

隨意無線網路之雙通道方向性媒體接取控制機制

劉建源

正修科技大學 資訊工程系 助理教授

e-mail: cyliu@csu.edu.tw

葉嘉欣

正修科技大學 電子工程所資工組 研究生

e-mail: km9503120@csu.edu.tw

摘要

由於方向性天線之傳輸效能優於全向性天線，使得方向性媒體接取控制機制成為隨意無線網路領域裡熱門的研究議題。它能夠提升空間重用率、增大傳送範圍並節省傳送功率。為了充分發揮多組方向性天線之優勢，我們使用兩個通道來估計通訊的距離，以便能提昇空間重用率。

本篇論文中我們提出 DC-DMAC，它是改良自過去相關論文所提出的 DMAC-1 與 DMAC-2。DMAC-1 能提昇空間重用率，但會加重碰撞問題。雖然 DMAC-2 能減低碰撞問題，但卻會引發失聰問題並犧牲了空間重用率。DC-DMAC 可以解決上述問題。

關鍵詞：隨意無線網路、雙通道、方向性媒體接取控制

Abstract

Directional antenna is a hot research issue in ad hoc wireless networks, because it outperforms omni-directional antenna in the viewpoint of throughput. It improves spatial reuse, increases transmission range, and conserves transmission power. To leverage the advantage of multi-set of directional antennas, we use two channels to estimate the distance of a communication. This enables the enhancement of spatial reuse.

In this paper, we proposed the DC-DMAC which is evolved from the DMAC-1 and the DMAC-2 presented in the past related papers. DMAC-1 enhances spatial reuse, yet it aggravates collision problem. Though DMAC-2 relieves the problem of collision, it incurs deafness and compromises spatial reuse. DC-DMAC eliminates the above defeats.

Keywords: ad hoc wireless networks, dual channel, directional MAC

1. 簡介

隨意無線網路是一種可以自動建立連接節點之間的網路，具有快速建立網路拓撲不需

固定的基礎網路架構，就可以連成無線網路。

隨意無線網路的節點使用共同頻道來傳送資料封包，因此需要媒介存取控制來提高資料的傳送效率。目前在 IEEE 802.11 中的 DCF 是常被使用的方法，DCF 是利用 RTS/CTS 協調機制來減少隱藏和暴露終端節點所造成的封包碰撞發生情形；因此，我們提出雙通道方向性媒體接取控制機制(Dual Channel DMAC, DC-DMAC)，它利用一個為 High 另一個為 Low 的兩個頻道，好讓節點知道傳送距離的遠近，若節點傳輸距離遠，DC-DMAC 會使用 High 頻道、相反地，若傳輸距離近則使用 Low 頻道。

為了提升空間的使用率、功率控制[4]與失聰(Deafness)現象 [2], [8]，DC-DMAC 會透過方向性天線的使用並配合傳輸距離來選用 High 或 Low 頻道，這可進一步改善網路傳輸效能。本篇論文是使用 Qualnet[16]模擬軟體來進行 DC-DMAC 的實驗，在多跳網狀網路的環境下，DC-DMAC 的傳輸效能表現明顯優於 D-MAC。

2. 相關研究

2.1 IEEE 802.11 無線區域網路協定

IEEE 802.11 無線區域網路協定標準是由 IEEE 所制訂的，此協定涵蓋媒介存取控制層(MAC layer)以及實體層(PHY layer) [15]。

IEEE 802.11 媒介存取控制層提供了兩種不同功能的擷取方法，一種是分散式協調功能(DCF)，另一種是集中式協調功能(PCF)。分散式協調功能是 IEEE 802.11 媒介存取控制層最基本的擷取方法，它利用載波感測、多重擷取及碰撞避免(CSMA/CA)的技術，以及隨機延遲時間的機制，提供工作站傳送和接收非同步資料，此功能無法提供服務品質保證，並不適合傳遞即時性資料。因此，IEEE 802.11 利用額外的集中式協調功能來傳送及接收即時性資料，集中式協調功能可提供服務品質保證，作法是由中央協調者排程並決定哪台工作站可以傳送資料，這個中央協調者通常是由擷取點(Access Point)來擔任。

