

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

**TRẦN THỊ PHƯƠNG HOÀI NGỌC**

**NGHIÊN CỨU KỸ THUẬT LẬP LỊCH BIỂU CHẾ ĐỘ NGỦ  
ĐỂ TIẾT KIÊM NĂNG LƯỢNG TRONG CÁC MẠNG  
QUANG THỤ ĐỘNG TDM**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật điện tử  
Mã số: 60.52.70**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Đà Nẵng - Năm 2012**

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

**Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS. NGUYỄN VĂN TUẤN**

**Phản biện 1: TS. NGUYỄN LÊ HÙNG**

**Phản biện 2: TS. NGUYỄN HOÀNG CẨM**

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đại học Đà Nẵng vào ngày 11 tháng 11 năm 2012

*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

### 1. Tính cấp thiết của đề tài.

Trong những năm gần đây, nhu cầu về băng thông đối với các dịch vụ viễn thông đã gia tăng một cách đáng kể. Theo các chuyên gia <sup>[3]</sup> thì sự gia tăng nhanh của các mạng xảy ra, sẽ dẫn đến những thách thức mới đối với ngành công nghiệp viễn thông đó là sẽ phải đối mặt với một sự tiêu thụ năng lượng gia tăng của các mạng. Do đó, các giải pháp năng lượng mức thấp đang trở thành một đề tài chủ yếu trong cuộc chiến chống lại sự nóng dần lên của trái đất và trong cả việc điều khiển sự tiêu thụ năng lượng hoạt động. Đồng thời những nhà khai thác và khách hàng ngày càng quan tâm hơn các công nghệ có thể chịu đựng được về mặt môi trường. Do đó, các hội đồng tiêu chuẩn hóa và các nhà cung cấp thiết bị đã bắt đầu tính đến việc tiết kiệm năng lượng là một trong số những việc phải làm đầu tiên của họ, để cung cấp các giải pháp viễn thông “xanh” cho một tương lai gần.

Hiện nay, hiệu suất năng lượng của các mạng viễn thông đang nhận được sự chú ý nhiều hơn so với trong quá khứ vì những nguyên nhân khách quan. Theo thống kê <sup>[3]</sup> được đưa ra vào năm 2009 thì năng lượng điện chiếm 30% trong tổng số năng lượng được tiêu thụ trên thế giới, trong đó mạng viễn thông (hầu hết dùng năng lượng điện) chiếm trên 8% tổng năng lượng điện tiêu thụ, tương đương 2.5% năng lượng tiêu thụ trên thế giới. Và trong mạng viễn thông thì riêng mạng truy nhập đã chiếm trên 50% lượng điện tiêu thụ. Những con số này được dự báo là sẽ gia tăng rất nhanh trong những năm tiếp theo vì sự phát triển không ngừng nghỉ của các mạng viễn thông.

Vì vậy, cùng với xu thế chung của thế giới, luận văn đã nghiên cứu tìm hiểu một kỹ thuật lập lịch nhờ chế độ ngủ để tiết kiệm năng lượng trong mạng quang thụ động ghép kênh phân theo thời gian (TDM-PON).

### 2. Mục đích nghiên cứu

- Tìm hiểu các kỹ thuật tiết kiệm năng lượng qua chế độ ngủ trong các mạng quang thụ động ghép kênh phân theo thời gian. Nghiên cứu và đưa ra những đặc điểm riêng của mỗi kỹ thuật.

- Nghiên cứu một kỹ thuật lập lịch biểu qua chế độ ngủ mà được xem như là “kỹ thuật ngủ nhanh”. Trong đó độ dài của các chu kỳ ngủ đối với mỗi ONU (bộ kết nối đầu cuối) được tính toán bằng phương pháp thống kê dựa trên việc giám sát các lần đến liên tiếp giữa các khung hướng xuống.

- Lập lưu đồ thuật toán và xây dựng chương trình mô phỏng bằng Matlab để đánh giá hiệu quả tiết kiệm năng lượng của kỹ thuật lập lịch biểu qua chế độ ngủ này.

### 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

#### a. Đối tượng nghiên cứu:

- Kỹ thuật lập lịch biểu qua chế độ ngủ được xem như là “kỹ thuật ngủ nhanh”.

#### b. Phạm vi nghiên cứu:

- Nghiên cứu lý thuyết về các kỹ thuật ngủ trong các mạng quang thụ động TDM.

