

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

在多點跳躍式無線特殊網路中的自我偵測動態通道分配

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2213-E-343-004-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：南華大學電子商務管理學系

計畫主持人：吳建民

計畫參與人員：徐志偉 游千冊 梁海斌

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 9 月 4 日

一、中文摘要

在多重跳躍式無線特殊網路(Multihop Ad Hoc Network)的環境下，一個好的通道資源分配(channel assignment)方式不應該只保證資料傳輸能再不發生碰撞的情況下成功傳輸，而是要更進一步地將頻寬使用增益(Bandwidth Gain)儘可能的提升而增加整個網路的效能。當網路的規模逐漸增長時，使用固定式的通道資源分配是相當沒有效率的作法。傳統的TDMA 通道分配方式預先將時槽(Time Slot)分配給每個使用者。在這樣的作法下，必須保留足夠的時槽給所有的網路節點(Nodes)，也必須預留一些時槽來讓新的節點加入時使用。如此網路頻寬資源的使用就變地相當沒有效率，因為系統無法依照網路流量來對通到分配方式做適當的改變。在此計畫中，我們提出了自我偵測動態分配通道(Self-Detection Dynamic Channel Assignment)的方式，考慮到了在保障使用者一定的QoS品質下，還能同時對多餘的頻寬資源做有效的利用。經由程式模擬的結果顯示我們所提出的做法跟均勻動態通道分配(Uniform-DCA)比起來有較大的頻寬增益。

關鍵詞：動態分配通道(DCA), 分時多重存取(TDMA), 跳躍式無線特殊網路(Ad Hoc Network)

Abstract

A good channel assignment scheme in a multihop ad hoc network should not only guarantee successful data transmissions without collisions; but also enhance the bandwidth gain to maximize the system throughput. It becomes very inefficient to use fixed channel assignment when the network size grows. Therefore, bandwidth gain of channel become more important in a large multihop ad hoc network. Traditional TDMA channel assignment pre-allocate time slot for each user. In such scheme, it must provide enough time slot for all nodes, including the possible new incoming nodes. This shows inefficiently use of the bandwidth resources, because it could not adaptively adjust the resource allocation according to the network traffic. In this paper, we propose a self-detection dynamic channel assignment (SD-DCA), consider the problem of maintaining the most efficient use of scarce bandwidth resource and simultaneously provide QoS guarantee to users in a multihop ad hoc network. We show that our proposed scheme has better bandwidth gain than uniform dynamic channel assignment (Uniform-DCA) that the size of frame length is fixed.

Keywords: DCA, TDMA, Ad Hoc Networks.

二、緣由與目的

頻寬在無線網路中是一項珍貴的資源。在一個無線網路中，頻寬可以動態地依照網路負載分配給

各個節點(Node)，或是直接分配固定的通道供其使用，就如同蜂巢式網路一樣。在這種固定分配的情形下，一部分被稱做為通道的頻寬資源被分配給特定的幾個節點或是一群節點，並使的它們所分配的頻帶不會有互相干擾的情形發生。如此一來就可以達到一定的服務品質保證(頻寬,延遲...等)。然而，如此的傳統通道分配方式是預先規劃好的因此對於網路負載或是網路拓撲的改變較無適應性。

一個好的通道資源分配(channel assignment)方式不應該只保證資料傳輸能再不發生碰撞的情況下成功傳輸，而是要更進一步地將頻寬使用增益(Bandwidth Gain)儘可能的提升而增加整個網路的效能[1]。

之前大多數通道分配的方法都是建構在蜂巢式網路的基礎下[2]，在一個固定通道分配(Fixed Channel Assignment)的方法中，由於通道無法有效的重覆使用，當一個新的連線在嘗試著被鏈起來時，若無法找到一個可用的時槽，這個連線將被阻斷。由於網路系統負載會隨著時間而改變，如果使用固定通道分配便會導致一個低效率的資源分配。