IEEE 802.11 規範了兩種不同類型的無線區域網路基本架構，一種是有基礎架構的無線區域網路(Infrastructure Wireless LAN)，如圖 1，另一種是無基礎架構的無線區域網路

(Ad Hoc Wireless LAN)，如圖 2。基礎架構是指既有的網路分散系統(Distribution System)，通常是由有線網路所組成。

在這網路架構裡，會存在一種節點，用來連接無線區域網路和既有的網路分散系統，這種節點我們稱為擷取點(AP)，它可以使存在於兩個不同無線區域網路的工作站互相通訊，也能使無線區域網路裡的工作站取得分散系統中的網路資源。

有基礎架構的無線區域網路裡的工作站能透過擷取點，經由網路分散系統與其他區域網路工作站互相傳遞資料。無基礎架構的無線區域網路則正好相反，並無法與該無線區域網路之外的工作站通訊，不過它擁有能夠即時架設的便利性，而且由於範圍較小，通常任意兩台工作站都能直接通訊。

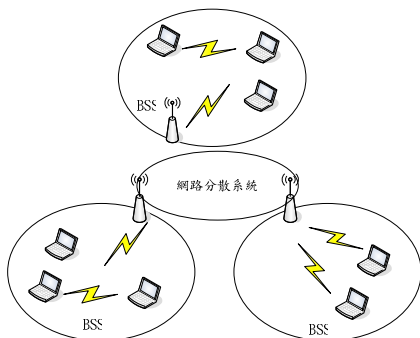


圖 1 基礎架構的無線區域網路

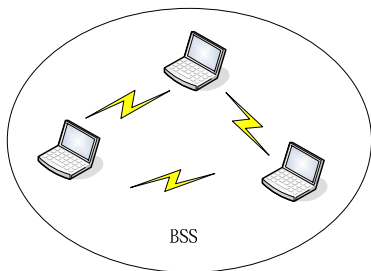


圖 2 無基礎架構的無線區域網路

2.2 IEEE 802.11 分散式協調功能(DCF)

DCF 所使用的 CSMA/CA 避免封包碰撞技術這與 IEEE 802.3 以太網路中的 CSMA/CD 不同，工作站在傳輸資料時，會先偵測頻道中是不是有資料在進行傳送，如果該頻道屬於忙碌狀態，工作站就不會傳送資料給接收端。若頻道是閒置的狀態，則可將資料傳送給接收端。圖 3 所示為 DCF 的基本存取機制之傳輸方式。

圖 4 顯示 IEEE 802.11 為了解決無線區域網路中碰撞不易偵測的問題，所利用的一種額外的機制叫做 RTS/CTS 存取機制。為避免資料

傳輸時與其它工作站發生碰撞，工作站會先偵測頻道狀態，當頻道狀態由忙碌轉為閒置時，工作端會等一個 DIFS 時間後會立即發送 RTS 控制訊框。當接收端接收到 RTS 訊框之後，會將 CTS 控制訊框回覆給傳送端，而其他的工作站收到傳送端和接收端所發出的 RTS 和 CTS 訊框後會啟動工作站的網路配置向量(NAV: Net Allocation Vector)。

