**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**
**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

**VŨ THẾ DUẨN**

# NÂNG CAO HIỆU QUẢ QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÔ TUYẾN TRONG WIMAX BẰNG THUẬT TOÁN LẬP LỊCH

Chuyên ngành: Kỹ thuật Điện tử
Mã số : 60 52 70

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**ĐÀ NẴNG - 2011**

**Công trình được hoàn thành tại**
**ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG**

Người hướng dẫn khoa học: **PGS.TS. Nguyễn Hữu Thanh**

Phản biện 1: **PGS.TS. Tăng Tấn Chiến**

Phản biện 2: **TS. Lê Thanh Thu Hà**

Luận văn được bảo vệ tại Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ Kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 25 tháng 7 năm 2011.

** Có thể tìm hiểu Luận văn tại:*

- Trung tâm Thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng
- Trung tâm Học liệu, Đại học Đà Nẵng.

# MỞ ĐẦU

Ngày nay, đi cùng với sự phát triển vượt bậc của khoa học kỹ thuật, đặc biệt trong lĩnh vực Điện tử và Viễn thông, là sự phát triển trong nhu cầu thông tin liên lạc của con người. Từ nhu cầu liên lạc, tương tác và trao đổi với nhau cũng như với môi trường bên ngoài, nhu cầu của con người đã nâng lên một bước mới, đó là: liên lạc, tương tác, truy nhập mọi lúc và mọi nơi. Chúng ta có thể thấy rõ điều này trong sự phát triển bùng nổ của nền công nghiệp không dây.

Công nghệ hiện tại đã đem đến kết nối Bluetooth, Wifi,…tuy nhiên các kết nối trên ít nhiều đều có hạn chế về tốc độ truy cập và phạm vi kết nối. Do đó chưa thể đáp ứng được yêu cầu kết nối internet mọi lúc mọi nơi với tốc độ cao của con người. Trong hoàn cảnh đó, công nghệ WiMAX ra đời mang theo triển vọng tạo ra một cuộc cách mạng thực sự trong việc truy cập internet của con người trong những năm tới.

Quản lý tài nguyên vô tuyến *(RRM-Radio Resource Management)* là một trong những vấn đề thách thức nhất và quan trọng nhất của các mạng thông tin vô tuyến hiện đại nói chung, trong WiMAX nói riêng. Một chiến lược quản lý tài nguyên vô tuyến hiệu quả và thông minh có thể cải thiện đáng kể hiệu năng của hệ thống.

Trong các mạng không dây hiện đại, đặc biệt là các mạng không dây băng rộng như WiMAX thì băng thông, tần số, khe thời gian, cũng như công suất hoạt động của hệ thống đều là những tài nguyên hữu hạn rất quan trọng và quý giá và nhiệm vụ của các nhà phát triển là phân phối, quản lý, tối ưu hóa các tài nguyên này để đạt được hiệu quả sử dụng cao nhất, ít tốn kém nhất và hạn chế tối đa các nhiễu có trong hệ thống để đảm bảo chất lượng dịch vụ cũng như

tiết kiệm công suất truyền cho hệ thống. Có một số các giải pháp khác nhau cho vấn đề quản lý tài nguyên vô tuyến trong WiMAX, trong đó Lập lịch gói là một trong những giải pháp hiệu quả. Lập lịch gói là quá trình phân giải sự cạnh tranh về tài nguyên dùng chung giữa những người dùng, những loại hình dịch vụ khác nhau trong một mạng. Quá trình này bao gồm cấp phát băng thông cho người dùng và xác định thứ tự truyền.

Vì lẽ đó, kết hợp với sự yêu thích về mạng Viễn thông, em đã chọn đề tài : ***"Nâng cao hiệu quả quản lý tài nguyên vô tuyến trong WiMAX bằng thuật toán lập lịch".***

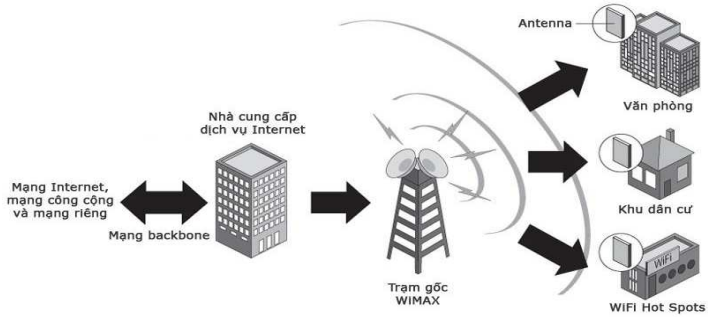
Để hoàn thành tốt bản luận văn này, em xin gửi lời cảm ơn chân thành tới thầy giáo PGS.TS Nguyễn Hữu Thanh, hiện đang công tác tại khoa Điện tử Viễn thông, Đại học Bách khoa Hà Nội, đã tận tình hướng dẫn và giúp đỡ em trong suốt thời gian làm luận văn vừa qua. Em cũng xin gửi lời cảm ơn đến các thầy, cô giáo trong khoa Điện tử Viễn thông, Đại học Bách khoa Đà Nẵng, các bạn học cùng ngành cao học tại Đại học Đà Nẵng đã giúp đỡ trong quá trình làm luận văn của mình.

# CHƯƠNG 1: MỞ ĐẦU

## 1.1 Tổng quan về mạng truy cập không dây băng rộng IEEE 802.16 WiMAX

WiMAX là tên viết tắt của *Worldwide Interoperability fof Microwave Access*. WiMAX là một công nghệ không dây băng rộng dựa trên truy nhập viba, được phát triển theo chuẩn 802.16 của tổ chức IEEE. IEEE đã đề xuất hai mô hình ứng dụng là WiMAX cố định (Fix WiMAX) và WiMAX di động (Mobile WiMAX).

Chuẩn WiMAX quy định hỗ trợ kết nối điểm – đa điểm (PMP - poin to multipoint) cũng như cả chế độ lưới (mesh). Trong chế độ PMP, nhiều trạm thuê bao (SSs – Subscriber Stations) được kết nối với một trạm gốc (BS – Base Station) (hình 1.1).




**Hình 1.1** *Mạng WiMAX hoạt động trong chế độ PMP*

Kênh truy cập từ BS tới SS được gọi là kênh downlink (đường xuống), và kênh truy cập từ các SS tới BS được gọi là kênh uplink (đường lên). Theo lý thuyết, chuẩn IEEE 802.16 có khả năng phủ sóng một khoảng rộng tới 50 km và cho tốc độ khoảng 75Mb/s, tuy nhiên trên thực tế các thử nghiệm, tốc độ dữ liệu nhận được chỉ đạt khoảng 12 Mb/s với khoảng cách 20 km.

