

Wireless LAN 802.11e EDCF 之效能改善

林文彥 王國尉 吳中實
萬能科技大學 中央大學

qqnice@msa.vnu.edu.tw jswu@wireless.ee.ncu.edu.tw

摘要

為了在無線網路802.11上提供服務品質保證(Quality of Service---簡稱QoS)，IEEE 802.11 Group E提出了802.11e，一個延伸自802.11的QoS-ware鏈結層協定，用以確保多媒體訊務的品質能夠得到保證。在802.11e提出了混合式協調功能(Hybrid Coordination Function, HCF)，包括了以輪詢為基礎的HCF通道存取機制(HCCA)和以分散競爭為基礎的EDCF通道存取機制(EDCA)，在這篇論文則只探討EDCF的效能改進。

目前已有相當多針對於改善802.11服務品質的相關研究，其中(AEDCF)這篇論文[1]希望根據當下的網路狀況動態的調整競爭視窗，進而減少及時訊務所可能遭受到的碰撞。然而此方法與EDCF在高通道負載的情況下皆會因為大幅度的碰撞而導致效能的快速下滑，因此本論文將延伸(AEDCF)的方法動態的調整競爭參數並且做適當修改，確保無論在何種通道負載下皆能夠保護高優先權訊務，並且使得整體網路效能維持在一定水準。

關鍵詞：802.11、802.11e、Adaptive EDCF、EDCF
Wireless Lan , QoS

1. 前言

IEEE802.11[2]標準定義了兩種不同類型的無線區域網路基本架構：有基礎架構的無線區域網路(Infrastructure Wireless LAN)與無基礎架構的無線區域網路(Ad Hoc Wireless LAN)。

無基礎架構的無線區域網路主要是要提供無限量的用戶，能即時架設起無線通信網路，在這種架構中，通常任二個用戶間都可直接通訊。

目前，IEEE 802.11已被廣範的使用，它的鏈結層包括了一系列用來分散無線資源的機制，以往用在有線網路的競爭機制CSMA/CD，由於無線環境與有線之間的差別，已不再適用，為解決這個問題，IEEE802.11提出了CSMA/CA。同時可運作在有基礎架構與無基礎架構環境的機制，稱為DCF，其使用CSMA/CA來分享無線資源。然而DCF只能提供best-effort的服務，並不能提供服務品質保證。然而隨著無線網路的蓬勃發

展，帶動了多媒體應用，例如隨選視訊、線上會議以及Voice on IP等等，這些應用皆需要QoS，IEEE 802.11e[3]因此被提出。

許多針對IEEE 802.11提供多媒體應用以QoS的方案已被提出，這些機制指派給單一工作站或各別flow以不同的鏈結層參數，用來分別出不同的存取優先權，然而，儘管得到了某種程度的改善，他們仍然會因為在高通道負載所產生的高碰撞率而不能提供有效的資源利用；同時這些機制更會導致低優先權的訊務得不到適當的資源。其主要的問題在於無法根據網路現狀，動態地調整競爭參數，以降低碰撞率並提升通道利用率。為了讓802.11e的競爭參數能夠隨著當前網路狀態而動態調整，使得參數能夠反應出通道狀況而達到更理想的通道利用，在[1]中已提出了一Adaptive EDCF(AEDCF)方法，然而此方法與原本的EDCF有同樣的缺點，即是---因為EDCF將每個Traffic Category(TC)分別對映至一個Access Category(AC)並實作為一個虛擬工作站，如此一來當通道負載增加時，無可避免的將會快速地產生碰撞，而導致通道利用效能不彰；因此本文將延伸AEDCF中藉由計算平均碰撞率動態調整競爭參數的方法，並做適當修改，使得無線網路在高通道負載的狀態下可以避免高碰撞，進而確保即時訊務的品質盡可能的不受影響。

2 IEEE 802.11e簡介

IEEE 802.11 working group為了支援QoS，提出了IEEE 802.11e[3, 4, 5]。它由一個新的傳送服務機制構成，稱為混合式協調功能(Hybrid Coordination Function, HCF)，HCF是一個以佇列為基礎來提供差異性服務的通道存取機制。HCF包括了兩種傳送服務機制，一是以競爭為基礎的通道存取機制(EDCF(Enhance DCF)/EDCA(Enhance Distributed Channel Access))與以輪詢為基礎的HCF通道存取機制(HCCA-HCF Controlled Channel Access)；IEEE 802.11e EDCF改進了原來IEEE 802.11裡的DCF並且提供分散式存取的差異性服務，總共可支援八種不同的Traffic Categories(TC)，並對映至四種Access Categories(AC)，每個AC皆有其獨有的競爭參數，其中用來分別出優先權的參數主要為

CW_{min} 、 CW_{max} 與 AIFS 等等...