對於一個動態通道分配(Dynamic Channel Assignment)的方法，通道並不事先分配給任何使用者，而是動態的分配給一個使用者，並且必須觀察通道是否能重複使用，以提升通道重複使用率，且動態通道分配能夠隨著時間與空間的改變來調整通道的分配[2]。

大部分的研究並沒有考慮到一個新的節點產生時的自動化行為，一般的協定分配時槽給新節點使用的方式由於需要提供足夠的時槽來讓新的節點使用，因而導致大量的時槽經常沒被使用而閒置，如此網路資源的重覆使用率就顯的相當低[3],[4]。在[5]中，作者提出一種通到分配的方式來解決在跳躍式無線特殊網路(Wireless Ad Hoc Network)中隱藏節點(Hidden Terminal)的問題。然而他使用方沛時槽的方式仍然是固定式的。

在[6]，作者提出一種USAP(Unifying Time Slot Protocol)的通道分配方式。此方法已經將新節點加入時的行為自動化並且分配訊框給各個節點使用。在此作法中每個節點都有固定的時槽使用，因此USAP必須提供足夠的訊框和時槽以供網路上每個節點使用。當網路成長時，通道的使用程度就因為這些大量沒被使用的時槽而降低。在[7]中的USAP-MA(USAP-Multiple Access)改善了如此的長訊框(Long Frame Length)和時槽循環(Time Slot Cycle)，然而這種方法並沒有提供何時必須改變訊框長度或是當一個新節點加入時必須如何分配一個時槽給它。在此方法之下仍然浪費了許多的時槽因而導致了較低的通道使用率。

另一種由USAP改善的通道分配方式也被提出。這個方法對一個新的節點產生在多重跳躍式無線特殊網路中的行為做了更多的自動化的考量。但此方法仍屬於預先規劃好的通道分配方式因為他預先將時槽分配給各個節點。而這些被預先分配好的時槽在這些節點沒有傳送資料時也沒被釋放出

來供其他節點使用。如此導致了不好的重覆使用率。當一個節點需要較多的時槽來處理burst traffic時，這種方法就無法提供多的時槽給它使用。因此時槽的使用在此種方式中仍然是有較低的通道重覆使用率。

在本計劃中我們考量了

三、TDMA

分時多重接取(Time Division Multiple Access)將可用的頻寬在時間的領域上作分配。每個頻帶被切割成許多時槽(通道)。一組如此週期性重覆的時槽則被稱做是一個TDMA的訊框。每個節點都被分配一個訊框中的一個或是多個時槽使用，而這些節點只能再分配的時槽中做傳輸[9]。

對於一個聲音或影像串流的多媒體傳輸，以連結為導向的方法經常被使用到，這些多媒體傳輸為了要確保沒有任何延遲，因此並不允許在傳輸期間有任何干擾或競爭，對於這樣的高品質保證，多媒體傳輸便需要一個獨立的通道。當時間被分割成很多個時槽時，就可以同時有很多個傳輸被進行，而且每一個傳輸都將獨立佔有一個通道，一直到傳輸結束。一個 TDMA 的系統得利於如此的觀點之下，因而所需要的無線收發器的數量就可以降低，並且一些如同換手控制(Hand-off Control)這類的系統控制功能，也能輕易地被實現。Monitoring。。。。。。。。。

四、自我偵測動態通道分配(SD-DCA)

雖然將 TDMA 運用到多重跳躍式無線特殊網路已經有許多相關的研究，但是其中大部分並沒有考量到一些對於移動式節點(Mobile Node)所需的自動化行為，也無法分配時槽給新加入的移動式節點所使用。

基於這樣的理由，我們提出了在多重跳躍式無線特殊網路下的一種自我偵測 TDMA 動態分配通道的方式(Self-Detection TDMA Dynamic Channel Assignment)。我們所提出的作法依照網路的流量和競爭區內移動式節點的多寡來動態地改變訊框的長度進而控制了 increase of unassigned slot。當一個新的節點偵測到衝突時，它利用探聽和收集競爭區內節點時槽分配資訊的方式來解決衝突。我們可證明此提出的方法改善了通道的重覆使用率並大大提高了系統效能。

