

行政院國家科學委員會專題研究計畫期末成果報告

總計劃名稱：寬頻網際網路之服務品質確保

子計劃名稱：寬頻網際網路規劃與容量管理(子計劃四)

計劃編號：NSC87-2219-E002-008

執行期限：民國 87 年 05 月 01 日至民國 88 年 7 月 31 日

計劃主持人：林永松副教授 yslin@im.ntu.edu.tw

執行機構：國立台灣大學資訊管理系

摘要

本期末報告書提出本子計畫在第一年度與第一年度之執行成果，以最佳化數學技巧所發展之寬頻網際網路管理與性能監測 (monitoring) 演算法。本子計畫乃依照原訂之計畫進度順利執行完成。

計畫成果與討論

本寬頻網際網路規劃與容量管理子計畫主要研究寬頻網際網路的規劃與長短程網路性能監督及管理議題，計畫進行至今已完成第一年度之預定研究項目，計畫進度與成果如下所述。

研擬一最佳化網路效能監測演算法，藉由設定各網路元件之最佳使用率(utilization) 門檻值(threshold) 以優化(極大化)各網路元件最小之使用率成長至門檻值預期時間(即系統預期必須採取”即時性網路效能回復”(network servicing)措施之時間)。

本計畫之主要成果乃基於高效能演算法之研擬以支援網路規劃工具的實作，重點在於實用型決策支援軟體之開發。

最佳化網路效能監測演算法
在寬頻網路建構完成之後，為了

使寬頻網路達到當初設計的要求，更重要的工作是寬頻網路的管理，尤其是網路服務品質 (quality-of-service) 的管理。由排隊理論(queueing theory) 得知，當系統負載超過某一臨界值之後，其服務的品質會大幅的滑落，所以為了維持網路服務的品質，當系統發現網路元件流量在短期間內超過由網管軟體所設定的門檻(threshold) 時，網管工具會立即地通知網路管理人員，讓網管人員可以即時處理這個短期的系統流量超載情形，在此時唯一的工具便是調整寬頻網路部分參數設定的方式，如rerouting的方式，以立即得到網路服務品質的改善，但是並非每次都可以非常完美地解決問題。理由是因為網路流量的成長其實已經到達了現有網路無論如何都無法負荷之情況了，這時唯一的作法是再投資以提昇整個網路的頻寬。然而，網路建置並非朝夕可成之功，是必須有一完整的規劃及程序，所以網路規劃的前置時間是一個重要的考量。

在監測網路的狀況時，為了方便起見我們以最容易取得的網路監控資料—網路元件使用率(network element utilization)，來作為門檻值設定的標準。不過我們在衡量服務品質時，是

以點對點的服務品質來作標準，就比我們有三個主要的指標：

- (1) 封包遺失率 (packet/cell loss probability) ,
- (2) 平均封包延遲時間 (mean packet/cell delay) ,
- (3) 封包延遲時間的比例 (percentile-type packet/cell delay) .

這三個指標是經常用於在評量點對點 (end-to-end) 的服務水準，所以我們打算以一般化的數學模型來表達，而且可以根據網路服務性質的不同來決定主要的衡量指標。所以我們便設定了一個函數，其作用在於只要有網路連線 (link) 的使用率的資訊，我們便可以透過函數轉換來換算出不同的端對端網路服務品質指標。

解決上述問題，我們所考慮的方向為下列三點：

- (1) 設定網路元件參數的門檻時的參考值如何取得。
- (2) 因為我們必須用預測方式來預估網路的未來成長率，所以我們必須在一段時間之後去全面監控網路的相關流量統計，但是這個這是一個會增加網路整體負荷以及服務品質的工作，所以如何在效率及有效性之下，使全面監控網路的時間間隔最大化。
- (3) 在降低網路荷負之考量下，我們甚至可以再進一步去找出全面監控網路的每個元件的替代方案，我們是否可以在僅監控網路中的部分元件的情形之下，而得到和全面監控網路時同樣好或近似的結果。