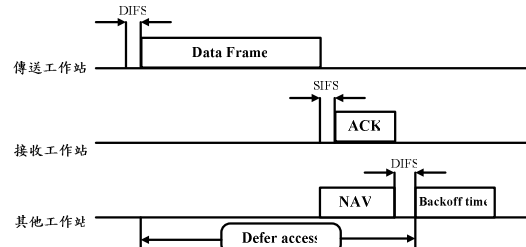


圖 3 DCF 基本存取機制

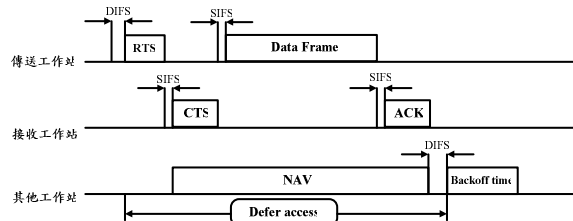


圖 4 加上 RTS/CTS 之 DCF 存取機制

由於在 RTS 和 CTS 訊框中還存放傳送端要傳送封包的持續時間，其他工作站在接收到 RTS 和 CTS 訊框之後，會把該時間記錄在自己的 NAV 內，在 NAV 時間還沒有歸零以前，工作站不能傳送任何資料。利用 NAV，工作站可以知道目前頻道是否為閒置狀態，因此稱 NAV 為虛擬載波偵測。

2.3 方向性媒體存取控制(Directional MAC)

D-MAC[3],[6],[7],[8],[9],[10]是使用方向性天線來取代 802.11 所用的全向性 MAC。方向性媒體存取控制機制定義每個節點可以有多支天線，當某節點 A 收到另一節點 B 的 RTS 或 CTS 封包時，A 對到 B 方向的天線會註記為該方向的通道“已被阻塞”，同理其他收到 Y 的封包的節點也會將對到 Y 方向的天線註記為“已被阻塞”，於是保證 Y 的後續資料傳送不會受到周圍節點的干擾。

節點運用方向性天線[10]，即使有一個方向的天線被阻塞時，仍可利用其他方向性天線傳輸，故可以使同樣的節點不至於被阻塞。由於方向性天線允許未受到阻塞的天線可繼續

傳送封包，故可改善使用通道的效益。

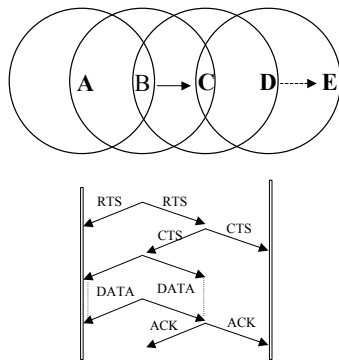


圖 5 使用 RTS/CTS 機制之 IEEE 802.11

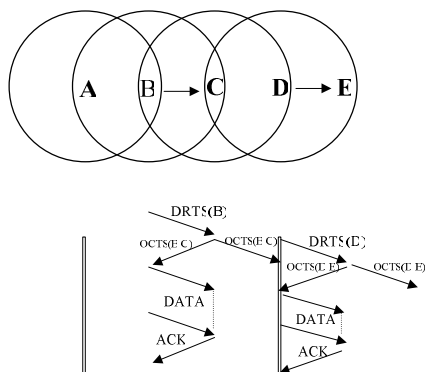


圖 6 方向性 MAC 機制

2.3.1 DRTS Packet

方向性 MAC 機制運用方向性天線來傳送 RTS 封包，而 CTS 封包則以全向方式來傳送。

假設節點 B 有一個資料封包要傳送至節點 C，首先節點 B 會先送出方向性 RTS 封包給節點 C，存在於 B 傳輸範圍之內的節點 A 就受不到節點 B 的 DRTS。如果節點 C 成功地接收到節點 B 的 DRTS 封包，節點 C 會接著回送一個全向性封包 OCTS，DRTS 和 OCTS 封包成功交換之後，再由節點 B 使用方向性天線送出資料封包，當節點 C 收到資料封包後，立刻回傳方向性 ACK 封包給節點 B。

假設節點 D 需要傳送資料至節點 E，由於節點 D 是節點 C 的鄰近節點，當節點 D 收到節點 C 送出的全向性 OCTS 後，節點 E 上指向節點 C 的方向性天線必定會阻塞，但如果節點 D 知道其對節點 E 的傳送不會干擾節點 C 的話，節點 D 就可以進行資料傳送。因此節點 D 可以像節點 B 到節點 C 的傳送方式一樣地送資料到節點 E。相對的，如果使用全向性 RTS/CTS 機制，則節點 D 必須先等待，直到節點 B 到節點 C 的傳輸結束，這會導致功率消耗增加以及傳輸效能不彰。