2.1.1 以輪詢為基礎的 HCF 通道存取機制 (HCCA)

HCCA 為類似於 PCF 的通道存取機制，皆被實作在 AP。利用 HCCA 的機制，AP 可以在 PIFS 時間間隔之後取得無線通道的控制權，並且開始輪詢區域內需要傳送資料的工作站；在此之前，AP 必須藉由控制訊框來取得各個工作站的訊務資訊，如此一來，AP 即能夠使用這些資訊來分配相對應的無線資源。如同 PCF，HCCA 同樣可以組成一 Super-frame，由競爭週期 (CP-contention phase) 與免競爭週期 (CFP-contention free phase) 所組成，同時 AP 被允許在任意時間當其需要傳送時，可以發動傳送。

2.1.2 以競爭為基礎的 EDCF 通道存取機制 (EDCA)

因此，每台工作站皆會實作四種佇列，每個佇列有其獨有的競爭參數，他們將在工作站內部進行競爭，若有兩個以上的佇列在同一時間發動傳送，則稱為虛擬碰撞，因其並未影響到實際的無線網路；此時將交由一排程機制決定誰將擁有通道使用權，並開始傳送。

802.11e 提出了以 Arbitration IFS (AIFS) 取代原來的 DCF IFS (DIFS)，以不同長度的訊框間隔達到差異性服務，有愈小的 AIFS，則有愈高的優先權，其計算方式由下列公式計算：

$$AIFS[AC] = AIFSN[AC] * SlotTime + SIFSTime$$

其中 AIFSN[AC]，若為非擷取點工作站時必須大於或等於 2，並由擷取點經由 Beacons 與 Probe Response 訊框以廣播的方式告知；若為擷取點，則應大於或等於 1。如圖 2-1。

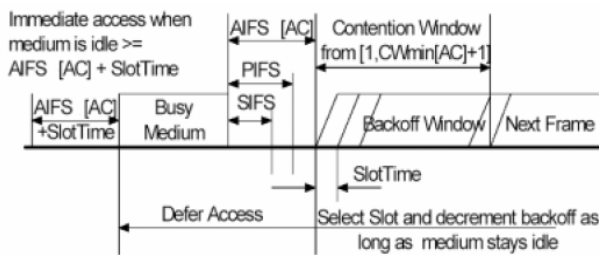


圖 2-1、訊框間隔關係圖

2.2 IEEE 802.11 效能改進之相關機制

目前已有許多研究針對在 802.11 無線區域網路提供即時訊務以品質保證。其中分為兩大部分，一為 station-based 的改善機制 [6, 7]，另一為 queue-based 的改善機制 [8]；前者表示每台工作站

各有其獨有的參數，後者則是在一台工作站中實作多個佇列做為虛擬工作站，每個佇列有其獨有的參數。[9] 整理了大部分改善無線網路 802.11 效能的相關研究。

2.3 AEDCF (Adaptive EDCF) 說明

此方法由 [1] 所提出。在 EDCF 中，每次成功傳送之後將會重置其競爭視窗為 CW ，而此方法希望依照當下的競爭視窗大小與平均碰撞率，以相對較為緩慢的方式適當地調整競爭視窗；同時亦考慮不同優先權訊務有不同的重置方式，換句話說，高優先權訊務比低優先權訊務能夠更快的減少其競爭視窗，從而更有高存取到無線資源的機會。

當每次發生碰撞時 EDCF 將會加倍競爭視窗，以減少再次碰撞的可能，而 AEDCF 希望依照不同的優先權以不同的增加速率。

本節將以兩部分對 AEDCF 進行說明，分別為當發生碰撞與成功傳送之後，對各個優先權佇列如何設定其新的競爭視窗。

2.3.1 每次成功傳送之後的競爭視窗設定

每次成功傳送之後，EDCF 會重置其競爭視窗為 CW_{min} ，而不管當下的網路狀態，然而當碰撞發生後，在最近時間內再次發生碰撞的機會很高因此 [1] 提出一個方法，就是根據其網路狀態，緩慢地減少其競爭視窗而不是直接重置為 CW_{min} 以避免可能的連續碰撞。其方法如下。