## 1.2 Vấn đề quản lý tài nguyên vô tuyến và quản lý chất lượng dịch vụ (QoS) trong mạng IEEE 802.16

Quản lý chất lượng dịch vụ (QoS – *Quality of Service*) được hiểu là quá trình cung cấp dữ liệu theo một cơ chế tin cậy. Sự tin cậy này được đo đạc bằng nhiều thông số đánh giá hiệu năng bao gồm **xác suất mất gói, trễ trượt, thông lượng đạt được.**

### 1.3 Đóng góp của luận văn

Trong các chương tiếp theo của luận văn tốt nghiệp này, học viên sẽ phân tích và khảo sát kỹ lưỡng hơn về một số thuật toán lập lịch gói hỗ trợ nâng cao quản lý tài nguyên vô tuyến, chất lượng dịch vụ trong mạng IEEE 802.16 chưa được đề cập đến trong chuẩn.

### 1.4 Cấu trúc của luận văn

Luận văn gồm 5 chương:

Chương 1: Mở đầu

Chương 2: Tổng quan về mạng IEEE 802.16/WiMAX

Chương 3: Quản lý tài nguyên vô tuyến trong mạng IEEE 802.16/WiMAX

Chương 4: Thuật toán lập lịch gói trên đường WiMAX downlink

Chương 5: Mô phỏng một số kỹ thuật lập lịch trong WiMAX

## CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN VỀ MẠNG IEEE 802.16/WIMAX

### 2.1 Sự phát triển của chuẩn truy cập không dây băng rộng IEEE 802.16

#### *2.1.1 IEEE 802.16 – 2001*

#### *2.1.2 IEEE 802.16a - 2003*

#### *2.1.3 IEEE 802.16c – 2002*

#### *2.1.4 IEEE 802.16d - 2004*

Phiên bản mở rộng này thường được biết đến với tên gọi "**Fixed WiMAX**" (WiMAX cố định), Chuẩn mở rộng này hỗ trợ cả

hai phương thức truyền song công là truyền song công phân chia theo tần số (FDD) và truyền song công phân chia theo thời gian (TDD). Hệ thống sử dụng phương thức điều chế là OFDM 256-FFT.

Một trong những điểm nổi bật của phiên bản mở rộng này là sự ghép nối của các đơn vị giao thức dữ liệu (PDU – *Protocol Data Unit*) với các đơn vị dịch vụ dữ liệu (SDU – *Service Data Unit*) làm giảm tải cho lớp MAC.

***2.1.5 IEEE 802.1e – 2006***

Phiên bản mở rộng này thường được biết đến với tên gọi "**Mobile WiMAX**" (WiMAX di động) do đã thêm những đặc tả để hỗ trợ tính di động mà các phiên bản trước chưa đề cập tới. Phiên bản này đưa ra phương pháp điều chế, đa truy nhập sử dụng công nghệ OFDMA cho phép các tín hiệu có thể được chia thành nhiều kênh con khác nhau (kênh con hóa– *subchannelization*) nhằm giảm thiểu nhiễu đa đường.

***2.1.6 IEEE 802.16f – 2005***

***2.1.7 IEEE 802.16g***

***2.1.8 Một số phiên bản bổ sung khác hiện đang được tiến hành***

**2.2 Lớp vật lý (PHY)**

***2.2.1 Cơ bản về kỹ thuật điều chế đa sóng mang phân chia theo tần số trực giao OFDM***

OFDM nằm trong một họ các phương thức truyền được gọi là điều chế đa sóng mang, các phương thức này dựa trên ý tưởng chia một dòng dữ liệu có tốc độ bit cao thành nhiều dòng dữ liệu song song có tốc độ bit thấp hơn, và điều chế mỗi dòng đó trên các sóng mang riêng biệt – thường gọi là các sóng mang con. OFDM cho phép chồng các phổ tần số lên nhau nhưng do các sóng mang con trực giao với nhau nên tại phía thu vẫn có cơ chế khôi phục lại tín hiệu, chính

nhờ sự chồng lấn phổ này mà hệ thống OFDM có hiệu suất sử dụng phổ lớn hơn nhiều so với các kỹ thuật điều chế thông thường.

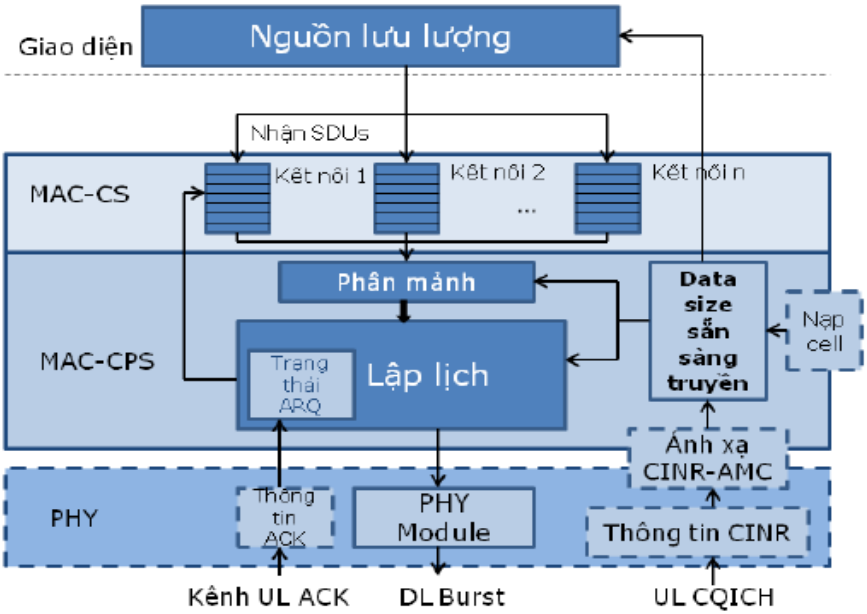
***2.2.2 Kênh con hóa (Subchannelization): OFDMA***

***2.2.3 Cấu trúc Slot (khe) và Frame (khung)***

***2.2.4 Điều chế và mã hóa thích ứng (Adaptive Modulation and Coding) trong WiMAX***

**2.3 Lớp điều khiển truy nhập (MAC)**

Nhiệm vụ chính của lớp MAC trong WiMAX là cung cấp một giao diện giữa các lớp cao hơn và lớp vật lý (hình 2.6).