2.3.2 DRTS 和 ORTS Packets

為了改善網路效能 DMAC-1 不使用全向 RTS 封包，而使用 DRTS 代替全向 RTS，但在某些情況下會使控制封包碰撞的可能性增加。

圖 7 中所示，如節點 B 傳送資料封包到節點 C，由於節點 A 並沒有接收到節點 B 和節點 C 之間在傳輸資料封包的訊息，因節點 B 是使用 DRTS，如果在節點 B 和節點 C 傳送期間，節點 A 欲發送封包到節點 B，則由節點 A 到節點 B 的 DRTS 會與正在傳送的 OCTS 或 ACK 控制封包的節點 C 發生碰撞在先前全向 RTS 和 CTS 的交換機制不會發生此種情況。

為了減少控制封包碰撞的可能性，於是有人提出 DMAC-2 協定，內容包含兩個類型的 RTS：方向性 RTS(DRTS)和全向性 RTS(ORTS)。在使用 DMAC-2 的情況下，當節點要建立資料傳送時，可傳送 ORTS 和 DRTS 兩個交換機制：如果節點方向性天線沒有被阻塞時，將會送全向性 RTS，否則只能就未被阻塞的方向送封包。

圖 8 是假設節點 B 想發送封包到節點 C，而在節點 B 無任何天線區域被阻塞，在這種情況下節點 B 將廣播一個 ORTS 封包，節點 A 和 C 會收到該廣播封包，於是節點 A 和 C 指向 B 的方向將會設為阻塞狀態。

若節點 A 欲發送資料到節點 B 時，將等待節點 B 到節點 C 的傳輸結束後才能傳輸(對應方向性天線不阻塞為原則)。若節點 D 欲發送資料至節點 E，則節點 D 會先送 DRTS 到節點 E，因此 D 可以不用等待節點 B 到節點 C 的傳輸結束後才能傳輸。

故使用方向性天線比全向性天線能夠獲得更多的優點，可提升空間的使用率、減少不必要的干擾、增加傳送距離[1], [12]，以及可節省傳送資料的功率。

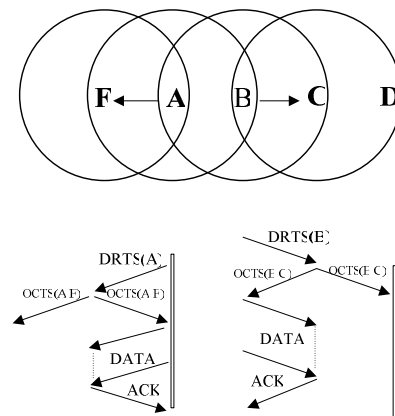


圖 7 DMAC-1

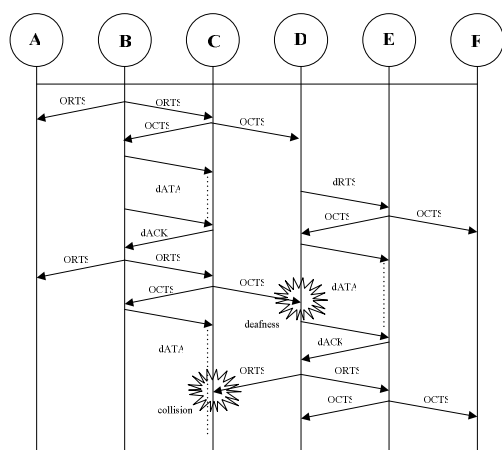


圖 8 DMAC-2 的碰撞問題

3. DC-DMAC 方法

為了有效改善 DMAC 裡的 Direction RTS 空間使用率的問題，因而提出兩個頻道的 DC-DMAC(Dual channel-DMAC)，當 DC-DMAC 在封包傳送時，可以使用全向性及方向性兩種方式來傳送資料，經由 NIT(Neighbor Information Table)來得知節點的距離與位置，修改 RTS、CTS 封包後，則可以避免 Deafness 的情況。