在一段固定週期內計算碰撞率 f_{curr}^j ， j 表示在第 j 個週期時的碰撞率，計算式子如下：

$$f_{curr}^j = \frac{E(collisions_j[p])}{E(data_sent_j[p])}$$

其中 $E(collisions_j[p])$ 為工作站 p 在第 j 個週期的碰撞次數，而 $E(data_sent_j[p])$ 為工作站 p 在第 j 個週期送出的訊框數。 f_{curr}^j 的範圍將被限制在 $[0, 1]$ 。為減少暫時性碰撞，即不是因為負載過重所導致的碰撞的影響，其使用 Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) 來計算平均碰撞率，使其計算的估計值更為平順，計算平均碰撞率 f_{avg}^j 的式子如下：

$$f_{avg}^j = (1 - \alpha) * f_{curr}^j + \alpha * f_{avg}^{j-1}$$

其中 j 表示第 j 次更新週期， f_{curr}^j 為其當下計算出的碰撞率， α 稱為 Smoothing Factor，其經過模擬所得的相對較佳值為 0.8，而其更新週期為 5000 個時間槽。

為了使不同優先權佇列其競爭視窗有不同的增

加速率，AEDCF以Multiplier Factor(MF)來控制其快慢，其計算式子如下：

$$MF[i] = \min((1 + (i * 2)) * f_{avg}^j, 0.8)$$

其中i表示不同的優先權佇列，由上式可知愈小的i有愈小的MF，即是說有愈高優先權的佇列有愈小的MF；因為這是在成功傳送之後重設其競爭視窗，所以重設之後的競爭視窗不應該比原競爭視窗還大，同時，經過模擬得到相對較佳值為使MF最大不超過0.8。

成功傳送後的競爭視窗計算式子如下：

$$CW_{new}[i] = \max(CW_{min}[i], CW_{old}[i] * MF[i])$$

式保證新的競爭視窗大或等於 CW_{min}

2.3.2 每次發生碰撞之後的競爭視窗設定

在每次發生碰撞後，會以下列式子計算碰撞後的競爭視窗：

$$CW_{new}[i] = \min(CW_{max}[i], CW_{old}[i] * PF[i])$$

高優先權訊務有較小的PF[i]，使得碰撞後競爭視窗的增加速率小於低優先權訊務。

3. EDCF效能改善方法說明

3.1 方法說明

3.1.1 碰撞避免

在IEEE 802.11e EDCF中，若通道連續閒置AIFS+X個時槽時間，退後計時器可以減X個時槽，如果此時退後計時器為零時則可以開始傳送。但是，假如佇列在進行退後倒數時偵測到通道忙碌，則必須暫停倒數並設定NAV(虛擬載波偵測)。這個方法的問題在於佇列只需等待足夠的零散閒置時槽時間，使得退後計時器為零時，就可以開始傳送；當低優先權累積這些零散時槽後，其優先權將與高優先權不相上下，而碰撞機率將增加，如果是在高通道負載的狀況下，大幅度的碰撞更是無可避免。

因此，我們希望能夠使佇列必須連續等待通道閒置時間直到退後計時器為零後才能開始傳送，如果在退後倒數階段偵測到通道忙碌，則必須增加競爭視窗、重新取得新的退後時間並進入退後倒數，此時我們必須依據當下的網路狀態，動態地增加競爭視窗，這部分將由下一節進一步討論。