**Hình 2. 6** *Các khối chức năng lớp PHY và MAC trong WiMAX*

***2.3.1 Các lớp con của lớp MAC***

Lớp MAC của WiMAX, được chia làm 3 phần riêng biệt: **Lớp con hội tụ CS** (*service-specific convergence sublayer*), **lớp con phần chung CPS** (*common-part sublayer*), và **lớp con bảo mật SS**

(*security sublayer).*

**Lớp con CS**, là giao diện giữa lớp MAC và lớp 3 của mạng, tiếp nhận những PDU từ lớp cao hơn, phân loại và map các MSDU vào các CID tương ứng để phục vụ cho QoS và truyền chúng xuống lớp MAC CPS. Các MSDU được truyền đến lớp MAC CPS thông qua các điểm truy nhập dịch vụ MAC (MAC SAP). Lớp con CS có nhiệm vụ thực hiện những hoạt động, chức năng phụ thuộc vào bản chất của lớp giao thức cao hơn, như là nén header và ánh xạ địa chỉ.

**Lớp con CPS** cung cấp các chức năng chính của lớp MAC: truy nhập, phân bố băng thông, thiết lập, quản lý kết nối, phân mảnh và ghép nối của các SDUs vào MAC PDUs, truyền các MAC PDUs, điều khiển QoS (lập lịch) và ARQ.

**Lớp con bảo mật SS** chịu trách nhiệm mã hóa, phân quyền và trao đổi các khóa bảo mật giữa BS (Base Station) và MS (Mobile Subcriber).

### *2.3.2 Khái niệm về CID và SFID*

Lớp MAC của WiMAX là kết nối định hướng (connection oriented), tức là trước khi dữ liệu được truyền đi thì BS và SS phải có quá trình thiết lập một kết nối đơn hướng về mặt logic giữa hai lớp MAC ngang hàng. Mỗi một kết nối chỉ dành cho một loại dịch vụ (ví dụ voice và email không thể có cùng một kết nối MAC). Mỗi một kết nối này sẽ được định danh bởi một giá trị 16 bít gọi là CID (connection ID), các CID này được coi như là các địa chỉ tạm thời dùng cho việc truyền dữ liệu thông qua từng kết nối riêng biệt.

# CHƯƠNG 3: QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÔ TUYẾN TRONG MẠNG IEEE 802.16/WIMAX

## 3.1 Tại sao phải quản lý tài nguyên vô tuyến?

### *3.1.1 Tổng quan về quản lý tài nguyên vô tuyến trong các mạng không dây*

Tài nguyên vô tuyến là bề rộng phổ cho phép để truyền tin [21]. Vấn đề của quản lý tài nguyên vô tuyến là làm sao với một dải băng tần cố định cho trước hệ thống hoạt động với chất lượng tốt nhất và với tốc độ truyền số liệu cao nhất.

### *3.1.2 Mục đích của quản lý tài nguyên vô tuyến trong các mạng không dây*

Việc sử dụng phổ hiệu quả và tối ưu cấp phát tài nguyên nằm trong nhiệm vụ của quản lý tài nguyên vô tuyến RRM là đặc biệt quan trọng đối với hiệu năng hoạt động của các mạng không dây hiện đại.

### *3.1.3 Một số giải pháp cho quản lý tài nguyên vô tuyến*

Có một số các giải pháp khác nhau cho vấn đề RRM trong các mạng không dây hiện nay. Chúng ta có thể tạm chia các mô hình giải pháp đó ra làm hai nhóm là nhóm các thiết kế RRM tĩnh (*fixed design*) và nhóm các thuật toán RRM động (*dynamic RRM algorithms*).

## 3.2 Quản lý tài nguyên vô tuyến trong mạng IEEE 802.16

Đứng về phương diện người dùng cá nhân trong WiMAX, RRM phải đảm bảo tối thiểu công suất phát của thiết bị người dùng *(trong mối quan hệ ràng buộc của tốc độ và công suất truyền)* đồng thời phải hạn chế tối đa hiện tượng nhiễu đồng kênh CCI.

Đứng về phương diện các loại hình dịch vụ. Do trong

WiMAX định nghĩa ra 5 loại hình dịch vụ gồm có: Unsolicited grant service (UGS), Real-time polling service (rtPS), Non-real-time polling service (nrtPS), Best effort service (BE), Extended real-time variable rate (ERT-VR) service nên phải đảm bảo cấp phát tài nguyên cân đối theo thứ tự ưu tiên cho các loại hình dịch vụ, cho các kết nối hiện thời và các kết nối mới để đảm bảo được các tham số QoS của hệ thống. Công việc quản lý tài nguyên vô tuyến như vậy được thực hiện bằng các thuật toán *scheduling* sẽ được khảo sát kỹ ở các chương sau của bản luận văn tốt nghiệp này.

Đứng về phía hệ thống WiMAX/OFDMA, phải tối thiểu tổng công suất truyền của hệ thống, tối đa thông lượng, vùng phủ và dung lượng, tối thiểu chi phí và độ phức tạp của hệ thống.

## 3.3 Quản lý chất lượng dịch vụ trong mạng IEEE 802.16

### *3.3.1 Các loại hình dịch vụ (Polling Service) hỗ trợ bởi mạng IEEE 802.16*

*1.Unsolicited grant services (UGS)* (dịch vụ cho phép tự nguyện): Được thiết kế để hỗ trợ các gói dữ liệu có kích thước không đổi ở một tốc độ truyền không đổi (CBR). VoIP (không có triệt khoảng lặng) là một ví dụ điển hình của dịch vụ này.

*2.Real-time polling services* (rtPS – các dịch vụ thăm dò thời gian thực); Dịch vụ này được thiết kế để hỗ trợ các dịch vụ thời gian thực như là MPEG video.

*3.Non-real-time polling service (nrtPS*) (Dịch vụ không cho thời gian thực): Dịch vụ này được thiết kế để hỗ trợ các dòng dữ liệu chấp nhận có trễ *(delay- tolerant)*, như là FTP.

*4.Best-effort (BE) service:* Dịch vụ này được thiết kế để hỗ trợ các luồng dữ liệu, như là trình duyệt Web.

*5. Extended real-time variable rate (ERT-VR) service* (Dịch

vụ thời gian thực mở rộng) : Dịch vụ này được thiết kế để hỗ trợ các ứng dụng thời gian thực như VoIP (có triệt khoảng lặng).

### *3.3.2 Các tiêu chí của một bộ lập lịch gói hiệu quả đảm bảo chất lượng dịch vụ QoS*

. Hỗ trợ QoS linh hoạt:

. Tính công bằng:

. Độ đơn giản và khả năng mở rộng:

. Tính sử dụng hiệu quả kênh truyền (Link Utilization):

. Đảm bảo giới hạn trễ (Delay bound):

. Đảm bảo thông lượng (Throughput):

. Tính duy trì năng lượng hoạt động của thiết bị di động

. Đảm bảo tính di động của thiết bị (Device Mobility):

. Tính ổn định (Scalability):

## CHƯƠNG 4: THUẬT TOÁN LẬP LỊCH GÓI TRÊN ĐƯỜNG WIMAX DOWNLINK

WiMAX có 3 bộ lập lịch, 2 bộ lập lịch ở phía BS: bộ lập lịch DL và bộ lập lịch UL, cùng với 1 bộ lập lịch phía MS. Quá trình hoạt động của các bộ lập lịch được diễn ra như sau:

-Với bộ lập lịch DL ở BS: ở đường DL thì BS hoàn toàn biết được các kết nối, các luồng dịch vụ được lập lịch, đi kèm đó là các tham số QoS, cộng thêm việc BS luôn lắng nghe, thăm dò các phản hồi về CINR từ MS.