- Nghiên cứu lý thuyết về một kỹ thuật lập lịch biểu qua chế độ ngủ.

- Mô phỏng bằng chương trình Matlab của kỹ thuật lập lịch này để đánh giá được hiệu quả tiết kiệm năng lượng dựa trên sự tiêu thụ năng lượng theo thời gian.

#### 4. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu xuyên suốt là kết hợp nghiên cứu lý thuyết và mô phỏng bằng chương trình Matlab của kỹ thuật lập lịch để đánh giá được hiệu quả tiết kiệm năng lượng.

#### 5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Đề tài “Nghiên cứu kỹ thuật lập lịch biểu chế độ ngủ để tiết kiệm năng lượng trong các mạng quang thụ động TDM” sẽ mở ra được một cái nhìn cụ thể về các kỹ thuật tiết kiệm năng lượng trong mạng quang thụ động. Qua đó, đánh giá được khả năng sử dụng hiệu quả các thiết bị đầu cuối trong mạng quang thụ động. Đặc biệt ở Việt Nam hiện nay, mạng FTTx đang phát triển rất mạnh mẽ. Vì tính kinh tế, một số Công ty Viễn thông tại Việt Nam đã đang và sẽ sử dụng mạng quang thụ động PON, thay cho mạng chủ động AON vào các kiến trúc mạng cấp quang FTTx.

#### 6. Kết cấu luận văn

Kết cấu luận văn gồm 4 chương như sau:

*Chương 1: MẠNG QUANG THỤ ĐỘNG.*

*Chương 2: CÁC KỸ THUẬT TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG NHỜ CHẾ ĐỘ NGỦ TRONG MẠNG QUANG THỤ ĐỘNG TDM.*

*Chương 3: KỸ THUẬT LẬP LỊCH BIỂU CHẾ ĐỘ NGỦ.*

*Chương 4: MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ.*

### Chương 1: MẠNG QUANG THỤ ĐỘNG

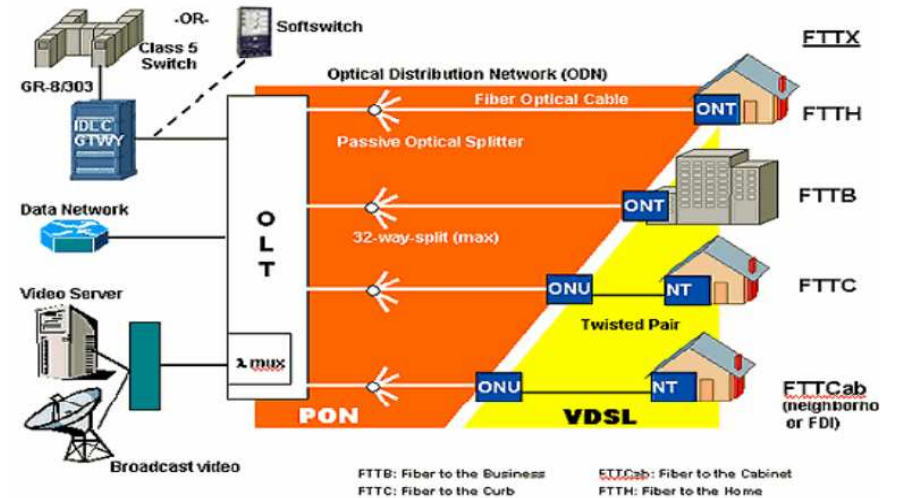
#### 1.1. Giới thiệu chương

Chương này sẽ trình bày về mạng truy nhập PON, và mạng TDM-PON. Trong mạng TDM-PON sẽ khái quát về các cơ chế ghép kênh đối với truyền hướng xuống và hướng lên, khái quát về cấu trúc chung của các khối thiết bị trong TDM-PON như là khối

OLT và ONU. Sau cùng sẽ sơ lược về các tiêu chuẩn cho mạng TDM-PON.

#### 1.2. Mạng PON

Mô hình của PON được mô tả như trong Hình 1.2.



Hình 1.2: Mạng PON

#### 1.3. Mạng PON ghép kênh phân chia theo thời gian

Trong mạng TDM-PON, các tín hiệu được ghép theo miền thời gian và được phân bố trên toàn mạng nhờ các bộ chia năng lượng thụ động được đặt tại các nút mạng.

