 mx2 主機為整體系統的 SMTP Server 和 POP3 Server，SMTP 部分運行 Postfix 將外界送到 @mx.cgu.edu.tw 的信件儲存到後端的 Mail Storage，同時也接受使用者對此系統的發信請求將內部信件送發至外地。POP3 部分運行 Qpopper 接受使用者的 POP3 連線，進行取信動作。兩台主機上同時也執行了 Open Web Mail 軟體，提供使用者透過瀏覽器存取信件。同時兩台主機也運行 Vrrpd 進行 fail over 的機制。
- (4) Mail Storage 為一台具備儲存功能並提供 nfs 功能的 Disk Array Server，此 Server 可以是一個 Raid5 磁碟陣列也可以是一台 NAS，並將該儲存信件的檔案目錄以 nfs 的方式提供給 mx1 和 mx2 存取。

為了方便整體架構上的說明，因此我們也在此標示各伺服器的 IP 位址，方便後續說明相關架構設定。

- (1) Db1 : 163.25.114.151  
Db2 : 163.25.114.152
- (2) Virtual DB : 163.25.114.150

- (3) MX1-TaNet eth0 : 163.25.114.147  
MX1-Hinet eth1 : 61.220.230.118  
MX2-TaNet eth0 : 163.25.114.148  
MX2-Hinet eth1 : 61.220.230.117  
Mail Storage : 163.25.114.160

首先，在 name.conf 中，options 裡面加入 rrset-order 的方式為如下：

```
rrset-order {class IN type ANY name "cgu.edu.tw"; order cyclic;order random;};
```

然後在網域名稱系統上登記每筆主機記錄

```
$ORIGIN cgu.edu.tw.
mx IN MX 10 mx1.cgu.edu.tw.
mx IN MX 10 mx2.cgu.edu.tw.
mx IN A 163.25.114.147
mx IN A 61.220.230.118
mx1 IN A 163.25.114.147
mx1 IN A 61.220.230.118
mx2 IN A 163.25.114.148
mx2 IN A 61.220.230.117
```

### 3.2 斷線警示機制

我們分別為各伺服器設定一個 ISP 為主要的出口，但是當這一 ISP 發生斷線時，會自動改到另一個 ISP 出口。所以必須有一監控斷線的機制，當一斷線便會自動變更 Default routing，本研究用 perl 寫了一隻偵測程式及 shell script 處理此機制，利用 Probe Default routing state 以及 Probe isp server state 的動作，除了能得知線路的狀況外，藉由 Probe 的動作，亦可視為 health check 的方式，一旦發現線路有斷線發生，便自動更改 server routing table，改從替代線路來提供傳送服務，這時對使用者而言，不需更改任何設定，仍可正常進行工作，系統並會在此時發送警示訊息通知管理員。



圖 2. 斷線警示程序概念圖

### 3.3 資料庫

之所以擇使用 MySQL 作為此郵件系統的資料庫，主要取決於 MySQL 資料庫對 select 這個 SQL 指令的效率極高；同時在 SQL 指令不複雜的情況下，執行速度也相當快。

mail 資料庫裡使用三個表格，第 1 個 alias 表格作為來信位址比對轉信使用，第 2 個 transport 表格作為 Postfix 鑑別來信 Domain 並判斷是否該使用其 child daemon：virtual，來處理全部系統的虛擬郵件，第 3 個表格主要為使用者在此系統中的相關帳號資料，Database ER-Model 如下圖 2：

