

# 防毒軟體產業競爭與防禦率之策略性選擇

郭平欣<sup>1</sup>, 張瑞雲<sup>2</sup>

國立東華大學經濟學系

E-mail: <sup>1</sup>pkuo@mail.ndhu.edu.tw, <sup>2</sup>d9042002@mail.ndhu.edu.tw

## 摘要

本文建構一個多階段的賽局模型來表徵防毒軟體產業的均衡,除了分析防毒軟體廠商如何決定防禦率與價格外,並進一步探討最適防禦率與價格又如何影響消費者的購買決策。本文得到的結論是:由於網路外部性的關係,廠商會策略性地降低其軟體的防禦能力,故兩家廠商的最適防禦率皆低於100%。另外,本文指出高防禦率者高價格,以及防毒軟體產業是一個防禦率具有差異性的異質性競爭產業,這些結果與市場上的評鑑資料相當符合。

**關鍵詞:** 網路效果, 防毒軟體應用, 資通安全。

## 1. 前言

隨著上網人口逐漸成長,網際網路已經成為人們搜集情報、社交或購物的重要管道,由於上網者經常利用網路接取重要資訊,因此網路安全向來是上網者相當關切的議題。根據國際數據資訊(IDC)在2002年6月底的調查報告,指出歐洲上網者對於網路安全的擔心程度較往年更高,其中病毒攻擊是歐洲上網者最重視的安全問題。另一方面,由於中小企業深化應用網路與相關技術,使其暴露在更大風險下,同時也刺激了他們對於資安產品的需求。依據 Access Markets International (AMI) Partners 的分析,指出2003年美國的中小企業共花了18億美元於維護IT安全的產品上,其中又以病毒防護(anti-virus solutions)、內容過濾(content filtering)、防火牆(firewalls)與企業私有網路(virtual private network, VPNs)呈現迅速成長的情況。

由於電腦病毒及惡意程式的攻擊日益增多,除了造成個人與企業嚴重的影響與損失外,甚至可能危及企業組織生存、國家社會安全以及全世界的經濟發展。因此,個人與企業除了關心病毒問題外,對防毒軟體的需求亦日益殷切,使得防毒軟體市場深具潛力。根據資策會市場情報中心(MIC)所發表資訊安全市場的統計報告預測指出,2002到2006年台灣整體資訊安全市場年複合成長率為26%,資訊安全產品的整體成長率則為20%,並且預估在未來幾年中,這些資安產品的市場將呈現穩定成長的趨勢。然而,當愈多消費者使用防毒軟體時,網路世界病毒的威脅愈小,進而減少消費者使用防毒軟體的價值或效用,因此網路規模愈大消

費者對防毒軟體的評價愈低,故防毒軟體產業具有負的網路外部性的特徵。

近年來隨著科技的快速發展,網路效果成為產業經濟學新興研究方向之一。所謂網路效果,係指一財貨的需求量隨著產品消費量的增加而增加。網路效果的產生一方面可能直接來自網路外部性(network externality),如Katz and Shapiro (1985), Farrell and Saloner (1985, 1986)所論及,當使用某一產品的消費者愈多,消費者在使用該產品時的效用就愈大的現象,例如電話、傳真或公司內部資訊網路(intranet)。因此,網路外部性又被稱為需求面的規模經濟(demand-side economies of scale)。另一面也可能以間接形式產生,如Chou and Shy (1990, 1993)的分析,指隨著互補品或耐久財之售後服務的增加,使用者享受的價值越增加的情形,例如當硬體消費人數的增加會使該硬體支援產品的種類和數量增加,因而提昇使用該硬體或並容硬體的消費效用,這裡所謂的硬體可以是電腦、作業系統或錄影機,而支援產品則相對為電腦週邊設備、套裝軟體及錄影帶。

目前市場上有各類的評鑑單位蒐集已知病毒來檢驗防毒軟體的防禦能力,由於實際上不斷有新的病毒出現,而攔截行動往往是道高一尺魔高一丈,不能盡如人意,雖然防毒軟體廠商發展出各種方法,但至今防毒軟體可以說沒有百分之百的防禦能力,<sup>1</sup>其原因是防毒軟體廠商對防禦率的選擇有兩種考慮:提高防禦率可以提高消費者購買防毒軟體的願付價格而增加購買人數,但是提高防禦率,使得網路世界中病毒的威脅變小以及被感染的電腦數變少,間接地降低消費者對防毒軟體的評價,連帶影響消費者對防毒軟體的需求與廠商利潤。因此,在這兩種效果相互抵換下,廠商所決定的防禦率是影響廠商間的競爭行為以及消費者購買決策的重要因素,所以如何決定防禦率是分析防毒軟體產業的重要課題。