-Với bộ lập lịch UL ở BS: với đường UL, ban đầu bên phía MS sẽ đưa ra các yêu cầu cấp phát băng thông đường UL tới BS. Các yêu cầu này được bộ lập lịch UL phía BS tiếp nhận, sau đó bộ lập

lịch UL phía BS sẽ thực hiện phân loại các luồng dịch vụ, các CID riêng, kết hợp cùng các tham số QoS rồi gửi lại thông tin cấp phát băng thông UL về cho MS thông qua bản tin UL-MAP. Các MS sau khi nhận được thông tin về cấp phát băng thông UL sẽ tiến hành truyền tải các UL PDU.

**4.1 Các thuật toán đơn nhất (Homogeneous)**

***4.1.1 Thuật toán Round Robin (RR)***

***4.1.2 Thuật toán Maximum Sum Rate (MSR)*** *[1] [3]*

***4.1.3Thuật toán Maximum Fairness (MF)*** *[1] [3]*

***4.1.4 Thuật toán ràng buộc tỉ lệ tốc độ (Propotional Rate Constraints)*** *[1]*

***4.1.5 Thuật toán Weighted Round Robin (WRR)*** *[11]*

***4.1.6 Thuật toán Deficit Round Robin (DRR)*** *[11]*

***4.1.7 Thuật toán Early Deadline First (EDF)*** *[20]*

***4.1.8 Thuật toán Proportional Fair (PF)*** *[19]*

***4.1.9 Thuật toán Weighted Fair Queueing (WFQ)*** *[16]*

**4.2 Các thuật toán lai (Hybrid)**

***4.2.1 EDF + WFQ + FIFO*** *[12]*

***4.2.2 EDF + WFQ***

**4.3 Tổng kết và đánh giá sơ lược các thuật toán**

## CHƯƠNG 5: MÔ PHỎNG MỘT SỐ KỸ THUẬT LẬP LỊCH TRONG WIMAX

**5.1 Môi trường mô phỏng**

NS-2 hay Network Simulator là một phần mềm mô phỏng sự kiện rời rạc được sử dụng rộng rãi trong giới nghiên cứu tại các trường đại học do tính chất mở của phần mềm này. Chúng ta làm việc với NS thông qua hai thành phần chính: một bộ mô phỏng

hướng đối tượng được viết trên C++ và một bộ thông dịch được viết bằng OTcl (là phần mở rộng hướng đối tượng của ngôn ngữ Tcl) để chạy các câu lệnh. OTcl có thể sử dụng các đối tượng được compile bằng C++ thông qua một cầu nối OTcl linkage ánh xạ các đối tượng của OTcl sang C++ .

### *5.1.1 Các thành phần chính của trạm gốc Base Station triển khai bởi công cụ mô phỏng*

*5.1.1.1 Khối phân loại luồng (Flow Classifier)*

*5.1.1.2 Bộ lập lịch (Scheduler DL ARQ/HARQ)*

*5.1.1.3 Khối UL ARQ*

*5.1.1.4 Khối xử lý khung DL (DL Frame Assembler)*

*5.1.1.5 Khối phân loại gói (Packet Parser)*

*5.1.1.6 Khối Tx/Rx PHY*

### *5.1.2 Các thành phần chính của trạm MS (Mobile Station) triển khai bởi công cụ mô phỏng*

*5.1.2.1 Bộ lập lịch UL (UL Scheduler ARQ/HARQ Module)*

*5.1.2.2 Xử lý UL (UL Assembler)*

### *5.1.3 Bộ lập lịch UL/DL*

Bộ lập lịch được chia làm 2 phần. Một phần nằm ở BS và phần còn lại nằm ở MS. Bộ lập lịch ở BS (**wimax/scheduling/bsscheduler.cc**) chịu trách nhiệm cấp phát băng thông cho đường downlink và uplink qua khung các bản tin DL-MAP và UL-MAP. Bộ lập lịch ở MS (**wimax/scheduling/ ssscheduler.cc**) chịu trách nhiệm phân chia băng thông cho đường cấp phát cho MS cho các kết nối của nó. Trong luận văn tốt nghiệp này học viên tập trung thử nghiệm hai thuật toán PF và WFQ cho đường downlink vì vậy khi triển khai sẽ chỉ tác động tới bộ lập lịch downlink ở BS và phần code C++ cũng sẽ được sửa đổi chủ yếu

trong file **bsscheduler.cc.**

*5.1.3.1 Cấp phát khe dữ liệu (slot) theo chiều dọc (Vertical Stripping)*

*5.1.3.2 Cấp phát khe dữ liệu (slot) theo chiều ngang (Horizontal Stripping)*

*5.1.3.3 Chế độ truyền song công TDD trong công cụ mô phỏng*

**5.2 Các thuật toán lập lịch gói sử dụng trong kịch bản mô phỏng**

Trong phần này học viên sẽ chọn hai trong số các thuật toán đã khảo sát ở chương 4 để triển khai trong phần mềm mô phỏng NS-2. Hai thuật toán được chọn ở đây đó là thuật toán công bằng tỉ lệ (PF) và thuật toán đề xuất WFQ kết hợp với ràng buộc về Leaky Bucket. Công việc triển khai hai thuật toán được thực hiện bằng cách thay đổi phần code C++ hàm **dl_stage2( )** trong file **bsscheduler.cc** nằm trong thư mục **ns-2.31/wimax/scheduling** của công cụ mô phỏng. Sau đây học viên sẽ trình bày kỹ hơn ưu nhược điểm về mức độ quản lý tài nguyên vô tuyến của mỗi thuật toán.