所以，我們希望能在給定下列資訊：包括目前網路拓撲 (topology) 頻寬設置容量 (capacity) 網路中現有的點對點服務 (O-D pairs) 需求頻寬量，流量成長情形以及整個網路所必須達成的服務品質指標要求。我們建立一套最佳化的數學模型，同時發展出有效率且正確性高的演算法，在經過我們的演算法運算之後，能夠提供下列結果：(1)網路元件參數的門檻，(2)主動全面監控網路的時間間隔，(3)因流量成長而很快達到網路瓶頸造成無法滿足網路服務水準的元件。

在這個問題之下，我們有幾個重要的假設：

- (1) 沒有新的服務產生，
- (2) 點對點服務的路徑是已經決定的，
- (3) 不考慮網路元件發生錯誤的情形。

在了解了問題之後，在研讀相關的論文之後，我們建立了一個最佳化的數學模型如下：

$$Z_{IP} = \max \min_{l \in L} t_l \quad (IP)$$

subject to

$$\bar{u}_l = \frac{\sum_{w \in W} \sum_{p \in P_w} x_{p,l} u_{p,l} (t_l)}{C_l} \quad \forall l \in L \quad (1)$$

$$\sum_{p \in P_w} x_{p,l} u_{p,l} M_l(\bar{u}_l) \leq k_w \quad \forall l \in L, w \in W. \quad (2)$$

t_l ：是指與網路元件 l 上之使用率成長至門檻值 \bar{u}_l 之預期時間 (決策變數)

\bar{u}_l : 對網路元件 l 的使用率門檻值設定 (決策變數)

$f_w(t_l)$: 是指每個 O-D pair w 的流量成長函數。代表在時間 t_l 時根據其原本的流量大小以及流量成長曲線的不同, 去計算出此時 O-D pair w 的頻寬需求。在這裡我們可以根據經驗、網路流量監控或系統模擬工具來修正這個成長曲線函數, 可以使我們的演算法可以有更正確的結果, 而且為求解決問題的一般性考量之下, 不刻意限制負成長曲線, 但不能所有 O-D pairs 服務都具有負成長的特性, 否則計算不具有任何意義。

x_p : 指當 path p 被用來提供 O-D pair w 的服務, 其值為 1 ; 否則為 0。

u_{pl} : 當 path p 有使用網路元件 l 時, 此指示函數其值為 1 ; 否則為 0。

λ_w : O-D pair w 的在初始時的頻寬需求大小。

C_l : 網路元件 l 設置的頻寬容量大小。

$M_l(\bar{u}_l)$: 是指網路元件使用率及此網路元件服務品質指標的轉換函數。

k_w : 是指每個 O-D pair w 所要求的服務品質水準。

限制式(1) : 流量限制。

限制式(2) : 限制每個 O-D pair w 必須滿足其所要求的服務水準。

最佳化演算法A的描述 :

- } 分成二個問題來討論 在第一個問題中, 在滿足端對端服務品質要求之限制式之下, 去找出最小

化每個網路元件使用率成長至門檻值之預期時間中的最大值。

- } 假如第一個問題沒有一個可行解存在, 表示整個寬頻網路已經必須利用 rerouting 或是增加網路頻寬的「網路服務水準回復」(network servicing) 的演算法來解決這個問題。

- } 在解出第一個問題之後我們便可以計算出部分網路元件對應之監測門檻設定值。

- } 接下來我們便固定在前面已解出監測門檻設定值的網路元件, 把這當作另一個問題, 再套用同樣的演算法去解出部分網路元件對應之監測門檻設定值。如此反覆地利用這個演算法, 便可解出所有網路元件對應之監測門檻設定值。

以一個範例來說明我們的想要解決的問題 :

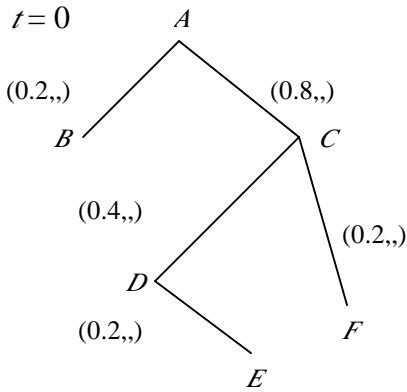
- } 令每個網路連線的元件的頻寬容量為 1 單位, 其上用三項資料來表示目前的使用率, 監測門檻值, 以及預期無法滿足服務指標單位時間。