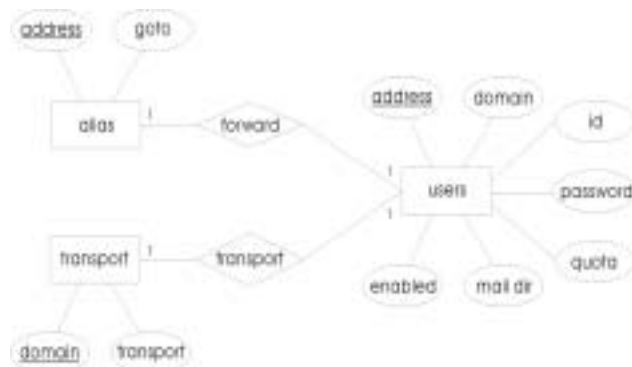


圖 3. 資料庫 ER-Model

- (1) transport：存放郵件系統主管的網域資料，並可由此判斷哪些網域交由 Postfix 的哪一個 child daemon 處理。
- (2) alias：存放使用者 E-mail 位置和欲轉信的 E-mail 位置。
- (3) users：存放與使用者相關的資料，表格結構為：帳號名稱(id)，經過 crypt 加密過後的密碼(password)，完整電子郵件地址(address)，所屬網域(domain)，信件儲存目錄(mail dir)，信箱容量(quota)，信箱開關(enabled)，例如 A 生在 query 裡的資料為 (b8944003, encrypted password, b8944003@mx.cgu.edu.tw, mx.cgu.edu.tw, /var/spool/mail/mx.cgu.edu.tw/, 1)。

本資料庫的 Schema 為一個基本的 Mail System 運作所需要的基本 Schema，一般使用上管理者還可以再新增 table，以 address 欄位作為關連欄位，根據組織或團體的使用特質，額外記錄使用者的相關其他資訊。

Db1 和 Db2 的 Database Schema 相同，並進行 replication 動作。Db1 Sever 和 Db2 Server 互為 Master/Slave，進行 Two-way replication 保持兩資料庫資料同步，預備當 Db1 Server 損壞或線路異常時，Db2 Server 就能以跟 Master Server 同步後的資料並接手其服務。為了能讓兩資料庫間的資料都能互相傳輸，我們先在 Db1 和 Db2 的資料庫上都先建立一個專門用來進行 Two-way replication 動作的資料庫帳號，並設定 MySQL 的 replication 動作，設定檔 my.cnf 如圖 3，db2 設定檔 my.cnf 與 Db1 也相同，只需更改 server-id 和

master-host 兩個參數，如圖 4：

```
[mysqld]
datadir=/var/lib/mysql
socket=/var/lib/mysql/mysql.sock
##comment out the following line to be slave
server-id=1
master-host=163.25.114.151
master-user=repli
master-password=repli
master-port=3306
log-slave-updates
master-connect-retry=60
replicate-do-db=mail
##comment out the following line to be master
log-bin
sql-bin-update-same
binlog-do-db=mail

[mysql.server]
user=mysql
basedir=/var/lib

[safe_mysqld]
err-log=/var/log/mysqld.log
pid-file=/var/run/mysqld/mysqld.pid
```

圖 4. Db1 - my.cnf 設定

同時我們分別在 Db1 和 Db2 Server 上各自執行 vrrpd，利用 Virtual Router Redundancy Protocol 去啟動 Virtual DB Server，指令如下：

```
vrrpd -i eth0 -v 50 -n 163.25.114.150
```

Virtual DB 設定完畢，從此之後 Db1 成為 Virtual DB 的 Master Database，當 Db1 因為機器或線路關係當機的時候，平時待機只作 replication 動作的 Db2 就會自動接續 Virtual DB 的運作。

### 3.2 郵件傳遞主機 mx1、mx2

mx1 和 mx2 主機在 SMTP、POP3、Storage 方面的設定都一模一樣，只在於做備援機制的 vrrpd 相關設定有所不同。在 SMTP 部分主要使用 Postfix 作為其 MTA，之所以選擇 Postfix 是著眼於他的資料庫設定方便和穩定卓越的效能；在 Pop3 方面我們使用 Qpopper 作為其 Pop3 的取信 daemon，之所以選擇 Qpopper 是因為其資料庫存取設定簡單且安全性高；信件儲存方面，全部的 Mail 主機都用 NFS 的方式 Mount 遠端 Mail Storage 主機上的 Raid Disk 為目錄 /var/spool/mail，達到信件資料同步；fail over 機制我們一樣使用 vrrpd。