圖 8 中的 DMAC-2 由於節點 C 無法得知節點 D 和節點 E 正在傳輸資料封包，而在節點 B 傳送 OTRS 給節點 C 後，節點 C 會發出 OCTS 封包，這時節點 D 如果正在傳輸資料狀態，便無法接收節點 C 傳來的 OCTS 封包，故無法設定 NAV 和阻塞狀態，以上情況即為失聰 (Deafness)[11]現象。當節點 D 與節點 E 傳送結束，並進行下一次傳送時，而節點 D 會發出 ORTS，此時會與正在傳輸的節點 C 發生碰撞。

另一種情況是當節點 D 與節點 E 兩點之間進行傳輸時，節點 C 接收節點 D 的 ORTS 而必須阻塞自己的全向性傳輸，這時如果節點 B 送出 ORTS 封包到節點 C 時，由於節點 C 處於阻塞全向性傳輸狀態，而無法回覆 ORTS 封包給節點 B，因此節點 B 會持續發出 ORTS 封包，此情況會造成空間使用率的降低。

4. 實驗步驟

首先必須利用 NIT 得知相鄰節點的距離，若節點是遠距的，則使用 High 頻道傳送，再結合 DRTS 和 DCTS 傳送機制。

- (1). 先載波偵測，確認頻道是否有人在使用中，偵測時需要 DIFS 時間，若無人使用此頻道，可繼續下一步驟。
- (2). 利用 NIT 來得知目的節點的距離和方位。
- (3). 若得知節點距離較遠時，則使用 High 頻

道來進行傳輸。

- (4). 傳送端先送 ORTS 封包給接收端以告知對方，並且也讓鄰近的節點得知即將發生的傳輸。
- (5). 接收端收到 ORTS 封包後，會在 SIFS 時間內使用 High 頻道回應 OCTS 封包給傳送端。
- (6). 其他相鄰節點想要傳送資料前，需查 NIT 表來得知節點距離的遠近情形，如果距離近或 High 頻道正忙碌中則可使用 LOW 頻道，傳送方法與 HIGH 頻道進行傳輸的方式相似，以交錯通道[5]的方式來傳輸封包，。
- (7). 利用 NIT 記錄節點的距離與方位，再據以選擇是當通道與天線方向，可改善空間使用率，可使碰撞降至最低以及改善 Deafness 狀態。

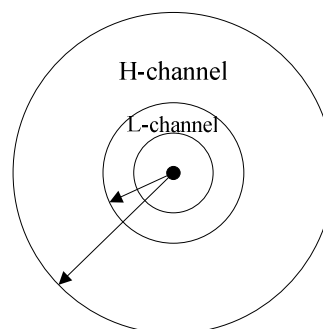


圖 9 DC-DMAC 示意圖

5. 模擬實驗與結果分析

我們所使用的網路模擬軟體為 Qualnet 4.0[16]，實驗所使用的網路拓樸有 Random 和 Grid 兩種，媒體存取控制機制是利用 DC-DMAC、DMAC 以及 802.11 來觀察平均傳輸量。模擬時間定為 60 秒，使用流量模型為 CBR (Constant Bit Rate) 的固定傳輸速率，設定封包大小為 1024 bytes，表 1 為實驗的模擬參數。

表 1 模擬參數表

參數名稱	參數值
節點分佈範圍	200m*200m
傳輸頻寬速率	2Mbps
實體介面	IEEE 802.11b
節點數	30個、25個
天線模式	switched beam
流量模型	CBR
模擬時間	60秒
封包大小	1024 bytes