***5.2.1 Thuật toán PF*** *[19]*

Thuật toán PF được đề xuất lần đầu tiên bởi công ty Qualcomm trong chuẩn IS-856 để thực hiện lập lịch cho đường downlink, là một trong những thuật toán lập lịch được sử dụng phổ biến nhất trong WiMAX hiện nay. PF là một thuật toán thuộc nhóm các thuật toán có quan tâm đến kênh truyền, tức là các tham số phản hồi từ các SS về điều kiện kênh truyền sẽ được sử dụng như một yếu tố dẫn đến quyết định cấp phát băng thông. Thuật toán này được đưa ra nhằm cân bằng các yếu tố về trễ, thông lượng và tính cân bằng cần thiết của một bộ lập lịch. Thuật toán này dựa trên một hàm ưu tiên

như sau: $$U_i(t) = \frac{r_i(t)}{R_i(t)} \quad (4.10)$$

Trong đó $r_i(t)$ là tốc độ dữ liệu trong thời điểm hiện tại và $R_i(t)$ là tốc độ trung bình động của dữ liệu nhận được bởi SS i tính đến khe thời gian t. Hàng đợi có giá trị $U_i(t)$ lớn nhất sẽ được phục vụ ở khe thời gian t. Để cập nhập giá trị tốc độ trung bình động của dữ liệu thì công thức sau đây được sử dụng:

$$\begin{cases} R_i(t+1) = (1-\frac{1}{T_c})R_i(t) + \frac{1}{T_c}r_i(t), & \text{nếu kết nối i được phục vụ ở khe thời gian t} \\ R_i(t+1) = (1-\frac{1}{T_c})R_i(t), & \text{nếu kết nối i không được phục vụ ở khe thời gian t} \end{cases} \quad (4.11)$$

Ở đây $T_c$ là một hằng số để tính tốc độ trung bình động và dùng để điều khiển tham số trễ của hệ thống. Nếu $T_c$ lớn thì trễ hệ thống tăng nhưng tổng thông lượng nhận được lại cao hơn. Nếu $T_c$ nhỏ thì trễ hệ thống giảm, nhưng giá trị thông lượng trung bình thay đổi nhanh hơn nên một phần thông lượng bị hao phí.

Thuật toán PF với công thức lập lịch như trên đã cân bằng được hai yếu tố là: tận dụng băng thông và công bằng giữa các người dùng. Sự tận dụng băng thông thể hiện ở tham số $r_i(t)$, khi tham số này càng lớn nghĩa là tốc độ tức thì càng lớn, điều này cũng tương đương với việc điều khiển kênh truyền tốt, thì thuật toán sẽ phục vụ kết nối này với mức MCS (Modulation and Coding Scheme) tốt nhất nhằm tận dụng hiệu quả băng thông.

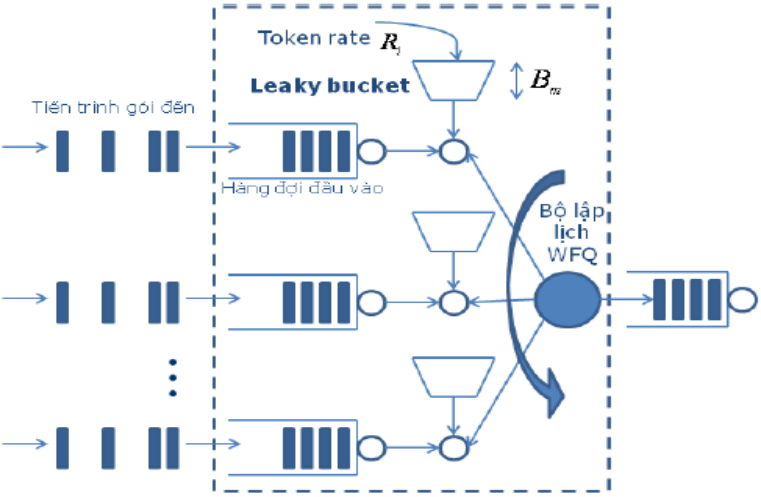
Tuy nhiên nếu chỉ quan tâm phục vụ tới những kết nối có đường truyền tốt thì sẽ mất tính công bằng của thuật toán. Do vậy tham số $R_i(t)$ được đưa vào nhằm thực hiện tính công bằng.

Với những kết nối có kênh truyền kém thì tốc độ trung bình (giá trị $R_i(t)$) sẽ thấp, khi đó giá trị $\frac{r_i(t)}{R_i(t)}$ sẽ càng cao, đồng nghĩa với việc kết nối đó sẽ có cơ hội được phục vụ mặc dù điều kiện kênh truyền kém.

### *5.2.2 Thuật toán WFQ kết hợp ràng buộc Leaky Bucket*

*5.2.2.1 Điều khiển tốc độ bằng Leaky Bucket*

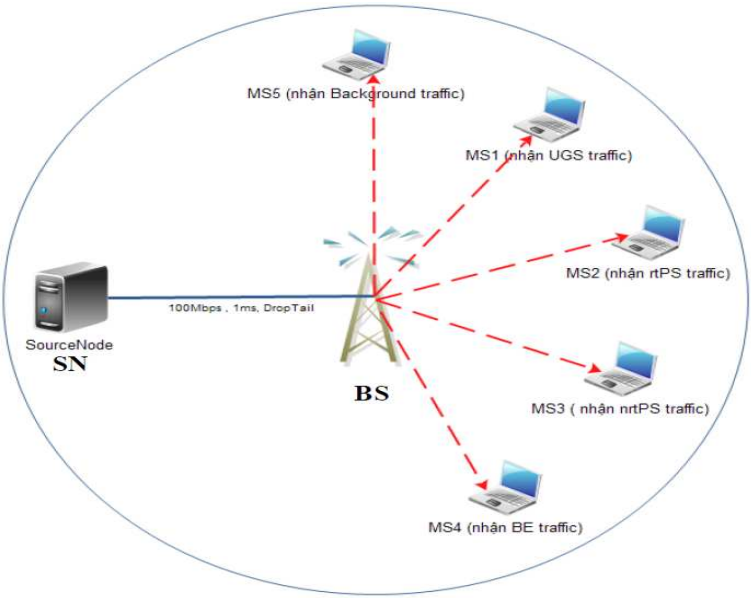
*5.2.2.2 Thuật toán WFQ với ràng buộc Leaky Bucket*




**Hình 5. 10** *Bộ lập lịch gói WFQ kết hợp với ràng buộc Leaky Bucket*

## 5.3 Xây dựng kịch bản mô phỏng

### *5.3.1 Mô hình mạng*




**Hình 5. 11** *Mô hình mạng sử dụng trong các kịch bản mô phỏng*

Mô hình mạng sử dụng trong các kịch bản mô phỏng gồm có một trạm gốc BS với bán kính phủ sóng là 500m, một SourceNode để truyền các gói tin thuộc các luồng dịch vụ khác nhau tới BS thông qua một liên kết 100Mbps, trễ 1ms, hàng đợi DropTail. Trong bán kính phủ sóng của BS có 5 MS trong đó MS1 đến MS4 lần lượt nhận các luồng dịch vụ UGS, rtPS, nrtPS và BE, MS5 còn lại nhận luồng Background Traffic (BGT) với dịch vụ BE có thông lượng lớn để làm tăng tối đa tải của mạng *(bursty)*.