Postfix 方面，首先在資料庫中開立 postfix 帳號作為 MTA 向資料庫做 query 動作的登入帳號，然後設定來信時先判斷該信件是否轉信，若否則判斷郵件地址中的 domain 是否為本系統所接受的 domain，若否則丟棄，反之則 select 資料庫中的 transport 表格中的 transport 欄位以何種 child daemon 處理信件，由於我們的帳號都在資料庫上，視為一個虛擬郵件系統，因此使用 virtual 作為處理信件的 child daemon，同時並設定其相關虛

擬郵件的相關後續處理設定，設定檔 main.cf 如圖 5：

```
mydestination = localhost, $sayhostname, localhost.$saydomain,
mysql/etc/postfix/mysql-mydestination.cf

local_recipient_maps = unix:passwd.byname:$alias_maps
$virtual_mailbox_maps

##### MySQL #####
virtual_mailbox_base = /
virtual_mailbox_maps = mysql/etc/postfix/mysql-virtual-maps.cf
virtual_maps = mysql/etc/postfix/mysql-virtual.cf
virtual_uid_maps = static:33333
virtual_gid_maps = static:33333
transport_maps = mysql/etc/postfix/mysql-transport.cf
virtual_mailbox_limit = 20000000
virtual_mailbox_limit_maps = mysql/etc/postfix/mysql-quota.cf
virtual_mailbox_limit_override = yes
```

圖 5 main.cf 設定內容

Qpopper 部分，接受使用者發出的 Pop3 取信要求，到資料庫中去作帳號認證的動作，然後再從資料庫中取出該使用者儲存郵件的目錄位置，並到 Mail Storage 主機目錄上取信，完成取信動作。設定檔 mysql-qpopper.conf 如圖 7：

```
MysqlAuthHost      163.25.114.150
MysqlAuthPort      3306
MysqlAuthDb         mail
MysqlUsername       postfix
MysqlPassword       postfix
MysqlAuthTable      users
MysqlAuthPasswordMethod crypt
MysqlAuthUsernameField id
MysqlAuthPasswordField password
MysqlAuthUid        33333
MysqlAuthGid        33333
MysqlAuthAcctStatusField enabled
MysqlSpoolField     maildir
```

圖 7 mysql-qpopper.conf 設定內容

主機備援部分利用 vrrpd，實做 fail over 機制，這個動作是專門針對使用者而設計的。因為 MTA 本身就有 MX Record(mail exchange)的相關機制再搭配我們 DNS 設定上的 round robin 設計，任何一條線路或機器損壞均能正常收進網域外 MTA 送進來的信。但使用者此時如從 DNS 上 query 到的 IP 為意外損壞的機器，將無法連接到本系統收發信，因此我們在系統上使用 vrrpd，讓一般使用者收發信的時候是透過利用 Virtual Router Redundancy Protocol 架構出的系統，讓 mx1 和 mx2 主機互為 Master/Slave，既可以同時運作又互為備援，這樣就可以在任何一台機器異常的狀況下，仍然正常的讓使用者收發信。mx1 和 mx2 主機的 vrrpd 設定內容和順序如下：

- (1) mx1：vrrpd -i eth0 -v 50 -n 163.25.114.147
- (2) mx2：vrrpd -i eth0 -v 50 -n 163.25.114.147
- (3) mx2：vrrpd -i eth1 -v 50 -n 61.220.230.118
- (4) mx1：vrrpd -i eth1 -v 50 -n 61.220.230.118