關於這個部分,本文將防毒軟體廠商選擇防禦率的決策視為廠商選擇產品品質的決策,文獻上關於垂直產品差異性的議題,早期都著重於分析在沒有品質改善的成本考量下,指出高品質產品的均衡品質為最佳品質,以及高品質廠商具有高利潤的優勢,如Shaked and Sutton (1982), Choi and Shin

<sup>1</sup>請參見 <http://www.virus.gr/english/fullxml/default.asp?id=69&mmu=69>, 它是針對2005年全球57款防毒軟體所做的對比評測,指出這些防毒軟體中最高防禦率可達到99.28%,最低為2.67%。

(1992) 等文獻。後續文獻的研究重點已轉移至品質改善的成本如何影響廠商選擇產品品質的分析上，指出高品質產品的均衡品質低於最佳品質，但高品質廠商仍具有較高利潤的優勢，如 Lehmann-Grube (1997) 假設固定成本是品質的凸函數 (convex fixed-cost function of quality) 下，指出高品質廠商具有高利潤的優勢。Wang (2003) 一文改變以往文獻指出高品質高利潤的結論，假設市場被完全涵蓋以及邊際成本為品質的函數，指出低品質廠商不一定會獲取較低的利潤，亦即高品質高利潤的優勢不一定存在。

由於文獻上對於探討防毒軟體的研究大多著重於分析電腦病毒的擴散過程，如 Billings *et al.* (2002)，Gondar and Cipolatti (2003) 等。至今並沒有任何文獻針對防毒軟體的特徵進行研究與探討。有鑑於此，本文著重於建構一個模型來捕捉防毒軟體的特徵，除了欲以垂直產品差異化及網路外部性的角度，試圖分析防毒軟體廠商如何決定防禦率與價格外，並進一步探討最適防禦率與價格又如何影響消費者的購買決策。也希望經由此研究，能使我們對於防毒軟體產業的市場行為有更深刻的了解，補足文獻上的不足。本文之架構如下：本節為前言之外；第二節為基本模型與均衡價格的決定。第三節為均衡品質的決定與社會福利。最後一節則為結論。

## 2. 基本模型與均衡價格的決定

為了建構一個模型來捕捉防毒軟體的特徵，本文蒐集了這個網站 <http://www.virus.gr/english/fullxml/default.asp?id=69&mnu=69> 所檢驗各家防毒軟體廠商的防禦率與價格，見表 1。這些資料顯示，防毒軟體產業是一個防禦率具有差異性的異質性競爭產業；將各家防毒軟體廠商防禦率與價格的關係繪圖於圖 1，可以發現防禦率在 70% 以下的廠商，定價約在 29.5 美元左右，防禦率在 70% 以上的軟體，其訂價則大致與防禦率成正比。除此之外，本文更進一步對這些資料進行分析，得出防毒軟體防禦率與價格的相關係數為 0.6794，從這個分析結果也可以指出廠商的防禦率與價格有正向的關係。

表 1 各家防毒軟體廠商的防禦率與價格

防毒軟體廠商	防禦率	價格
Kaspersky Personal Pro	99.28	66.50
AVK	97.93	46.69
F-Secure	97.55	39.95
eScan Virus Control	96.75	45.95
Norton Professional	91.57	49.95
McAfee	89.75	39.99
Virus Chaser	88.31	51.95
BitDefender	88.13	44.95
Arcavir	87.73	29.00

F-Prot	87.07	29.00
Panda Titanium	86.27	49.95
PC-Cillin	85.98	44.30
Nod32	85.66	39.00
Command	84.92	39.99
Dr. Web	78.71	29.00
BullGuard	70.24	49.95
Ikarus	60.97	31.16
AVG	54.07	33.30
E-Trust	52.35	29.95
Vexira	51.74	34.95
Solo	49.16	24.95
Digital Patrol	48.10	24.95
Protector Plus	45.81	29.95
Ewido	38.67	29.95
Quick Hea	37.75	30.00
VirScan Plus	36.20	31.16
VirIT	22.83	29.00
AntiTrojan Shield	11.91	29.95
Tauscan	6.99	29.95
Trojan Remover	6.67	29.95
IP Armor	2.77	24.95