### *5.3.2 Lựa chọn nguồn traffic*

### *5.3.3 Các tham số sử dụng trong kịch bản mô phỏng*

## 5.4 Kết quả mô phỏng

Để kiểm tra ưu nhược điểm của hai thuật toán đã trình bày trong những phần trước, học viên thực hiện chạy hai kịch bản mô

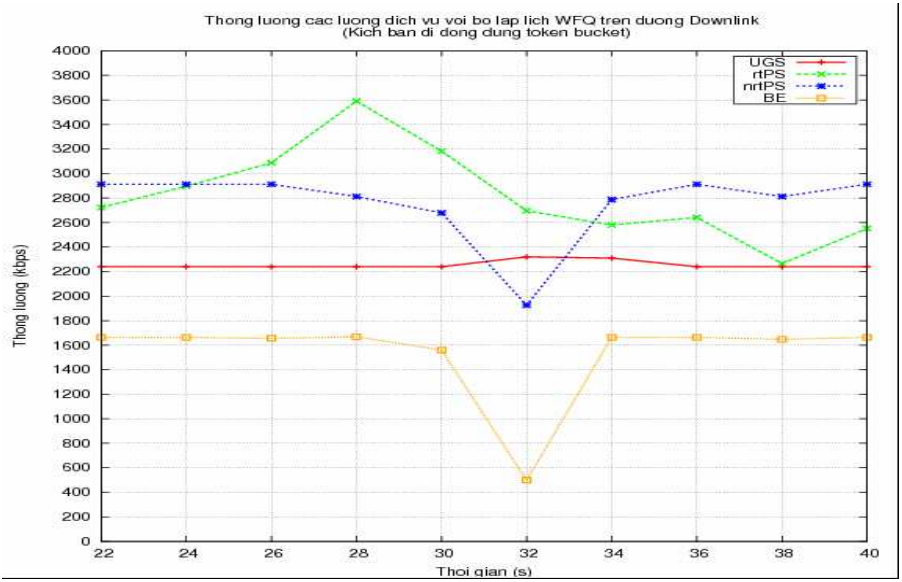
phỏng. Trong đó một kịch bản cho phép các MS di động và kịch bản còn lại thì các MS cố định trong vùng phủ sóng của trạm BS. Cả hai kịch bản đều sử dụng hai thuật toán PF và WFQ với sự hỗ trợ của Leaky Bucket. Kết quả thu được như sau.

### *5.4.1 Kịch bản di động*

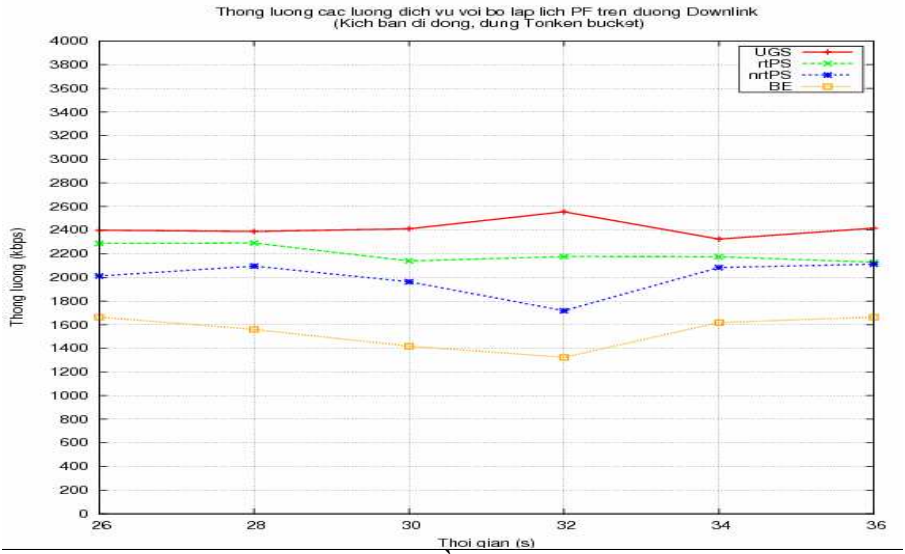
*5.4.1.1 Thông lượng*

Trên đồ thị hình 5.12 và 5.13 (thời gian lấy mẫu là 2s) ta có thể thấy được sự phân bố về thông lượng giữa 4 MS sử dụng 4 luồng dịch vụ khác nhau với hai thuật toán PF và WFQ. Có thể thấy do có sự di động của các MS nên thông lượng của các luồng không ổn định và không đạt được mức thông lượng giới hạn đặt ra bởi Leaky Bucket (nominated rate), rõ ràng nhất ở thời điểm 32s có sự sụt giảm về thông lượng của 2 luồng nrtPS và BE do hai MS nhận hai luồng này đi ra xa BS. Tuy nhiên tổng thông lượng của các luồng khi sử dụng thuật toán WFQ là lớn hơn tổng thông lượng khi sử dụng thuật toán PF và ở thuật toán WFQ thông lượng các luồng phân bố gần với mức thông lượng giới hạn hơn là ở thuật toán PF.

Qua những đánh giá trên có thể thấy rõ thuật toán PF chỉ đảm bảo phân bố công bằng thông lượng cho các luồng nhưng tính ổn định của giá trị thông lượng không cao so với khi sử dụng thuật toán WFQ.