3.1.2 動態調整競爭視窗

承上節，如果我們硬性的增加競爭視窗，那麼將有兩種情況發生：

一、增加的量太少：

在高通道負載時，同樣會發生嚴重碰撞。

二、增加的量太多：

在低通道負載時，將產生過多的閒置時間。

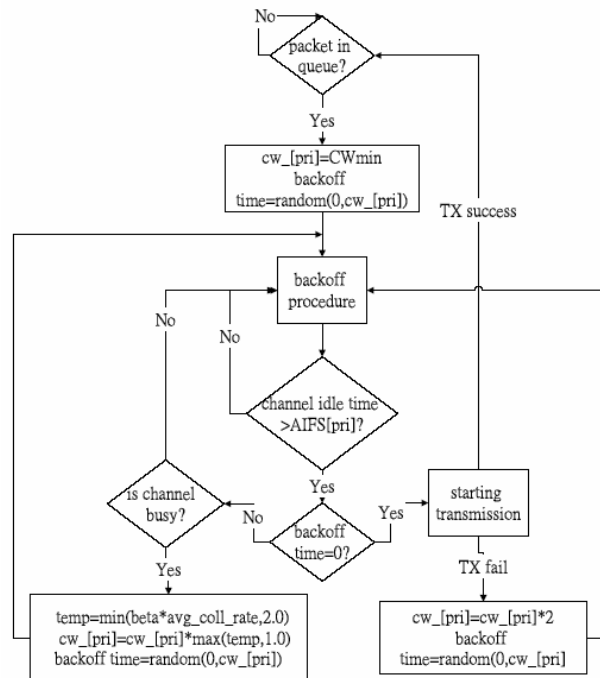
因此我們必須根據通道負載，動態的調整競爭視窗，而如何得知通道負載，我們可以藉著計算平均碰撞率得知，若平均碰撞率增加即表示負載增加。在第二章中的第四節已說明計算平均碰撞率的完整方法，所以在此並不加贅述。我將以下列式子計算新的競爭視窗。其中avg_coll_rate表示平均碰撞率。

$$temp = \min(\beta * avg_coll_rate, 2.0)$$

$$new_cw[pri] = old_cw[pri] * \max(temp, 1.0)$$

為了不讓競爭視窗增加太快，我們將temp的最大值限制在2.0。同時亦不希望小於1從而使得競爭視窗不增反減。Beta稱為scaling factor，我們將以此來控制當通道負載介於低負載與高負載時，競爭視窗的增加速率，其對效能的影響將在第四章做分析。下一節為本文方法傳送一個訊框的流程圖。

3.2 訊框傳送流程圖



3-1、本文方法之訊框傳送流程圖

4 模擬架構與數據分析

4.1 模擬拓模

如圖4-1所示，模擬將以有基礎架構無線網路為環境，並且以不同的工作站數量進行模擬。每台工作站將會有三條訊務傳送至AP，並在隨機時間開始傳送。當工作站數量增加，即表示通道負載增加。因此我之後將會以工作站的數量來表示不同的通道負

載程度。本文方法的曲線將以proposed method表示。

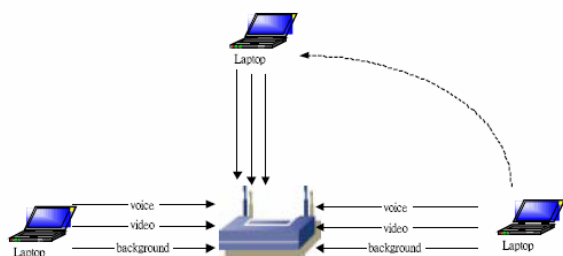


圖 4-1、模擬拓模

4.2 數據分析與比較

我們將以二種方案來討論本文方法的效能。第一種方案的所有 traffic，不管是 voice、video 或 background 皆以 CBR(Constant Bit Rate)來模擬，如此一來能夠更清楚的討論本文方法中，參數 Beta 的影響；第二種方案則為了更能貼近現實多媒體訊務特性，分別以 ns2 內建的訊務產生模組---exponential 模組、VBR 與 CBR 來模擬 voice、video 與 background 的 traffic。除此之外的其他模擬環境與參數皆同。

4.2.1 方案一(AEDCF、EDCF 和本文方法分析比較)

表三為方案一中 traffic 的相關參數設定。在方案一中皆以 CBR 來模擬 traffic。

parameters	voice	video	background
packet Size	92bytes	1464bytes	1500bytes
packet Interval	20ms	10ms	10ms
data Rate	34.4kbps	1171.2kbps	1200kbps
dgent	CBR	CBR	CBR

表三、方案一之 Traffic 參數表

本小節將以模擬的方法探討 beta 對 total throughput 的影響，藉此取得對效能有相對較佳影響的 beta 值。並且對 AEDCF、EDCF 與本文方法，分別在各種通道負載下對 total throughput、channel utilization、collision rate、drops per second 與個別 AC 之 mean delay 與平均 throughput 做一分析比較。

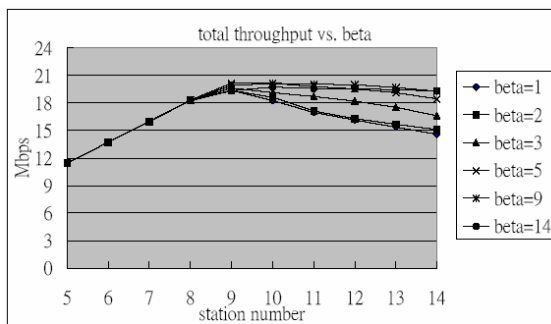


圖 4-2、(方案一) total throughput 與 beta 關係圖 (1)