說明：貨幣單位為美元。

資料來源：

<http://www.virus.gr/english/fullxml/default.asp?id=69&mnu=69>。

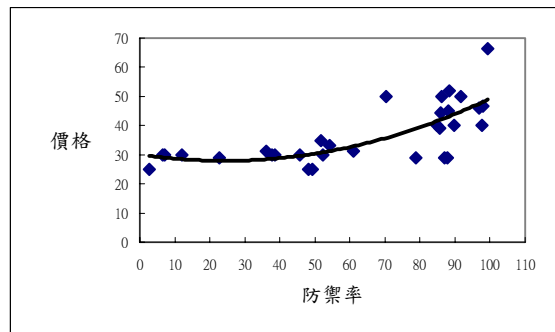


圖 1 各家防毒軟體廠商防禦率與價格的關係

資料來源：

<http://www.virus.gr/english/fullxml/default.asp?id=69&mnu=69>。

由於防毒軟體會消耗系統資源，而且當一個系統同時安裝兩種以上防毒軟體時，可能會造成防毒軟體的功能無法正常運作，所以防毒軟體廠商建議消費者最好避免這種情況的發生。因此，消費者通常最多只會購買一單位的防毒軟體產品，故本文假設防毒軟體市場的需求為單一需求，而防毒軟體市場的需求是所有購買防毒軟體的消費者人數。

消費者購買防毒軟體的決定，取決於他對防毒軟體的評價（願付價格）以及廠商的售價，當該評價超過售價，則消費者會願意購買；而影響個人對防毒軟體評價的因素取決於個人預期被病毒感染機率的機率，以及一旦中毒後資料喪失的損失與重整系

統的成本。若預期被病毒感染的機率愈高、資料損失愈嚴重或者對電腦系統重整愈外行者，其對防毒軟體的依賴愈重。

由於每位消費者對防毒軟體的依賴程度不同，中毒的損失也不一樣，故可以用此損失來刻畫消費者的類型。本文沿用 Choi and Shin (1992) 之消費者設定，將市場需求用所有消費者的類型來描述，經總人口數平減後，以類型的密度函數來描述。因此影響市場需求可以用總人口數以及消費者類型的分配來描述。將總人口標準化為一，這不會影響分析結果的一般性。為簡化分析，假設消費者類型  $l$  為介於 0 和 1 之間的均等分配，亦即  $l \in [0,1]$ ，密度函數為  $f(l)=1$ 。

目前防毒軟體的防毒方式，主要是以即時掃描檔案的進出，如果認得的病毒碼愈多，防禦能力愈強，防毒軟體的防禦率指的是攔截病毒的能力。目前市場上有各類的評鑑單位蒐集已知病毒來檢驗各家防毒軟體的防禦能力，並報告其防禦率，本文以此作為各家防毒軟體廠商防禦率  $s_i$  的定義。<sup>2</sup>

假設電腦上網者預期有  $q_1, q_2$  比例的電腦分別使用廠商 1 與廠商 2 的防毒軟體，其中  $1-s_i$  為使用防毒軟體產品  $i$  且防禦失敗的比例，故使用防毒軟體後未確實獲得保障的電腦比例為  $(1-s_1)q_1 + (1-s_2)q_2$ 。另外，沒有使用防毒軟體的電腦比例為  $1-q_1-q_2$ ，整個網路未確實獲得保障的電腦比例為此二者之和等於  $1-s_1q_1-s_2q_2$ ，其中  $s_1q_1+s_2q_2$  為使用防毒軟體且確實獲得保障的電腦比例。

由於電腦病毒並非自然產生，必須有惡意的程式師製造並上傳到網路世界，一台電腦是否遇到中毒程式取決於惡意程式師的電腦數占全體網路電腦的比例，本文稱之為駭客指標  $\rho$ ，<sup>3</sup>並且假設  $\rho \in [0,1]$ 。不管電腦上網者有沒有購買防毒軟體，皆有  $\rho$  的機率讓電腦會接觸到病毒，整個網路未確實獲得保障的電腦比例為  $1-s_1q_1-s_2q_2$ ，故整個網路被病毒感染的機率為  $\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)$ 。不管是駭客指標或者是整個網路未確實獲得保障的電腦比例的增加，兩者都會提高電腦中毒的機率，故本文稱  $\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)$  為威脅指標。