#### 1.4. Các tiêu chuẩn cho mạng TDM-PON

##### 1.4.1. B-PON

##### 1.4.2. E-PON

##### 1.4.3. G-PON

#### 1.5. Kết luận chương

Chương 1 đã trình bày các ưu điểm nổi trội của mạng PON so với mạng AON. Chương cũng đã trình bày về mạng TDM-PON,

trong đó ghép kênh phân chia theo thời gian là phương pháp được ưu tiên hiện nay cho việc chia sẻ kênh quang trong mạng truy nhập khi mà nó cho phép một bước sóng đơn ở hướng lên và chỉ một bộ thu phát đơn ở OLT đã làm cho giải pháp này có ưu thế hơn về chi phí đầu tư.

## **Chương 2: CÁC KỸ THUẬT TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG NHỜ CHẾ ĐỘ NGỦ TRONG MẠNG QUANG THỤ ĐỘNG TDM**

### **2.1. Giới thiệu chương**

Chương này sẽ trình bày các nội dung sau:

1. Phân loại các kỹ thuật tiết kiệm năng lượng trong mạng TDM-PON.

2. Tìm hiểu kỹ thuật tiết kiệm năng lượng hiện đại trong mạng TDM-PON, trong đó sẽ đi vào trình bày:

- Các đặc điểm của trạng thái ngủ
- Các hạn chế của việc bảo toàn năng lượng nhờ bộ thu phát ONU
- Khoảng thời gian của trạng thái ngủ
- Các điều kiện kích hoạt trạng thái ngủ
- Các điều kiện kích hoạt trở về trạng thái hoạt động
- Các phương pháp thông báo hỗ trợ chế độ ngủ
- Các giải pháp cải thiện thời gian thức dậy của

ONU.

### **2.2. Tổng quan**

### **2.3. Phân loại các kỹ thuật tiết kiệm năng lượng trong mạng TDM-PON**

#### **2.3.1. Kỹ thuật làm mất năng lượng trong ONU**

Kỹ thuật làm mất năng lượng trong ONU dựa trên thực tế là một vài chức năng của ONU có thể không hoạt động hoặc ít nhất là không cần thiết trong một thời gian nào đó và do đó ta có thể tiết kiệm được một lượng năng lượng cắt giảm.

#### **2.3.2. Kỹ thuật ONU ngủ không sâu**

Kỹ thuật ONU ngủ không sâu ra lệnh cho đầu phát ONU có thể tắt nguồn trong các chu kỳ thời gian nào đó trong khi đầu thu ONU vẫn phải luôn luôn có nguồn.

#### **2.3.3. Kỹ thuật ONU ngủ sâu**

Kỹ thuật ngủ sâu được mô tả như sau: bộ thu phát và hầu hết các chức năng của ONU tắt hoàn toàn trong toàn bộ thời gian khi ở trạng thái tiết kiệm năng lượng. Chỉ một số chức năng cơ bản vẫn còn hoạt động theo tùy chọn, chẳng hạn như chức năng phát hiện hoạt động và một số chức năng định thời cục bộ.

#### **2.3.4. Kỹ thuật ONU ngủ nhanh**

Khi ở trạng thái tiết kiệm năng lượng, ONU đi xuyên qua một chuỗi các chu trình ngủ, mỗi chu trình được cấu thành bởi một giấc ngủ và một chu kỳ hoạt động. Trong suốt các chu kỳ ngủ, ONU vận hành như thể nó đang ở chế độ ngủ sâu, nghĩa là nó hoàn toàn tắt nguồn, ngoại trừ một vài chức năng định thời và phát hiện hoạt động thì vẫn còn hoạt động. Thay vào đó, trong suốt các chu kỳ hoạt động, ONU hoạt động bình thường.

### **2.4. So sánh các kỹ thuật tiết kiệm năng lượng trong mạng TDM-PON**

### **2.5. Kỹ thuật tiết kiệm năng lượng hiện đại trong mạng TDM-PON**

#### **2.5.1. Các đặc điểm của trạng thái ngủ**

- ONU vẫn tiêu thụ một lượng năng lượng ngay cả trong suốt chu kỳ ngủ.

- Nếu một dịch vụ hướng xuống bắt đầu trong khi ONU vẫn còn ngủ, dữ liệu nhận được sẽ được lưu trữ trong bộ đệm tại OLT để việc truyền đi sau đó không có gói dữ liệu nào bị mất. Theo cách này lưu lượng hướng xuống sẽ có một thời gian trễ (độ trễ) gia tăng, được giới hạn bên trong chu kỳ ngủ.