A 訊框

每個節點的訊框長度都設為2的次方[8]。而每個訊框的第一個時槽為控制通道(Control Channel)，是用來為一個新的節點安排時槽時所使用。

B 資料傳輸通道(Data Channel)

一個新的節點利用資料傳輸通道來傳送資料。訊框長度、被分配的時槽以及此節點的鄰居等資訊也被包含在傳輸封包中。

C 控制通道(Control Channel)

在控制通道下有四個階段，分別是：

1) 請求

這是初始階段，一個節點送出請求封包來獲取競爭區中的訊框長度以及時槽分配的情形。

2) 回應

這是第二階段，在此時收到請求封包的節點送出回應封包，此封包中包含了發送者本身以及鄰居們的訊框長度和時槽分配情形。

3) 保留

在此階段，新節點偵測到第二階段的回應封包後，依照其資訊調整訊框長度和自己所得的時槽分配，並將之經由保留封包發送給其他人。

4) 確認

此階段是當其它節點收到保留封包後所做的確認動作。

D 動態通道分配

在多重跳躍式無線特殊網路的自我偵測動態通道分配方式是基於利用時槽來作分配的架構而發展出來。此方法是修改自[8]。但我們所提出的作法依照網路的流量和競爭區內移動式節點的多寡來動態地改變訊框的長度進而控制了increase of unassigned slot。我們將證明此提出的方法改善了通道的重覆使用率並大大提高了系統效能。每個節點在控制時槽中皆參與了保留的程序。一個新的節點依照下列程序來進行通道分配Fig 1：

1) 要求取得競爭區中的訊息

2) 設定訊框長度以及通道分配

3) 預留通道

a)獲取一個未分配的時槽

b)釋放一個已被選用的時槽：

要求一個使用多個時槽的節點釋放一個時槽來供自己使用。

c)倍增訊框長度

4)確認通道分配

五、成果評估

在此我們將對 SD-DCA 的效能做評估並將其與 Uniform-DCA 做比較。在 Uniform-DCA 之下，訊框的長度皆是固定的，每個節點透過它的第一hop的鄰居們收集兩個hop內所有節點的通道分配資訊。如果一個節點已經選定某個特定的時槽來使用那麼在他使用的這段期間內，與他鄰近兩個hop內的其他節點便不可使用相同的時槽來傳輸資料。在這種固定訊框長度的情形下，即使訊框中有沒在使用的時槽，每個節點仍必須等待一個訊框長的循環時間來傳輸資料。但是在 SD-DCA 之下，節點可以適應性地調整它的訊框長度，因此相較 Uniform-DCA 可以有較好的效果。

整個模擬環境是在一個有限區域 283x425, 400x600, 490x735, 566x849 和 693x1040 平方公尺的大小內隨機放置 100, 200, 300, 400 和 600 個節點。利用 C 語言寫一個模擬程式。一個多點跳躍式無線網路的節點，網路面積將會隨著節點數的增加而成比例增加，而這個目的乃是要讓

每一個節點在無線傳輸範圍下的相鄰節點數相同，而每一個節點的無線傳輸範圍是固定的，每一次的模擬時間也足夠長。時間分割多重存取(TDMA)的訊框大小被分割成很多個時槽(Time Slot)，模擬期間系統參數將會被改變以探討個別參數改變對系統的影響。網路的大小和節點個數的大小成固定比例，單位面積內的節點個數大約為 9.4 個。節點的電源在整個模擬期間一直保持在開啟的狀態，而每一個節點的傳輸範圍固定在 60 公尺，模擬時間設為 400,000 秒。在此我們假設每個點都是靜態的，也就是說連線路徑不會因為節點的移動而被破壞。控制通道使用一個獨立的時槽(每個訊框的第一個時槽)。而整個時槽的總數即為資料通道數加上一個控制通道。