由於個人預期被感染的機率牽涉到具有空間維度的動態過程，<sup>4</sup>不是本文靜態模型所要以及能夠處理，故本文定義個人預期被病毒感染的機率應該與威脅指標成正比。為了簡化分析，本文假設預期感染率為線性函數，表示為  $h = \rho(1-s_1q_1-s_2q_2)$ 。

綜合上述，我們得知中毒損失以及預期感染率

是影響個人對防毒軟體評價的重要因素。由於防毒軟體對消費者類型為  $l$  的價值，是採用後所減少的預期損失，故不使用防毒軟體產品的預期中毒損失為  $l\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)$ ，使用防毒軟體產品  $i$  的預期中毒損失為  $l\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)(1-s_i)$ ，二者之差為  $v(l) = l\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)s_i$ ，表示消費者類型  $l$  對防毒軟體產品  $i$  的評價；其中  $q_i$  為消費者預期使用防毒軟體產品  $i$  的比例，對個別消費者的評價而言是網路外部性所影響的項目。

在消費者的評價中，若消費者的損失以及預期感染率愈高，個人對防毒軟體的評價愈高；若預期使用者愈多，網路世界病毒的威脅愈小，個人對防毒軟體的評價愈低。而防毒軟體的防禦率在消費者的評價中同時扮演兩種效果：一為直接效果，當防禦率愈高，會提高消費者的評價而增加需求；另為間接效果，當防禦率愈高，整個網路世界病毒的威脅愈少，個人預期被感染的機率也愈小，間接地降低消費者對防毒軟體的評價而減少需求，故廠商在考慮如何設定其防毒軟體的防禦率時會同時考慮此兩種效果。另外，在消費者評價中的  $s_iq_i$ ，表示不管是防禦率或者使用率的增加，皆會強化網路效果而降低消費者的評價。

由於本文主要探討防毒軟體廠商間之互動行為與決策過程，為了簡化分析，假設市場上只有兩家廠商提供防毒軟體，根據評鑑資料，我們將防禦率在 70% 或以上的廠商視為同一家，為廠商 1，其平均防禦率與價格分別為 89.71%，43.08 美元。而其他廠家視為廠商 2，其平均防禦率與價格分別為 35.07%，29.61 美元。這些資料顯示，廠商 1 的防禦率  $s_1$  會高於廠商 2 的防禦率  $s_2$ ，亦即  $s_1 > s_2$ ，以及高防禦率者高價格，但防禦率不會百分之百。

由於軟體的主要成本為研發費用，與產量無關，其變動成本主要是光碟片的包裝成本，以目前大量製造的技術，可以說是相當便宜，甚至由網路直接下載，連包裝的成本都可以節省，故假設生產防毒軟體的邊際成本為零。進一步假設研發費用已經發生，亦即為沈入成本，故不影響廠商的決策，為簡化分析也令其為零。

本文考慮一個五階段的賽局，在第一階段，廠商 1 決定利潤極大化下最適防禦率  $s_1$ ；第二階段，廠商 2 決定利潤極大化下最適防禦率  $s_2$ ；第三階段，消費者根據兩家廠商所宣布的防禦率，預期防毒軟體產品  $i$  的使用率  $q_i$ ；第四階段，兩家廠商同時決定利潤極大化下其最終產品的價格  $p_i$ ；第五階段，消費者根據兩種防毒軟體產品的預期使用率、兩家廠商所宣布的防禦率以及售價，決定是否購買一單位的防毒軟體產品。均衡的求解將採用逆向求解法，由後階段往前階段求解得到完善子賽局均衡。

首先，我們先決定各家防毒軟體廠商的市場需求。由於消費者只會購買一單位防毒軟體產品，將

<sup>2</sup>同註腳 1。

<sup>3</sup>駭客的英文為 hacker，原指技術高超的電腦程式破解者，為中性的稱呼，中文翻譯則偏向負面，指不請而入的網路入侵者。本文以此為惡意病毒製造者的簡稱，而駭客指標可以用來表徵網路的交易成本。