### **2.5.2. Các hạn chế của việc bảo toàn năng lượng do bộ thu phát ONU**

Chuyển tiếp của ONU từ trạng thái ngủ sang trạng thái hoạt động (thức dậy) không phải là tức thời nhưng nó đòi hỏi một lượng thời gian hữu hạn. Thời gian này một phần là do sự tái đồng bộ hóa giữa OLT và ONU.

Vì vậy, kỹ thuật chế độ ngủ nên xem xét đến độ trễ khi thức dậy thông qua bộ thu phát ONU.

### **2.5.3. Khoảng thời gian của trạng thái ngủ**

Chiều dài của chu kỳ ngủ nên được xác định như là một kết quả cân đối giữa các yêu cầu QoS và sự bảo toàn năng lượng mong muốn. Có thể xác định chiều dài chu kỳ ngủ theo 3 cách:

$$\text{Thời gian chờ} = \frac{\text{Độ dài khung} \times 8}{\text{Băng thông} \times \text{Tỷ lệ}} \quad (2.1)$$

- Chu kỳ ngủ là hàm của thời gian đến liên tiếp của khung.
- Chu kỳ ngủ là hàm trung bình được làm phẳng hàm mũ của các lần đến liên tiếp.

### **2.5.4. Các điều kiện kích hoạt trạng thái ngủ**

Điều kiện thường được thông qua khi bước vào trạng thái ngủ là sự vắng mặt các thông báo được gửi xuống (từ OLT đến các ONU) hoặc được gửi hướng lên (từ người sử dụng đến OLT), có nghĩa là không có dịch vụ hoạt động.

Các phương pháp để kích hoạt ONU vào trạng thái ngủ:

- Đo lưu lượng chảy qua ONU.
- Giám sát các thông báo điều khiển lớp trên chỉ báo sự chấm dứt và bắt đầu của lưu lượng.
- Giám sát các chỉ báo bên ngoài của hệ thống.
- Dựa vào khoảng khung hướng xuống.
- Dựa vào chiều dài xếp hàng hướng xuống của lưu lượng tại OLT.
- Dựa trên trung bình được làm phẳng hàm mũ được tính trên khoảng thời gian giữa các khung.

### **2.5.5. Các điều kiện kích hoạt trở về trạng thái hoạt động**

Việc mong muốn trở về trạng thái hoạt động (thức dậy) cả trong trường hợp lưu lượng đến từ phía mạng (hướng xuống) và trong trường hợp lưu lượng đến từ phía người sử dụng (hướng lên).

### **2.5.6. Các phương pháp thông báo hỗ trợ chế độ ngủ**

- Quá trình chuyển đổi giữa các trạng thái hoạt động và ngủ của ONU có thể được khởi tạo bởi OLT hoặc bởi chính ONU.

- Có thể điều khiển chuyển đổi trạng thái bằng cách sử dụng các bộ định thời (tại OLT hoặc tại ONU) được nạp sẵn trước một giá trị thời gian nhất định, việc kích hoạt quá trình chuyển đổi xảy ra khi chúng hết hạn. Giải pháp thứ hai không cho phép tính linh hoạt nhiều nhưng ít đòi hỏi phí tổn truyền thông giữa OLT và ONU.

### **2.5.7. Các giải pháp cải thiện thời gian thức dậy của ONU**

Các tác giả trong [7] đề xuất hai giải pháp khác nhau để cài đặt khối CDR nhằm đạt được thời gian phục hồi đồng hồ ngắn hơn và do đó cải thiện được thời gian tồn thêm khi ONU thức dậy.

## **2.6. Kết luận chương**

Nội dung chương trình bày tổng quan về các kỹ thuật tiết kiệm năng lượng trong mạng TDM-PON bao gồm: kỹ thuật làm mất năng lượng trong ONU, kỹ thuật ONU ngủ không sâu, kỹ thuật ONU ngủ

sâu và kỹ thuật ONU ngủ nhanh. Nhìn chung, mỗi kỹ thuật đều có ứng dụng riêng trong từng tình huống riêng của nó.