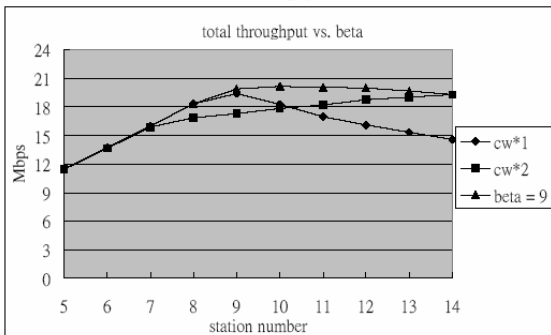


圖 4-3、(方案一) total throughput 與 beta 關係圖(2)

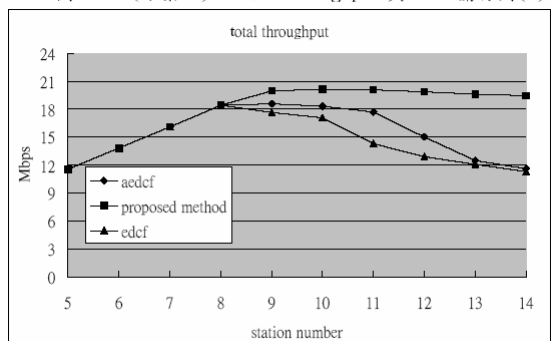


圖 4-4、(方案一) total throughput 比較圖

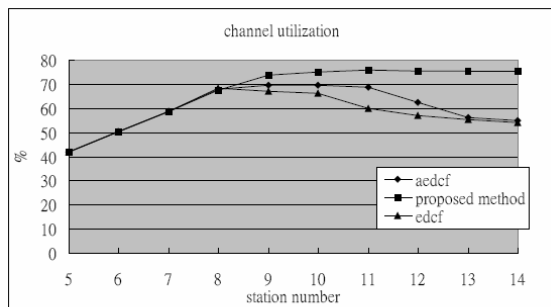


圖 4-5、(方案一) channel utilization 比較圖

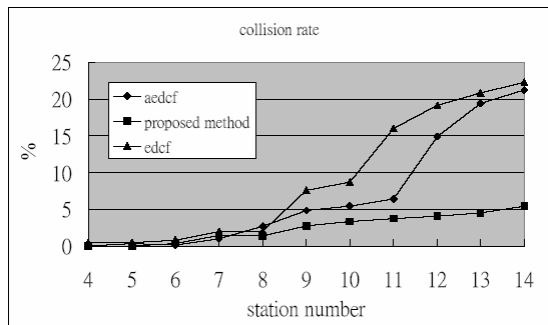


圖 4-6、(方案一)collision rate 比較圖

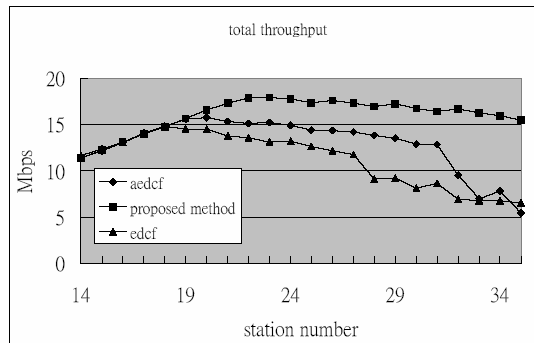


圖 4-17、(方案二)total throughput 比較圖

4.2.2 方案二(AEDCF、EDCF 和本文方法分析比較)

表四為方案二中 traffic 的相關參數設定，與方案一的主要不同點在於 video traffic 是以 VBR 來表示。voice 將使用內建於 NS2 中的 exponential 物件模組來產生 traffic，此種 traffic 是以 on/off model 來產生，當在 on 期間將會以固定速率產生資料封包，而在 off 期間則不會有任何 traffic 產生 (on 之間的時間間隔是以 exponential 分佈)；video 則以 VBR(Variable Bit Rate)來模擬，我們使用由 vic(video conferencing tool)[11]，以 H.261 編碼技術與 QCIF 解析度所制作的 trace 檔來產生我們所需要的 VBR 訊務；background 則以 CBR 來模擬。

voice	agent	exponential
	packet interval	20ms
	packet size	160bytes
	data rate	64kbps
	burst_time	400ms
	idle_time	600ms
video	agent	VBR
	mean packet interval	26ms
	mean data rate	200kbps
	mean packet size	660bytes
background	agent	CBR
	packet interval	20ms
	packet size	1600bytes
	data rate	640kbps