<sup>4</sup>請參考 Billings *et al.* (2002)，Gondar and Cipolatti (2003)。

消費者剩餘表示為

$$U = l\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)s_i - p_i, i=1,2, \quad (1)$$

式中  $\rho$  為駭客指標； $p_i$  為防毒軟體廠商  $i$  的價格， $\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)$  為預期感染率； $q_i$  為防毒軟體產品  $i$  的預期使用率； $s_i$  為防毒軟體產品  $i$  的防禦率。如果消費者沒有購買任何防毒軟體產品，消費者剩餘為零。

假設向廠商 1 或者向廠商 2 購買防毒軟體無差異之關鍵消費者為  $\bar{l}$ ，由第 (1) 式，可得

$$\bar{l} = \frac{p_1 - p_2}{\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)(s_1-s_2)}。另外，假設消費者對廠商 2 購買防毒軟體或者沒有購買防毒軟體之關鍵消費者$$

為  $\underline{l}$ ，由第 (1) 式，可得  $\underline{l} = \frac{p_2}{\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)s_2}$ 。當

消費者類型  $l > \bar{l}$  時，表示消費者會購買廠商 1 的防毒軟體，因此在均等分配的假設下，共有  $1-\bar{l}$  的消費者會購買廠商 1 的防毒軟體。若消費者類型  $l$  在  $[\underline{l}, \bar{l}]$  時，表示消費者會購買廠商 2 的防毒軟體。若消費者類型  $l < \underline{l}$  時，表示消費者不會購買任何的防毒軟體產品，故防毒軟體市場為一個未覆蓋市場 (uncovered market)。綜合上述，廠商 1 與廠商 2 的市場需求分別為

$$Q_1 = 1 - \frac{p_1 - p_2}{\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)(s_1-s_2)}, \quad (2)$$

$$Q_2 = \frac{p_1s_2 - p_2s_1}{\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)s_2}。 \quad (3)$$

依據市場需求，將廠商 1 與廠商 2 的利潤函數定義為<sup>5</sup>

$$\pi_1 = p_1 \left( 1 - \frac{p_1 - p_2}{\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)(s_1-s_2)} \right), \quad (4)$$

$$\pi_2 = p_2 \left( \frac{p_1s_2 - p_2s_1}{\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)s_2} \right)。 \quad (5)$$

將兩家廠商利潤函數對價格做一階微分並聯立求解，可得廠商 1 與廠商 2 的最適價格分別為

$$p_1^* = \frac{2\rho s_1(1-s_1q_1-s_2q_2)(s_1-s_2)}{4s_1-s_2}, \quad (6)$$

$$p_2^* = \frac{\rho s_2(1-s_1q_1-s_2q_2)(s_1-s_2)}{4s_1-s_2}。 \quad (7)$$

上式中  $q_1, q_2$  分別為消費者預期防毒軟體廠商 1 與廠商 2 產品的使用率，也就是預期的網路規模 (expected network size)，根據此預期確定了消費者對防毒軟體產品  $i$  的願付價格，廠商  $i$  再依據消費者願付價格的分配決定防毒軟體的售價  $p_i$ ，市場於是達到均衡，此時的均衡數量不一定會和原先消費者預期的網路規模相同。因此，為了解

決上述的問題，本文依照 Katz and Shapiro (1985) 所提出的實現預期均衡 (fulfilled expectations equilibrium) 的觀念，假設防毒軟體產品  $i$  的市場需求為預期網路規模的函數為  $Q_i = Q(q_i)$ ，由定點定理，存在一個  $q_i^*$  使得  $q_i^* = Q(q_i^*)$ ，此  $q_i^*$  為 Katz and Shapiro 他們所指的消費者對防毒軟體產品  $i$  網路規模的預期，均衡時恰好和最後實現的網路規模相等。因此，將第 (6) 及 (7) 式代入第 (2) 及 (3) 式，並且由實現預期均衡的觀念，可得

$$Q_1^* = q_1^* = \frac{2s_1}{4s_1-s_2}, \quad (8)$$

$$Q_2^* = q_2^* = \frac{s_1}{4s_1-s_2}。 \quad (9)$$

此結果顯示出高防禦率廠商的市場較大，剛好為一倍大。由第 (6) 至 (9) 式，將兩家廠商的利潤函數整理為

$$\pi_1^* = \frac{4\rho s_1^2(4s_1-s_2-2s_1^2-s_1s_2)(s_1-s_2)}{(4s_1-s_2)^3}, \quad (10)$$

$$\pi_2^* = \frac{\rho s_1s_2(4s_1-s_2-2s_1^2-s_1s_2)(s_1-s_2)}{(4s_1-s_2)^3}。 \quad (11)$$