信件儲存部分，遠端 nfs mount Mail Storage

主機上開放出來的 nfs 目錄於 /var/spool/mail 下，做到信件資料同步。

### 3.3 網頁收發信機制

由於現今電子廣告郵件流竄，因此一個安全性良好的 Mail System 都會限定發信端的 IP 範圍，不讓自己的主機系統成為廣告信氾濫的溫床。但當此 E-mail 系統的使用者不在該 IP 範圍內，便無法使用此 Mail 系統收發信，因此在 mx1 和 mx2 主機上也運行 Openwebmail 來提供 WebMail 的服務，採用 Openwebmail 是因為他有良好的使用者介面和強大的個人行程管理和信件過濾機制，同時還可以將 mail quota 做為網路硬碟使用，讓 Mail System 的附加價值性大大提高。

由於系統採用虛擬郵件架構，因此使用 Openwebmail 認證模組中的 auth\_mysql.pl，並修改設定如圖 8：

```
my $SQLHost = "163.25.114.150";
my $sqlusr = "postfix";
my $sqlpwd = "postfix";
my $auth_db = "mail";
my $auth_table = "users";
my $field_username = "address";
my $field_password = "password";
my $field_realname = "id";
my $field_uid = "33333";
my $field_gid = "33333";
my $field_home = "maildir";
my $pass_type = "crypt";
```

圖 8. auth\_mysql.pl 設定內容

同時為了讓系統能正確的處理虛擬郵件系統所負責的網域認證備份，修改 Openwebmail 的主組態設定檔 openwebmail.conf 如圖 9：

```
domainnames      mx.cgu.edu.tw
auth_module      auth_mysql.pl
mailspooldir     /var/spool/mail
dbm_ext          .db
dbmopen_ext      none
ow_cgidir        /var/www/cgi-bin/openwebmail
ow_cgidir        /cgi-bin/openwebmail
ow_html_dir      /var/www/html/openwebmail
ow_html_dir      /openwebmail
logfile          /var/log/openwebmail.log
spellcheck       /usr/bin/aspell
default_language zh_TW.Big5
atlimit          5120
default_trashreservedays 1
enable_changepwd yes
auth_withdomain yes
enable_domainsselectmenu yes
enable_autoreply no
enable_setforward no
```

圖 9. openwebmail.conf 設定內容

在系統相對應的虛擬網域配置目錄 sites.conf 下配置 mx.cgu.edu.tw 設定檔如圖 10：

```

domainnames      mx.cgu.edu.tw
mailspooldir     /var/spool/mail/mx.cgu.edu.tw/
<default_signature>
--
You can put your personal information here...
</default_signature>

```

圖 10. mx.cgu.edu.tw 設定內容

為了能使每個使用 Web Mail 的用戶都有自己的通訊錄，郵件過濾，轉發和 Web 郵件管理分類等功能，需要為這些虛擬用戶預先設置用戶目錄（和 userdir 中的記錄相同），如用戶 b8944003@mx.cgu.edu.tw，我們使用專門的一個目錄 /var/spool/mail/home/b8944003 來儲存，這樣需要修改 auth\_mysql.pl 中的一段程式碼，搜尋下面這一段程式碼：

```

return($result->{$field_realname},          $result->
{$field_uid},                               $result->{$field_gid},$result->
{$field_home});

```

後面增加一行如下：

```
$result->{$field_home} =~ s/var/spool/mail/home/g;
```

現在設定完畢後，系統中的用戶就可以從 Web 登錄上 openwebmail 收發信件，並使用其中許多強大的功能了！

### 3.4 系統擴充性

在郵件系統不斷運作的前提下，使用者會不斷增加，電子郵件的數量和損耗的頻寬量也會不斷的增加，因此增加伺服器以應付日漸增加的系統負荷是唯一的解決辦法。而一套電子郵件系統在建置初期不可能就直接預期日後的負載而一口氣將足夠數量的伺服器建置在系統上，因此如何能在不影響原系統運作的情況下，不斷的動態彈性增加伺服器是一項系統規劃人員建置電子郵件系統所需要思考的重點之一。