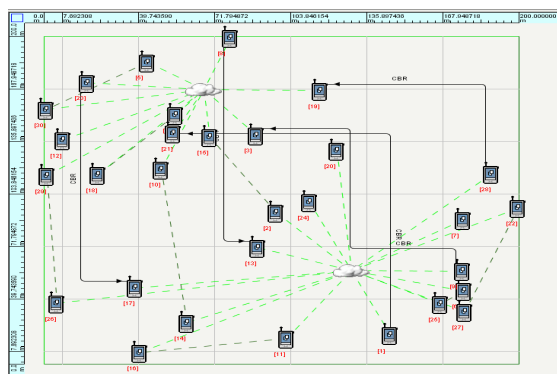


圖 9 30 個節點的拓模

圖 9 所示為 200m*200m 的分佈範圍，節點是使用隨機的方式產生，整個範圍中有 30 個節點並以單跳方式傳送 CBR 資料。圖 10 所示為 200m*200m 分佈範圍，節點是使用 Grid 的方式來產生 25 個節點並以 5-Hops 方式傳送 CBR 資料。

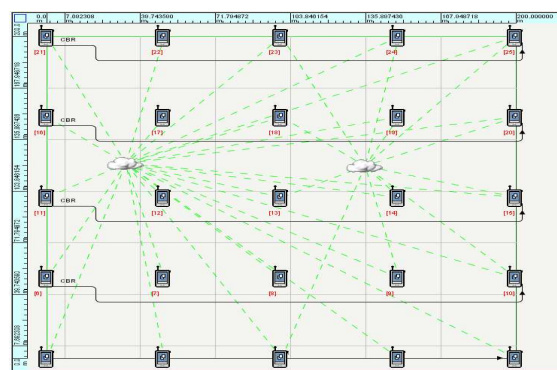


圖 10 25 個節點的拓模

圖 11 中可以發現在隨機分佈的實驗環境裡，節點的傳輸量隨著資料傳輸速率的加重而提昇，其中 DC-DMAC 傳輸量的表現優於 802.11 和 DMAC。而在圖 12 中可看出在 Grid 分佈的實驗環境裡，我們所提出的 DC-DMAC 方法的吞傳輸量效能遠比其他兩個協定好。

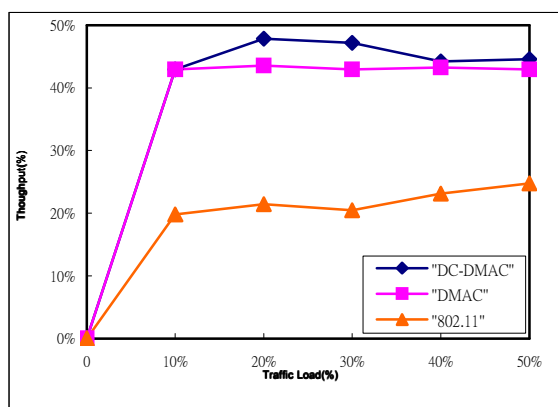


圖 11. 30 個節點的拓模的傳輸量

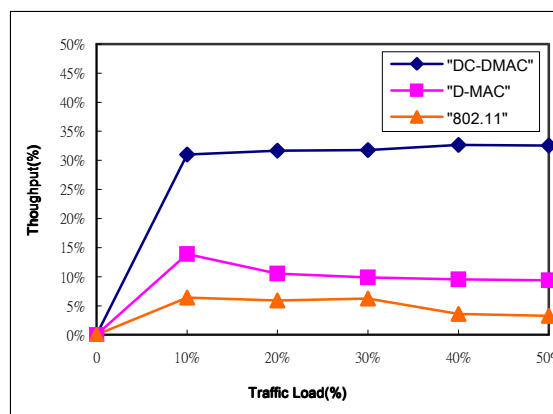


圖 12 25 個節點的拓模的傳輸量

6. 結論

本篇論文中我們提出隨意無線網路的 DC-DMAC 協定，DC-DMAC 協定利用兩個頻道以及使用指向性天線來傳送封包，DC-DMAC 會利用 NIT 表來記錄鄰近區域的節點距離與方位，並能夠知道哪個方位的節點有在進行傳輸，以防止節點碰撞和失聰現象。在 Qualnet 4.0 模擬軟體的輔助下，不論是在隨機的或 5-hops 的 Grid 無線隨意網路的環境裡，證實 DC-DMAC 協定的平均傳輸量都明顯優於 DMAC 和 IEEE 802.11 MAC 協定。