網路的負載是均勻的分布在所有的節點伴隨著不同的 overall loads(到達率與離開率離開率的比值)。到達率(Arrival Rate) 是每秒鐘新的連線出現的數量；離開率(Departure Rate) 是每秒鐘舊的連線結束的數量，也就是每條連線的平均生命週期的倒數。離開率固定設在 0.05 而改變 arrival rate 來達到不同的網路負載。因此當到達率是 1 的時候，overall load 就是 20，這是指目前平均有 20 條有效的連線存在漁網路上。在一個特定的網路負載下(arrival rate)，我們首先將新的連線何時會到達做排序。當一條新的連線產生時，它的來源和目的地就依照均勻分佈的方式獨立地被挑選出。因此，網路的負載是依照連線需求的多寡決定，而不是節點的數量。

在一個多重跳躍式無線特殊網路下，我們依照下列的方式來做評估：

頻寬增益 ε ：SD-DCA 相較於 Uniform-DCA 頻寬利用的增幅

- m : 在 SD-DCA 下每個點的 cycle length
- n : 在 Uniform-DCA 下每個點的 cycle length
- $t(i)$: SD-DCA 中在各個不同訊框長的維持時間(hold time)
- T : Uniform-DCA 下最大訊框長的維持時間

$$m = \sum_{i=1}^5 L_{SD-DCA}(i)t(i)$$

$$L_{SD-DCA}(i) = \begin{cases} 4 & i=1 \\ 8 & i=2 \\ 16 & i=3 \\ 32 & i=4 \\ 64 & i=5 \end{cases}$$

$$T = \sum t(i)$$

則

$$\varepsilon_{node} = \frac{m}{n}$$

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^{Nodes} \varepsilon_i}{N}$$

Fig.2 和 Fig.3 是當到達率為 1, 2, 4 以及 8 時，相異最大訊框長之間的“平均連線數 vs. 節點數”關係圖。在固定的網路負載下(到達率)，由於可用的時槽數隨著最大訊框長的增加而變多，因此可以容許更多的連線數存在漁網路上；因為網路負載主要是由到達率和離開率所決定的，因此網路節點數的多寡對連線數量並沒有太大的影響。明顯的，當網路負載增加時，連線數也會隨之上升。而在一個固定的網路負載下，連線需求(Connection Request)應皆相同，與節點數無關。然而有些連線需求卻因為路由的關係而被阻斷了，這些路由的問題則與不同的網路拓樸有關。因此我們看到圖中在網路連線數的部分仍有些不同。另外，在固定的節點數之下，連線數是隨著網路負載而成長的。我們比較 Fig.2 和 Fig.3 看到這兩張圖之間並沒有很大的不同，這是由於 SD-DCA 在系統趨於穩定時，它的訊框長度已經成長到最大值，因此與 Uniform-DCA 看起來是很相近的。

Fig.4 和 Fig.5 是在不同到達率時的“每條連線的平均 hop 數 vs. 節點數”關係圖。在固定的網路負載下，由於網路拓樸隨著節點數的增加而變大，因此 hop count 的數量也會增加；然而當網路負載增加時，節點之間的競爭就更為激烈，因此許多連線數就因為沒有取得時槽而被阻斷。這導致一個長路由的連線相較於一個短路由的連線更容易被阻斷。因此平均 hop 數會隨著網路負載的增加而減少。若最大訊框常增加，可用的時槽數也跟著上升，所以因無法取得時槽而被阻斷連線的機率就會減少。因此我們看到最大訊框長越大的時候，長路由被建立的數量也就越多，也就是平均 hop 數越高。Fig.4 和 Fig.5 之間並無太大差異，原因也是因為當系統穩定時 SD-DCA 的訊框長已經成長至最大值。