### 3. 均衡品質的決定與社會福利

本節我們想探討兩家廠商如何決定最適防禦率。在第二階段中，我們想求解廠商 2 在利潤極大化下的最適防禦率  $s_2$ ，將第 (11) 式對防禦率  $s_2$  作一階微分，並整理成

$$s_2 = \frac{1}{2(7+13s_1)}(32-4s_1-12\sqrt{(4-6s_1+3s_1^2)})s_1, \quad (12)$$

這是廠商 2 根據廠商 1 防禦率做的最佳反應函數，其關係可見圖 2。

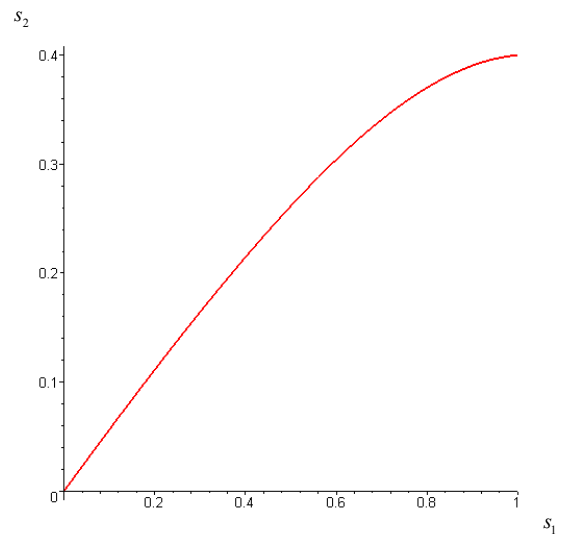


圖 2 廠商 2 的最佳反應函數

<sup>5</sup>廠商 1 與廠商 2 的利潤函數滿足一階條件以及二階條件，表示利潤函數為向下凹，故由一階條件求得的極值為全域最大。



在第一階段中，廠商 1 將廠商 2 的反應函數代入它的利潤函數中，亦即將第 (12) 式代入第 (10) 式，並且對  $s_1$  作一階微分，可求得廠商 1 的最適防禦率為  $s_1^* = 0.9386$ 。將  $s_1^*$  代入第 (12) 式，可求得廠商 2 的最適防禦率為  $s_2^* = 0.3954$ 。

**命題 1** 廠商 1 與廠商 2 的最適防禦率分別為  $s_1^* = 0.9386$ ， $s_2^* = 0.3954$ 。

此命題顯示出兩家防毒軟體廠商想利用產品差異性減緩彼此之間的價格競爭，進而提升利潤，此結果與市場上的評鑑資料相當符合，兩者皆指出防毒軟體產業是一個防禦率具有差異性的異質性競爭產業。

由於網路外部性會降低消費者需求的關係，高品質（高防禦率）廠商產品的均衡品質不一定是最佳品質（防禦率為 100%），此結果與傳統品質選擇的雙估模型（Choi and Shin, 1992; Baake and Boom, 2001）指出，如果產品品質的選擇不需成本，高品質產品的均衡品質為最佳品質的結論有所差異。

將  $s_1^*, s_2^*$  代入第 (6) 至 (11) 式，可求得廠商 1 與廠商 2 的最適價格、產量與利潤，並且將結果整理如下述命題。

**命題 2** 廠商 1 與廠商 2 的最適價格、產量及利潤分別為  $p_1^* = 0.1108\rho$ ,  $p_2^* = 0.0233\rho$ ,  $Q_1^* = 0.5589$ ,  $Q_2^* = 0.2794$ ,  $\pi_1^* = 0.0619\rho$ ,  $\pi_2^* = 0.0065\rho$ 。