**Hình 5. 12** *Thông lượng của các luồng dịch vụ với bộ lập lịch WFQ trong kịch bản di động*

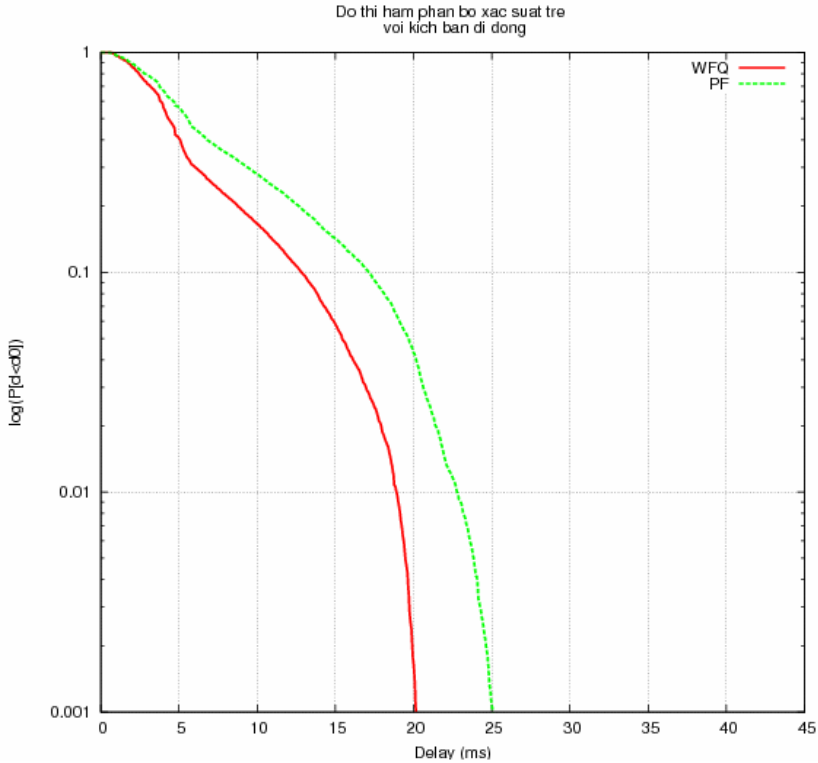



**Hình 5.13** *Thông lượng của các luồng dịch vụ với bộ lập lịch PF trong kịch bản di động*

*5.4.1.2 Độ trễ hàng đợi*

Để khảo sát độ trễ hàng đợi ở hai bộ lập lịch ta tiến hành lấy các giá trị trễ hàng đợi của từng gói tin (với dịch vụ thời gian thực rtPS) được gửi đi ở BS và tiến hành vẽ đồ thị phân bố trễ sử dụng các hàm phân bố trễ xác suất.

Nhìn vào đồ thị hàm phân bố xác suất (hình 5.14) ta có thể thấy rõ PF là thuật toán có độ trễ hàng đợi cao hơn nhiều so với WFQ, như vậy kết quả này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết về các bộ lập lịch phân tích ở trên.

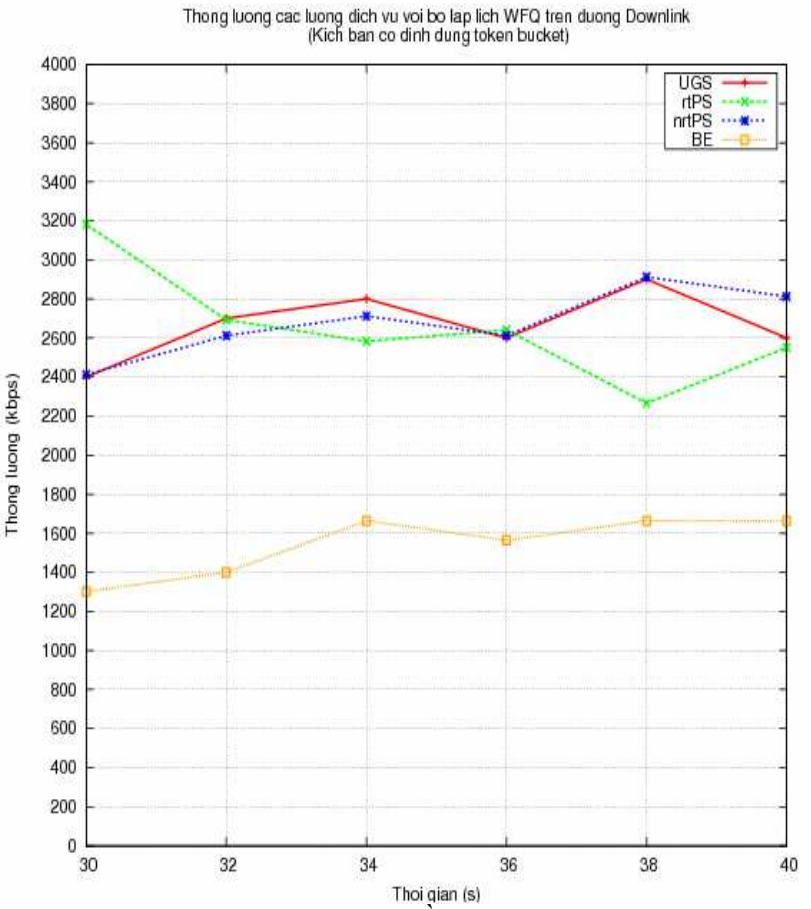



**Hình 5.14** *Đồ thị xác suất trễ với bộ lập lịch WFQ và PF trong kịch bản di động*

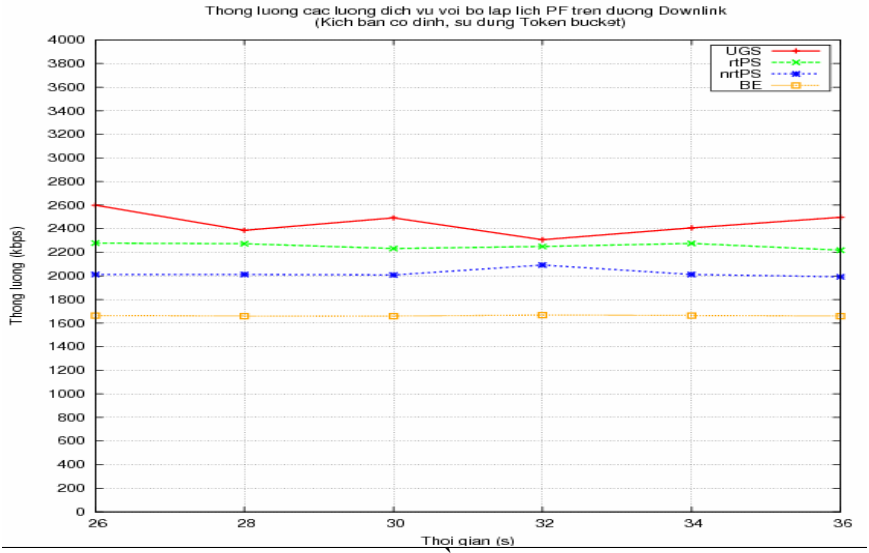
### *5.4.2 Kịch bản cố định*

Các kết quả thu được của phần mô phỏng với kịch bản cố định cũng sát và hợp lý với phân tích về lý thuyết như kết quả của kịch bản di động đã phân tích ở trên nên ở phần này học viên chỉ đưa ra các đồ thị để so sánh và đối chiếu kết quả.