當系統趨於穩定，SD-DCA 的訊框長已成長至最大，此時 SD-DCA 與 Uniform-DCA 的訊框長相同(Uniform-DCA 的訊框長不變，初始訊框長同等於 SD-DCA 的最大訊框長)，因此在此刻的通道重複使用率兩者是很相近的。但唯一不同的地方在我們先前所定義的頻寬增益。由於每個點所得到的通道分配情形不盡相同，我們在此取一點為例。假設一個點的執行時間(Run time)為 10,000(秒)，Uniform-DCA 的訊框長和 SD-DCA 的最大訊框長為相同值(假設為 32)。若 SD-DCA 的初始訊框常設為 4，而系統跑在訊框長 4, 8, 16, 32 的時間分別為 1,000 秒、2,000 秒、3,000 秒和 4,000。那麼可以得到頻寬增益為 2.6。換而言之，在訊框長跑在 4, 8, 16, 32 分別有 8, 4, 2, 1 的頻寬增益。從 fig.6 可以看到 SD-DCA 相較於 Uniform-DCA 的頻寬增益。隨著最大訊框長的增加，平均的頻寬增益也跟著上升。

六、成果自評

我們提出了一種自我偵測動態通道分配的方式來將網路頻寬資源做有效率的利用。作法是將對

於每個連線所用的時槽動態地分配，並且當網路負載增加時改變訊框的長度。我們分別在現存連線數、通道重複使用率以及頻寬增益幾個方面作評估。結果顯示在我們的作法下相較於 Uniform-DCA 有較好的頻寬增益。

七、參考文獻

- [1] T.C. Hou and T.J. Tsai, "On the cluster based dynamic channel assignmen for multihop ad hoc networks," JCN, vol.4, no.1, pp.40-47, March 2002.
- [2] K.L. Yeung and T.S.P. Yum, "Compact pattern based dynamic channel assignment for cellular mobile systems," IEEE Trans. Veh. Technol., vol.43, no.4, pp.892-896, Nov. 1994.
- [3] H. Lee, J. Yeo, S. Kim, and S. Lee, "Time slot assignment to minimize delay in ad hoc networks," IST Mobile Communications Summit, Sep. 2001
- [4] L.C. Pond and V.O.K. Li, "A distributed time-slot assignment protocol for mobile multi-hop broadcast packet ratio networks," in Proc. IEEE MILCOM '89, vol 1, pp.70-74, Nov. 1989.
- [5] C.R. Dow, C.M. Lin and D.W.Fan, "Avoidance of hidden terminal problems in cluster-based wireless networks using efficient two-level code assignment schemes," IEICE Trans. Commun., vol.E84-B, no.2, pp. 180-190, Feb. 2001.
- [6] C.D. Young, "USAP : A unifying dynamic distributed multi-channel TDMA slot assignment protocol," in Proc. IEEE MILCOM '96, vol. 1, pp.235-239, Oct. 1996
- [7] C.D. Young, "USAP multiple access : dynamic resource allocateion for mobile multi-hop multi-channel wireless networking," in Proc. IEEE MILCOM '99, vol 1, pp.271-275, Nov. 1999
- [8] A. Kanzaki, T. Uemukai, T. Hara, and S. Nishio, "Dynamic TDMA slot assignment in ad hoc networks," in Proc. 17th IEEE AINA'03, pp. 330-335, Mar. 2003
- [9] C. Siva Ram Murthy and B. S. Manoj, "Ad Hoc Wireless Networks Architectures an Protocols," WWW. PHPTR.COM, Prentice Hall.
- [10] A. Raniwala and T.C. Chiueh, "Architecture and algorithms for an IEEE 802.11 based multi-channel wireless mesh network", IEEE INFOCOM 2005
- [11] J. So and N. Vaidya, "Multi-channel MAC for ad hoc networks : handling multi-channel hidden terminals using a single transceiver," ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MOBIHOC), May 2004, pp. 222-233
- [12] W. Lou and J. Wu, "Double-Covered Broadcast(DCB) : a simple reliable broadcast algorithm in MANETs," IEEE INFOCOM 2004
- [13] W.M. Moh, D. Yao, and K. Makki, "Wireless LAN: Study of hidden-terminal effect and

multimedia support," Proc. International Conference on Computer Communication and Networks, pp.422-431, 1998.