此命題顯示出廠商 1 的最適價格、產量及利潤皆大於廠商 2，故高防禦率者具有高利潤優勢。此結果與 Choi and Shin (1992) 指出高品質廠商有高利潤優勢的結果相同。另外，本文指出高防禦率者高價格，這與市場上的評鑑資料相當符合。

將兩家防毒軟體廠商的防禦率  $s_1^* = 0.9386$ ， $s_2^* = 0.3954$  與利潤函數的關係繪圖於圖 3，圖中  $\pi_1(s_1, s_2^*)$  為廠商 1 的利潤函數，表示在給定廠商 2 的防禦率為  $s_2^*$  下，廠商 1 的防禦率與利潤函數的關係； $\pi_2(s_1^*, s_2)$  為廠商 2 的利潤函數，表示在給定廠商 1 的防禦率  $s_1^*$  下，廠商 2 的防禦率與利潤函數的關係。若廠商 1 的防禦率為  $s_1 = s_2^* = 0.3954$  時，則廠商 1 的利潤  $\pi_1(s_1, s_2^*) = 0$ ；同理，若廠商 2 的防禦率為  $s_2 = s_1^* = 0.9386$  時，則廠商 2 的利潤  $\pi_2(s_1^*, s_2) = 0$ 。從上述的結果得知  $s_1^* = 0.9386$  以及  $s_2^* = 0.3954$  皆為兩家廠商極大化利潤下的最適防禦率。

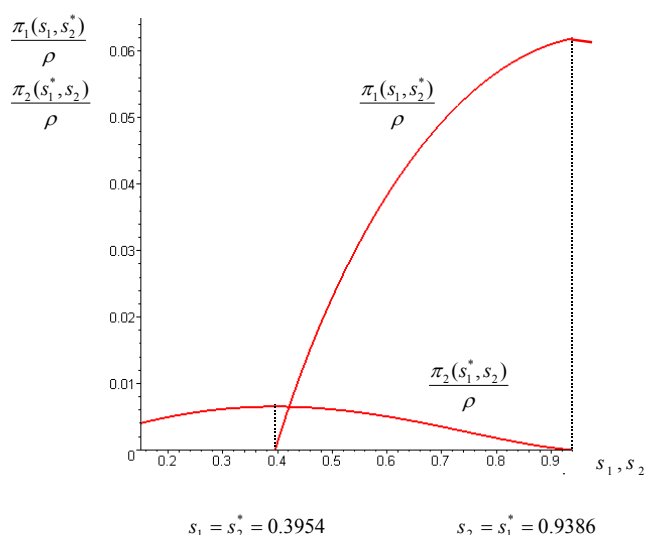


圖 3 兩家廠商防禦率與利潤函數之關係

由命題 1 與命題 2，可以推導出兩個邊際消費者分別為  $\underline{l} = 0.1617$ ,  $\bar{l} = 0.4412$ ；當消費者的類型  $l < 0.1617$  時，它除了表示有部分消費者不會購買防毒軟體外，還代表市場未被完全涵蓋的條件，均衡時所有使用防毒軟體的消費者之消費者剩餘表示為

$$CS = \int_{0.1617}^{0.4412} (l\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)s_2 - p_2)dl + \int_{0.4412}^1 (l\rho(1-s_1q_1-s_2q_2)s_1 - p_1)dl = 0.0817\rho \quad (13)$$

接著，本文定義市場剩餘（market surplus）為生產者剩餘與消費者剩餘的總和，故市場剩餘為  $MS = 0.0684\rho + 0.0817\rho = 0.1501\rho$ 。

然而，防毒軟體產業對社會福利的貢獻，除了傳統的消費者與生產者剩餘，還必須考慮沒有購買防毒軟體者的損失變化，所以未購買防毒軟體者的預期中毒損失為

$$L = \int_0^{0.1617} (l\rho(1-s_1q_1-s_2q_2))dl = 0.0048\rho \quad (15)$$

因此，社會福利水準為

$$W = 0.1501\rho - 0.0048\rho = 0.1453\rho \quad (16)$$

#### 4. 結論

隨著上網人口逐漸成長，以及電腦病毒與惡意程式的攻擊日益增多，除了造成個人與企業嚴重的影響與損失外，甚至可能危及企業組織生存、國家社會安全以及全世界的經濟發展。因此，個人與企業除了關心病毒問題外，對防毒軟體的需求亦日益殷切，使得全球防毒軟體市場深具潛力。目前雖然防毒軟體廠商發展出各種方法來提升軟體的防禦能力，但實際上不斷有新的病毒出現，而攔截行動往往是道高一尺魔高一丈，不能盡如人意，至今防毒軟體可以說沒有百分之百的防禦能力。