參考文獻

- [1] Chung Jim, Kuochen Wang "An integrated Multichannel selection and dynamic power control scheme for IEEE 802.11 wireless ad hoc networks," *Proceedings of NCTU*, 2003.
- [2] Choudhury R.R. and N.H. Vaidya, "Deafness: a MAC problem in ad hoc networks when using directional antennas," *Proceedings of ICNP* pp. 283–292, 2004.
- [3] Huang Zhuo-Chuan, Chien-Chung Shen, C. Srisathapornphat, C. Jaikaeo, "Topology control for ad hoc networks with directional antennas," *Proceedings of IEEE INFOCOM*, pp.16-21, Oct. 2002.
- [4] E.S. Jung and N.H. Vaidya, "A Power Control MAC Protocol for Ad Hoc Networks," *Proceedings of Mobicom 2002*, pp.36-47.
- [5] Jagadeesan S., B. S. Manoj, and C. SivaRam Murthy, "Interleaved Carrier Sense Multiple Access: An Efficient MAC Protocol for Ad Hoc Wireless Networks," *Proceedings of IEEE ICC*, vol. 2, pp. 11-15, May 2003.
- [6] Ko Y.B., Shankarkumar V., and N.H. Vaidya, "Medium access Control Protocols Using Directional antennas in Ad Hoc

- Networks," *Proceedings of IEEE INFOCOM*, pp. 13-21, 2000.
- [7] Ko Young-Bae, Choi Jong-Mu, Nitin H. Vaidya, "MAC protocols using directional antennas in IEEE 802.11 based ad hoc networks," *Proceedings of Wiley InterScience*, Apr 2007.
 - [8] Sang-Bo KO and Jeong-Woo JWA," A Dual-Tone DMAC Protocol for Mobile Ad . Hoc Networks," *Proceedings of IEICE VOL.E90-B*, NO2 FEBRUARY 2007.
 - [9] J. Wang, Fang Y, and D. Wu, "Syn-dmac: A directional mac protocol for ad hoc networks with synchronization," *Proceeding of IEEE Military Communications Conference (MILCOM)*, October 2005.
 - [10] T. Korakis, G. Jakllari, and L. Tassiulas, "A MAC protocol for full exploitation of directional antennas in ad hoc wireless networks," *ACM/SIGMOBILE MobiHoc*, pp.98-107, 2003.
 - [11] M. Takata, M. Bandai, and T. Watanabe, "A Directional MAC Protocol with Deafness Avoidance in Ad Hoc Networks," *IEICE Trans. Commun.*, VOL.E90-B, NO.4 APRIL 2007.
 - [12] Shih-Lin Wu, Tseng Yu-Chee, Chih-Yu Lin and Jang-Ping Sheu, "A Multi-Channel MAC Protocol with Power Control for Multi-hop Mobile Ad Hoc Networks," *Proceedings of Computer Journal*, Vol. 45, No. 1, pp. 101-110, 2002.
 - [13] Xiao Y. and J. Rosdahl, "Throughput and Delay Limits of IEEE 802.11," *IEEE Commun. Lett.*, Vol.6, pp. 355-357, Aug. 2002.
 - [14] H. Zhai, J. Wang, Fang Y., and D. Wu, "A dual-channel MAC protocol for mobile ad hoc networks," *Proceedings of IEEE Workshop on Wireless Ad Hoc and Sensor Networks*, November 2004.
 - [15] "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," *ANSI/IEEE Standard 802.11, Part 11*, 1999 Edition.
 - [16] Scalable Network Technologies, Qualnet simulator version 4.0, www.scalable-networks.com.