- [14] S. Khurana, A. Kahol, and A.P. Jayasumana, "Effect of hidden terminals on the performance of IEEE 802.11 MAC protocol," Proc. IEEE Local Computer Networks, pp. 12-20, 1998.
- [15] L. Hu, "Distributed code assignment for CDMA packet radio networks," IEEE/ACM Trans. on Netw., vol.1, no.6, pp.668-677, Dec. 1993.
- [16] A.A. Bertossi and M.A. Bonuccelli, "Code assignment for hidden terminal interference avoidance in multihop packet radio networks," IEEE/ACM Trans. on Netw., vol.3, no.4, pp. 441-449, Aug. 1995.

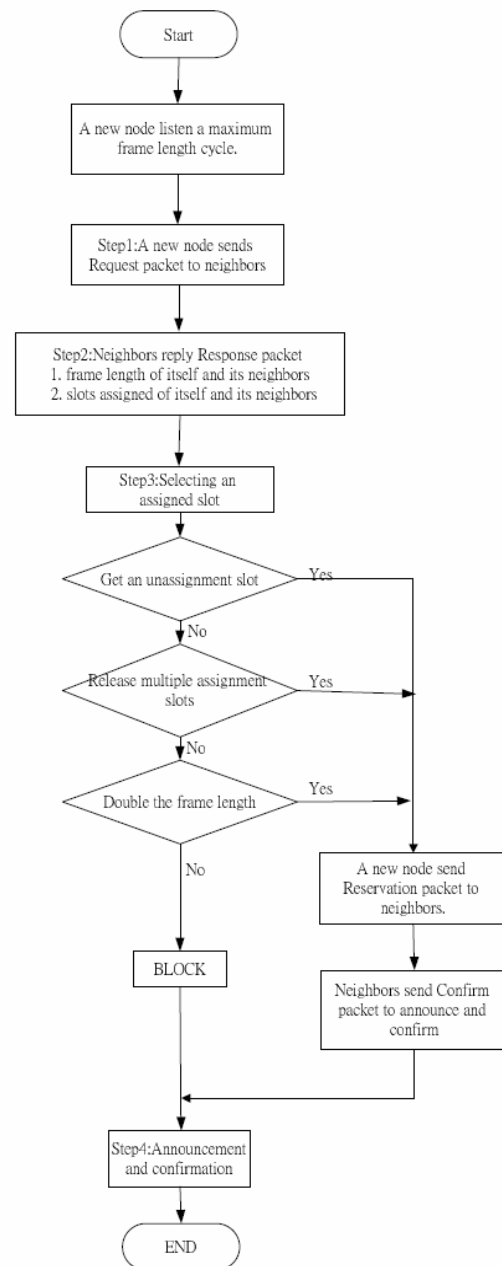


Fig.1 Schedule channel flow chart

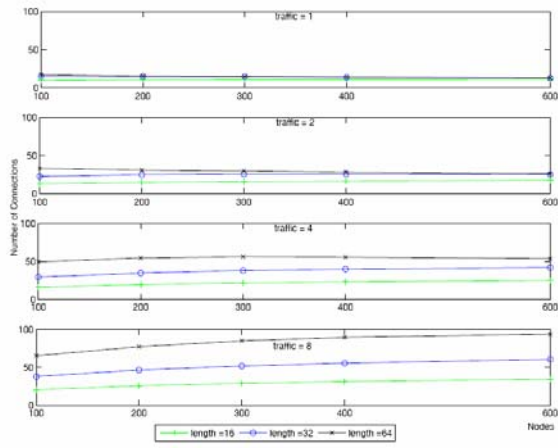


Fig.2 Average number of connections for SD-DCA versus nodes, with arrival rate = 1,2,4 and 8