- } 目前網路中存在有五個點對點的使用者對需求, 分別是 $A-B$ 、 $A-C$ 、 $A-D$ 、 $A-E$ 、 $A-F$, 其需求的頻寬值各為 0.2 單位。

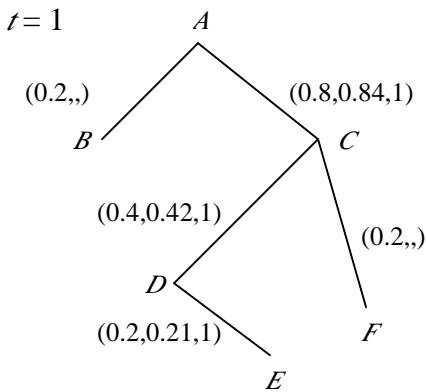
- } 假設所有點對點的服務要求的品質指標是延遲時間為 1.47, 而網路元件使用率 (u) 及點對點的服務的延遲時間 (y) 的函數轉換假設為 $f(u)=u$ 。

- } 流量的成長率假設為每單位時

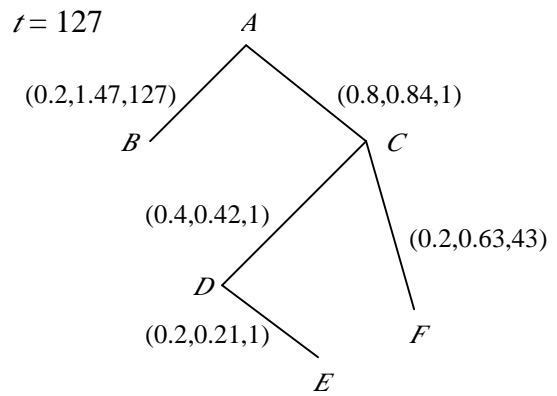
間成長 5%。



在計算之後，得到在時間 43 時， $A-F$ 的延遲會達到要求品質指標（ $0.84+0.63=1.47$ ）的臨界值，所以此時可以決定使用率監控門檻設定值： CF 為 0.63，而 t_{CF} 為 43。

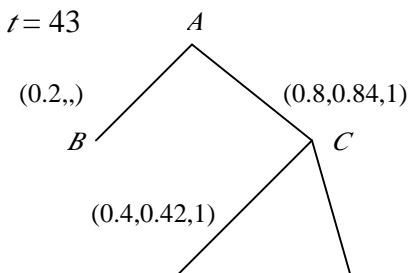


在計算之後，得到在時間 1 時， $A-E$ 的延遲會達到要求品質指標（ $0.84+0.42+0.21=1.47$ ）的臨界值，所以此時可以決定使用率監控門檻設定值： AC 為 0.84， CD 為 0.42， DE 為 0.21。而 t_{AC} ， t_{CD} ， t_{DE} 均為 1。



在計算之後，得到在時間 127 時， $A-B$ 的延遲會達到要求品質指標（ $1.47=1.47$ ）的臨界值，所以此時可以決定使用率監控門檻設定值： AB 為 1.47，而 t_{CF} 為 127。

未來研究可以再考慮把「沒有新的服務產生」這個假設去除，如此整個問題會更具有一般性。



REFERENCES:

- [1] Dimitri Bertsekas and Robert Gallager. Data Networks, Prentice-Hall Inc., pp. 493-530, 1992.
- [2] J.M. Jaffe. A decentralized “optimal” multiple-user flow control algorithm. *In Proc. 5th Int. Conf. Comput. Commu.*, pp. 839-844, 1980.
- [3] J.M. Jaffe. Bottleneck flow control. *IEEE Transactions on Communications*, COM-29: 954-962, 1981.
- [4] H. Hayden. Voice flow control in integrated packet networks. *Technical Report, LIDS-TH-1152, MIT Laboratory for Information and Decision Systems*, Cambridge, MA, 1981.
- [5] F.Y.S Lin and J. Yee. Three algorithms for routing and flow control in virtual circuit networks. *Proc. IEEE GLOBECOM*, San. Diego, California, Dec. 1990.