*5.4.2.1 Thông lượng*

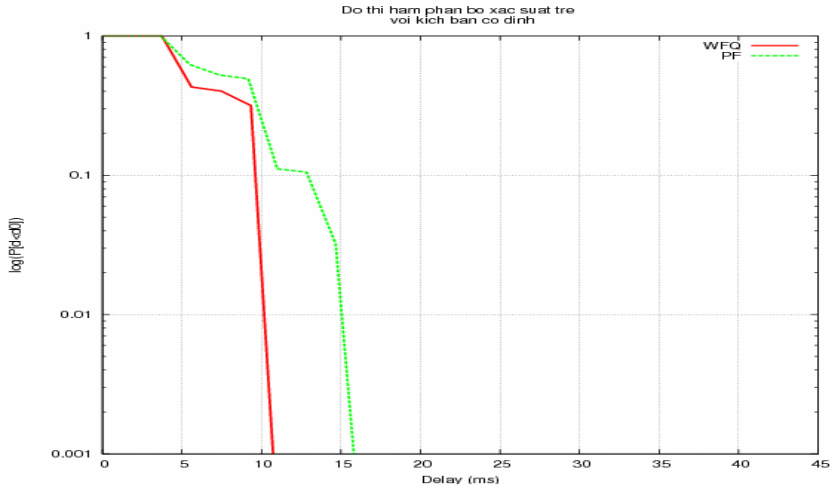



**Hình 5.15** *Thông lượng của các luồng dịch vụ với bộ lập lịch WFQ trong kịch bản cố định*




**Hình 5.16** *Thông lượng của các luồng dịch vụ với bộ lập lịch PF trong kịch bản cố định*

### *5.4.2.2 Độ trễ hàng đợi*




**Hình 5.17** *Đồ thị xác suất trễ với bộ lập lịch WFQ và PF trong kịch bản cố định*

# KẾT LUẬN

Công nghệ truy nhập không dây băng rộng WiMAX là một công nghệ có tiềm năng phát triển rất lớn dựa trên những ưu điểm nổi bật của nó so với các công nghệ như DSL, Wifi hay 3G. Đó là khả năng kết nối linh hoạt, khả năng duy trì một tốc độ kết nối cao với một vận tốc di chuyển tương đối nhanh, chính vì vậy WiMAX hứa hẹn sẽ đem đến cho người dùng khả năng truy nhập mọi lúc mọi nơi với tốc độ cao.

Với đặc tính linh hoạt trong kết nối, phạm vi phủ sóng rộng, WiMAX có thuận lợi lớn trong việc lắp đặt và triển khai tại những vùng cao, vùng sâu, vùng xa cũng như tại những nơi mà địa hình phức tạp, dân cư đông đúc, đất đai chật chội và rất khó triển khai lắp đặt cơ sở hạ tầng cho những thiết bị mạng hữu tuyến. Do đó WiMAX được coi là một công nghệ có khả năng ứng dụng thực tế cũng như hiệu quả kinh tế cao.

Trong bản luận văn tốt nghiệp này học viên đã đi sâu nghiên cứu các đặc tả quan trọng nhất ảnh hưởng tới nhiệm vụ quản lý tài nguyên vô tuyến (RRM) và quản lý chất lượng dịch vụ (QoS) của lớp PHY và lớp MAC được đề cập tới trong chuẩn IEEE 802.16/WiMAX. Qua việc nghiên cứu những đặc tả đó, học viên nêu lên những điểm cần chú ý trong quản lý tài nguyên vô tuyến và quản lý chất lượng dịch vụ trong một mạng không dây băng rộng như WiMAX, đồng thời những tiêu chí để đánh giá một thuật toán lập lịch gói hiệu quả hỗ trợ quản lý vào việc quản lý tài nguyên vô tuyến, quản lý chất lượng dịch vụ cũng được phân tích và làm rõ. Học viên cũng đã có những khảo sát, phân tích kỹ lưỡng về ưu nhược điểm về khía cạnh quản lý tài nguyên vô tuyến của một số thuật toán lập lịch

gói được nghiên cứu và ứng dụng bởi cộng đồng khoa học ngày nay. Xuất phát từ những ưu nhược điểm của từng thuật toán phân tích được, học viên đã đề xuất việc sử dụng một thuật toán mới là sự kết hợp của thuật toán chia sẻ công bằng theo trọng số Weighted Fair Queueing (WFQ) với thuật toán giới hạn tốc độ luồng Leaky Bucket. Để làm rõ những ưu nhược điểm mà thuật toán này mang lại, học viên thực hiện mô phỏng với thuật toán đề xuất và so sánh, đánh giá hiệu năng cùng với thuật toán lập lịch phổ biến Proportional Fair (PF). Kết quả mô phỏng khá sát với mong đợi về lý thuyết, thuật toán PF chỉ cho phép phân phối đều băng thông cho các luồng dịch vụ theo các hằng số trễ cho trước chứ không tối đa tổng thông lượng của hệ thống. Mặt khác thuật toán PF cũng không có một đường bao trễ hàng đợi, do đó ta không thể kiểm soát được độ trễ hàng đợi của hệ thống tại những thời điểm khác nhau, do đó không đảm bảo hỗ trợ yêu cầu chất lượng dịch vụ QoS. Đối với thuật toán WFQ thì tổng thông lượng thu được của toàn hệ thống là cao hơn PF và gần với mức mong muốn như đã xác định trước trong các tham số mô phỏng. Với thuật toán WFQ việc cấp phát băng thông cho các luồng dịch vụ khác nhau trở nên ổn định hơn, băng thông được cấp phát đều hơn theo các trọng số $\phi_i$ cho trước. Một ưu điểm quan trọng nhất của thuật toán WFQ khi sử dụng phối hợp với ràng buộc về Leaky Bucket là đã giới hạn được trễ hàng đợi, giá trị trễ giới hạn $D_{max}$ này ta hoàn toàn có thể tính toán trước được bằng các thay đổi các tham số của Leaky Bucket như $B_{m,i}$ và $\mathrm{R_i}$, do đó ta có thể kiểm soát được trễ hàng đợi trong hệ thống, từ đó có thể quản lý được các yêu cầu chất lượng dịch vụ QoS. Tuy thuật toán WFQ kết hợp Leaky Bucket khá mạnh mẽ xét trên khía cạnh về cung cấp thông lượng cho hệ thống và đảm bảo trễ hệ thống, nhưng một nhược điểm dễ thấy của

thuật toán này là phức tạp dẫn đến tốn tài nguyên hệ thống. Tuy nhiên với sức mạnh của các bộ vi xử lý với công nghệ của thời đại ngày nay, sẽ là hoàn toàn khả thi để áp dụng triển khai thuật toán đề xuất này vào thực tế.

Còn khá nhiều việc phải làm để chứng minh tính hiệu quả của thuật toán đề xuất này trong thực tế nhưng hướng phát triển trước mắt của luận văn sẽ là thử nghiệm và đánh giá sự kết hợp của một số thuật toán xấp xỉ khác của GPS nhưng dễ thực hiện hơn WFQ với bộ điều khiển tốc độ Leaky Bucket. Sau khi đã có những kết luận về thuật toán khả thi nhất học viên sẽ phát triển một khung làm việc (framework) để giải quyết vấn đề nhiễu đồng kênh CCI trong các hệ thống sử dụng đa truy nhập OFDMA như WiMAX/3GPP-LTE. Giải quyết được vấn đề này chúng ta sẽ có được một cái nhìn toàn diện và đầy đủ hơn về quản lý tài nguyên vô tuyến trong mạng IEEE 802.16/ WiMAX./.