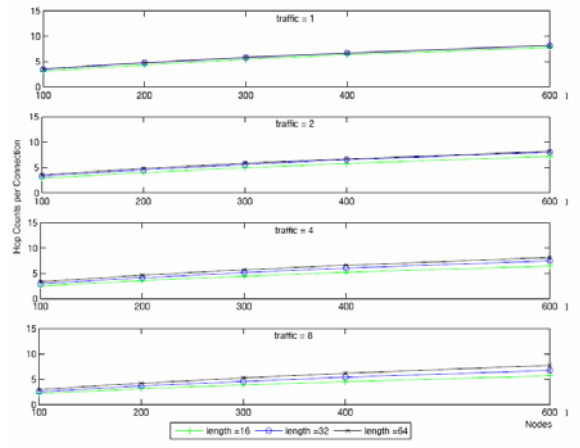


Fig.5 Average hop counts per connection for Uniform-DCA versus nodes, with arrival rate = 1,2,4 and 8

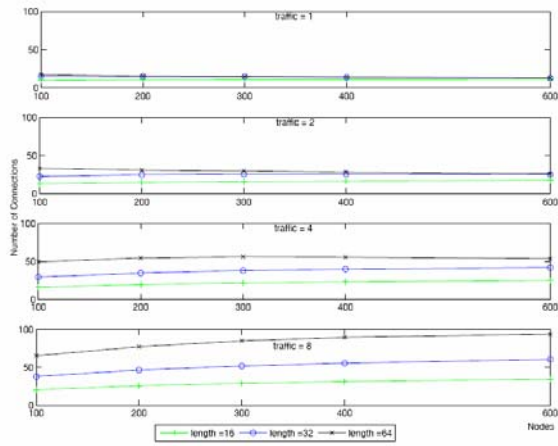


Fig.3 Average number of connections for Uniform-DCA versus nodes, with arrival rate = 1,2,4 and 8

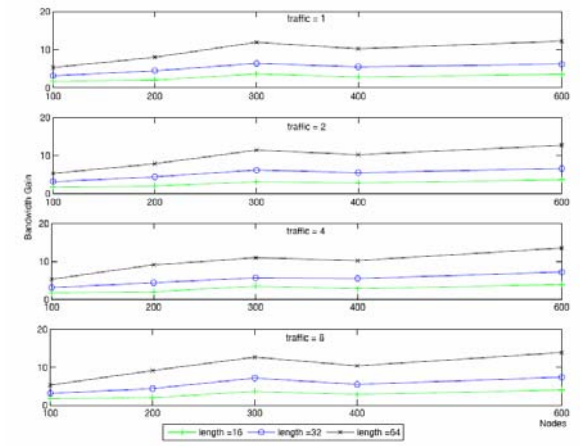


Fig.6 The bandwidth gain for SD-DCA versus nodes, with arrival rate = 1,2,4 and 8

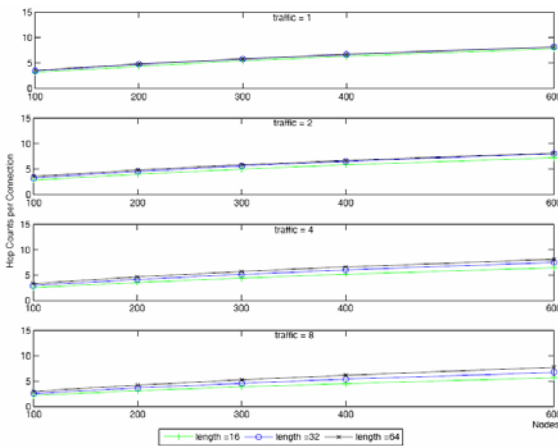


Fig.4 Average hop counts per connection for SD-DCA versus nodes, with arrival rate = 1,2,4 and 8