目前探討防毒軟體的研究相當貧瘠，而且以往的文獻只著重於分析電腦病毒的擴散過程。有鑑於

此，本文將著重於建構一個多階段的賽局模型來表徵防毒軟體產業的均衡。也希望經由研究，能使我們對於防毒軟體產業的市場行為有更深刻的了解，補足文獻上的不足。

由於防毒軟體能降低消費者的中毒損失，消費者對其需求取決於軟體的防禦能力、消費者對中毒機率的預期以及軟體的售價。其中軟體防禦能力的提高，一方面直接減少中毒的損失而提高消費者的願付價格，一方面由於網路外部性的關係，使得網路世界中病毒的威脅變小以及被感染的電腦數減少，間接地降低消費者對防毒軟體的評價。

傳統品質選擇的雙佔模型指出，高品質廠商可以賣高價，並取得高利潤，且如果產品品質的選擇不需成本，高品質產品的均衡品質為最佳品質。由本文分析得知，因為網路外部性會降低消費者需求的關係，廠商會策略性的降低其軟體的防禦能力，高品質（高防禦率）廠商產品的均衡品質不一定是最佳品質，也就是不採取 100% 的防禦率。

另外，本文指出兩家廠商的最適防禦率具有差異性，其原因是兩家廠商想利用產品差異性，減緩彼此之間的價格競爭，進而提升利潤，此結果與市場上的評鑑資料相當符合，兩者皆指出防毒軟體產業是一個防禦率具有差異性的異質性競爭產業。

最後，本文除了指出高防禦率者具有高利潤優勢外，還指出高防禦率者高價格，這也與市場上的評鑑資料相當符合。

由於本文的模型著重於單期廠商的競爭行為，未來本文試圖探討廠商先後自由進出市場的情況以及多期競爭行為等研究，將能使模型更接近現實防毒軟體產業的競爭狀態。

## 參考文獻

- [1] Baake, P. and A. Boom (2001), "Vertical Product Differentiation, Network Externalities, and Compatibility Decisions," *International Journal of Industrial Organization*, 19, pp.267-284.
- [2] Billings, L., W. M. Spears, and I. B. Schwartz (2002), "A Unified Prediction of Computer Virus Spread in Connected Networks," *Physics Letters*, 297, pp.261-266.
- [3] Choi, C. J. and H. S. Shin (1992), "A Comment on a Model of Vertical Product Differentiation," *Journal of Industrial Economics*, 40, pp.229-231.
- [4] Chou, C. F. and O. Shy (1990), "Network Effect without Network Externalities," *International Journal of Industrial Organization*, 8, pp.259-270.
- [5] Chou, C. F. and O. Shy (1993), "Partial Compatibility and Supporting Services," *Economics Letters*, 41, pp.193-197.
- [6] Farrell, J. and G. Saloner (1985), "Standardization, Compatibility, and Innovation," *RAND Journal of Economics*, 16, pp.70-83.
- [7] Farrell, J. and G. Saloner (1986), "Installed Base and Compatibility: Innovation, Product Preannouncements, and Predation," *American Economic Review*, 76, pp.940-955.
- [8] Gondar, J. L. and R. Cipelatti (2003), "A Mathematical Model for Virus Infection in a System of Interacting Computers," *Computational and Applied Mathematics*, 22, pp.209-231.
- [9] Katz, M. L. and C. Shapiro (1985), "Network Externalities, Competition, and Compatibility," *American Economic Review*, 75, pp. 424-440.
- [10] Lehmann-Grube, U. (1997), "Strategic Choice of Quality when Quality is Costly: the Persistence of the High-Quality Advantage," *RAND Journal of Economics*, 28, pp.372-384.
- [11] Shaked, A. and J. Sutton (1982), "Relaxing Price Competition through Product Differentiation," *Review of Economic Studies*, 49, pp.3-13.
- [12] Wang, X. H. (2003), "A Note on the High-Quality Advantage in Vertical Differentiation Models," *Bulletin of Economic Research*, 55, pp.91-99.