以本系統而言，在系統負荷不斷增加的時候，我們只要以 mx1 和 mx2 的成對架構為基本，適時地擴充需要的線路和伺服器，並簡單的更改一下該網域的 DNS 設定即可。而後端的 Mail Storage 在現今 raid 或 NAS 等硬體技術進步的情況下，實際上的效率並不可能低於前端線路所能容納的資料流。

系統運作的同時，本系統還能容許擴充所支援的網域。比如系統原本所負責的網域為 mx.cgu.edu.tw，今日若需要增加一個 office.cgu.edu.tw 的電子郵件網域給本系統負責的話，只需要在資料庫端的 transport 表格中新增一筆記錄即可，同時在 users 表格中新增使用者的時候注意將其 domain 欄位設定為其所屬電子郵件網域的 domain，openwebmail 部分只需要在原本 openwebmail.conf 中的 domainname 設定後以逗號隔開新增的網域，並在 sites.conf 目錄下新增和網

域同名的設定檔即可（每個電子郵件網域對應一個同名配置檔）！同時這兩個網域的使用者資料和相關設定完全獨立，在外界看起來就如同兩個獨立的電子郵件系統一般。

## 4.效率和斷線測試：

在完成多連外鏈路的郵件伺服器系統建置之後，我們進行一些系統的測試。

### 4.1 效率測試

為了驗證本架構的可行性，我們進行線上實際測試，測試部分我們使用了以下的這樣一套低成本且在現在來說相當普遍的 PC 機器來進行測試：

mx1 和 mx2：

CPU P-III 550、Ram 384MB

Database：

CPU P-IV 2.4G、Ram 256 MB

Mail Storage：

CPU P-III 500、Ram 256 MB

測試的重點在於驗證這套架構的效率，同時證明此架構即使採用如此低階的一般等級 PC 也能夠達成原先評估的穩定性。以這些規格的 PC 依照本架構組合出來的 mail system 下，我們開設了 1 萬個帳號，並使用 postal 這一套 OpenSource 的軟體對整個 mail system 進行快速的壓力測試，由少量的發信要求逐漸增加，即使達到每分鐘 900 封信件的情況下，系統仍能完整無誤的運作，輕易的將所有信件收入整個系統內，而不產生任何錯誤！同時在壓力測試運作途中，我們針對線路和節點作暫時性的中斷，都不影響系統的運行。同時我們在後續測試中再酌情同時增加 POP3 的連接，也能達到每分鐘接受將近 500 個收信要求，仍能穩定的運作。

時間	SMTP Connection	POP3 Connection	SMTP Errors	POP3 Errors
1 分鐘後	332	51	0	0
2 分鐘後	453	75	0	0
3 分鐘後	570	132	0	0
4 分鐘後	650	211	0	0
5 分鐘後	750	329	0	0
6 分鐘後	842	412	0	0
7 分鐘後	923	510	0	0
8 分鐘後	913	497	0	0
9 分鐘後	953	512	0	0
總計	6386	2729	0	0

圖 11. 壓力測試

Error 定義：Request 中斷或未完成(Timed Out)

時間定義：開始測試後時間

Connection 數字單位定義：每分鐘接受的 Connection 數量

在這樣測試之下，可以證明本系統無論是在瞬間吞吐信件量，以及長時間運作下都會有相當穩定的效能。

## 4.2 斷線測試

在主線路正常狀態，可以看到此時的資料流出口均為 TANET 介面，此時我們從外部某台郵件主機(帳號:ken@caldera.hdud.idv.tw)寄了一百封測試信至系統內部一使用者(帳號:andy@mx.cgu.edu.tw)，從圖 12 中，我們可以看到一百封信完全被接收：