表四、方案二之 traffic 參數表

本節將比較 AEDCF、EDCF 與本文方法，分別在各種通道負載下對 total throughput、channel utilization、collision rate、drops per second 與各別 AC 之 mean delay 做一分析比較。

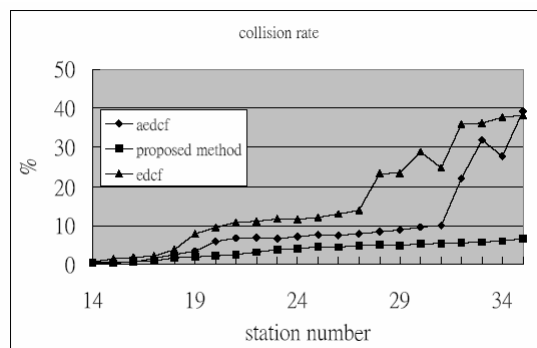


圖 4-19、(方案二)collision rate 比較圖

結論

雖然目前已有相當多針對提升無線區域網路 IEEE 802.11e EDCF 效能的論文，然而不是過於複雜就是會因為通道負載超出一定量時產生大量碰撞，而導致效能大幅跌落；因此本文提出了一個既簡單又能有效避免碰撞的方法，並且能夠明確區分高優先權與低優先權訊流，使得在高通道負載、資源不足的情況下犧牲低優先權，從而確保高優先權訊流的 throughput 不論在何種負載下皆能得到保證。同時，因為經由動態調整競爭參數，使得低優先權訊流在高負載時加大競爭視窗以減少碰撞，因此與 EDCF 和 AEDCF 相比，即使是低優先權訊流亦能夠得到相對較好的效能。

經由 Network simulator- version2 (NS2) [12][13] 模擬可以得知這個方法的確能夠有效減少碰撞時間，使得不論是在 mean delay、drops per second 或 throughput 皆能有相對較佳的效果，並且能提供良好的 channel utilization 與提高 total throughput。

參考文獻

- [1] Romdhani, L.; Qiang Ni; Turletti, T., "Adaptive EDCF: Enhanced Service Differentiation for IEEE 802.11 Wireless Ad-hoc Networks", IEEE Wireless Communications and Networking, Conference, Volume: 2, pp. 16-20 March 2003
- [2] IEEE WG, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications", IEEE 802.11 Standard, 1999.
- [3] IEEE WG, "802.11e Draft 6.0", May 2003
- [4] S. Mangold, S. Choi, P. May, O. Klein, G. Hiertz and L. Stibor, "IEEE 802.11e Wireless LAN for Quality of Service", in Proceedings of European Wireless, Volume: 1, pp. 32-39, Florence, Italy, February 2002.
- [5] Sunghyun Choi, Javier del Prado, Sai Shankar N and Stefan Mangold, "IEEE 802.11e Contention-Based Channel Access (EDCF) Performance Evaluation", IEEE ICC '03, Volume: 2, pp. 11-15 May 2003
- [6] I. Aad and C. Castelluccia, "Differentiation Mechanisms for IEEE 802.11", IEEE Infocom, Volume: 1, pp. 209-218 Apr. 2001.
- [7] A. Veres, et al., "Supporting Service Differentiation in Wireless Packet Networks Using Distributed Control", IEEE JSAC, Vol. 19, No. 10, pp. 2081 - 2093, Oct. 2001
- [8] I. Aad and C. Castelluccia, "Remarks on Per-Flow Differentiation in IEEE 802.11", in Proceedings of European Wireless, Feb 25th-28th, 2002.
- [9] Q. Ni, et al., "QoS Issues and Enhancements for IEEE 802.11 Wireless LAN", INRIA Research Report No. 4612, Nov. 2002.
- [10] IEEE WG, "802.11a, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications", Sep. 1999.
- [11] S. McCanne and V. Jacobson, "vix: a flexible framework for packet video. ACM Multimedia, (1995).
- [12] <http://www-sop.inria.fr/planete/qni/Research/AEDCF/>
- [13] <http://www.isi.edu/nsnam/ns>