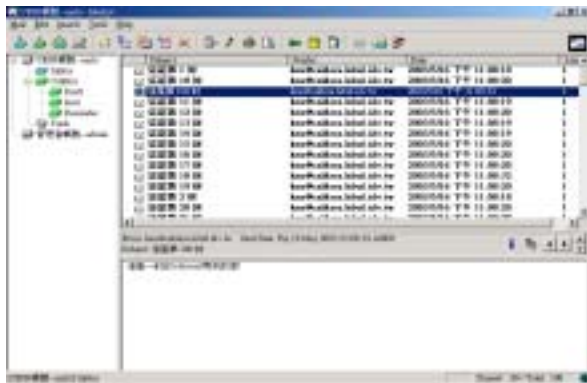


圖 12. 線路正常狀態下的內送郵件

並且我們從 mx1 及 mx2 郵件主機的紀錄檔發現皆有處理從 caldera.hdud.idv.tw 接收信件進來的記錄，因為是寄送到同一帳號地址，但是卻由兩台郵件主機共同來處理，顯示這兩台主機目前已經是分散負載，共同參與運作。

為了模擬主線路發生異常的狀況，我們把對外路由器出口的 Interface shutdown，此時管理者收到郵件伺服器系統發出來的警訊，表示主線路發生異常，將切換至備援線路，我們從外部郵件主機 caldera.hdud.idv.tw (帳號:ken@caldera.hdud.idv.tw)再寄了一百封測試信至系統內部一使用者(帳號:andy@mx.cgu.edu.tw)，從圖 13 中，我們可以看到一百封信依然可以正常被接收。

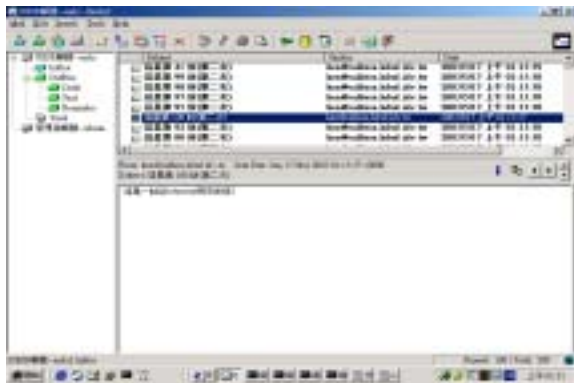


圖 13. 主線路發生異常狀態下的內送郵件

## 5.總結：

在本研究中，我們不僅採用叢集伺服器的概念實作了一個分散式的郵件伺服器系統，另外更提出了考慮網路線路容錯機制的完整電子郵件系統伺服器架構模式，來強化伺服器系統的穩定性及可用性以維持穩定的持續作業，使系統可以免除因為網路的斷線而停止提供服務。經過了實作測試我們使系統達到以下功能：

- (1) 利用雙網路埠來提供網路容錯的功能。網路容錯能夠提供了一個更可靠的網路使用環境，假設主要的網路埠因為網路卡硬體或是線路出現問題的話，則備援的網路埠和線路會自動接替主網路埠進行流量傳輸，不會造成網路傳輸的中斷。當主網路埠恢復正常後，則傳輸的工作會自動轉回到主網路埠上。
- (2) 系統內任何一台伺服器異常時，也能夠正常穩定的運作。
- (3) 當系統隨著使用人數的增加而系統負載過重時，能夠動態彈性增加伺服器以分攤負載。
- (4) 當郵件伺服器的數量夠多的話，我們可以對部份伺服器之預設路由做適度的彈性調整至不同的 ISP 線路，如果搭配流量統計軟體的話，可以增加我們對於頻寬的彈性運用，以達到最佳的頻寬使用效益。

## 參考文獻

- [1] Cisco System, What Is VRRP?, [http://www.cisco.com/en/US/products/hw/vpndevc/ps2284/products\\_tech\\_note09186a0080094490.shtml](http://www.cisco.com/en/US/products/hw/vpndevc/ps2284/products_tech_note09186a0080094490.shtml)
- [2] <http://www.postfix.org/>
- [3] <http://www.eudora.com/qpopper/>
- [4] <http://www.mysql.com/>
- [5] <http://off.net/~jme/vrrpd/>
- [6] <http://www.coker.com.au/postal/>
- [7] <http://www.lartc.org/>