Kỹ thuật ONU ngủ nhanh nhìn chung là kỹ thuật ổn nhất cả về mặt tiết kiệm năng lượng lẫn sự bảo toàn lưu lượng so với các kỹ thuật trên. Bởi vì khi ngủ thì ONU ngủ theo kỹ thuật ngủ sâu nên khả năng tiết kiệm năng lượng là rất cao và trong khi ONU ngủ, OLT vẫn đệm lưu lượng có gán địa chỉ của từng ONU cụ thể đến nó, nên cơ chế này đã bảo toàn được lưu lượng cho các ONU.

Chương cũng đi sâu tìm hiểu kỹ thuật tiết kiệm năng lượng hiện đại trong mạng TDM-PON. Thông qua kỹ thuật này, luận văn đã làm rõ được các thuộc tính, phương pháp, điều kiện để làm nên một kỹ thuật tiết kiệm năng lượng hiện đại thông qua chế độ ngủ trong mạng TDM-PON. Luận văn cũng đã cho thấy các hạn chế của việc bảo toàn năng lượng do bộ thu phát ONU phải thực hiện các nhiệm vụ đồng bộ khi mới thức dậy nên gây ra trễ lớn, và luận văn cũng nêu ra các giải pháp để cải thiện các hạn chế này.

### Chương 3: KỸ THUẬT LẬP LỊCH BIỂU CHẾ ĐỘ NGỦ

#### 3.1. Giới thiệu chương

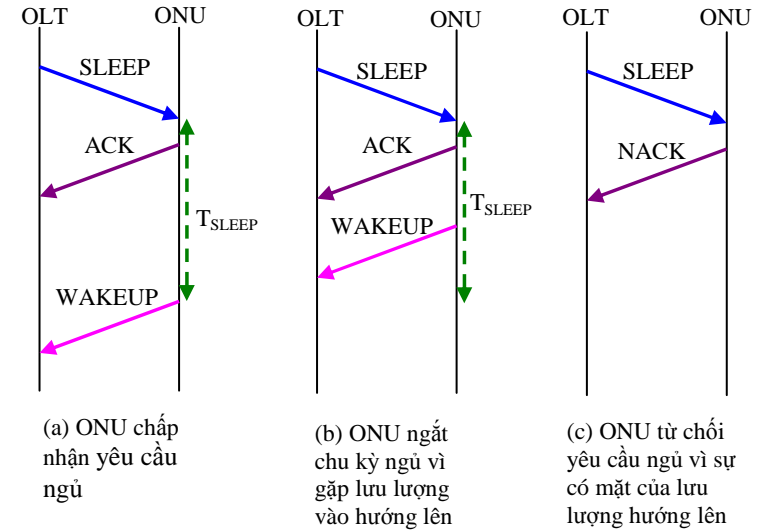
Chương này sẽ đi vào trình bày cách thức hoạt động của một kỹ thuật lập lịch ngủ mà được xem như là ngủ nhanh. Bao gồm các nội dung chính như sau:

- Các tiến trình trong sơ đồ hoạt động
- Cơ chế hoạt động gồm: dự đoán các chu kỳ rỗi, lập lịch các chu kỳ ngủ, các tính năng bổ sung để cải thiện hiệu suất của kỹ thuật ngủ.

#### 3.2. Tổng quan

#### 3.3. Sơ đồ hoạt động

Sơ đồ hoạt động để hỗ trợ việc lập lịch ngủ theo ba tiến trình như được phác họa trong Hình 3.1.



Hình 3.1: Ba tiến trình của sơ đồ hoạt động

#### 3.4. Cơ chế điều khiển

Cơ chế điều khiển chịu trách nhiệm về việc kích hoạt hướng đến các yêu cầu ngủ và việc tính toán độ dài các chu kỳ ngủ. Trong cả hai kỹ thuật đều phải đối phó với việc giám sát các lần đến liên tiếp của các khung hướng xuống mà được gán địa chỉ đến một ONU cụ thể.

##### 3.4.1. Dự đoán các chu kỳ rỗi

Sử dụng phương pháp thống kê để dự đoán thời gian đến liên tiếp kế tiếp trên cơ sở tác động quá khứ của lưu lượng hướng xuống.

Đầu tiên, giả sử các khung được gán địa chỉ cụ thể đến một ONU đi đến OLT theo phân phối Poisson. Do đó, các lần đến liên tiếp liên quan sẽ đi theo phân phối mũ.

Bước đầu tiên của phương pháp này là việc ước lượng giá trị trung bình của phân phối hiện tại của các lần đến liên tiếp. Điều này thực hiện được nhờ vào trung bình cộng được tính trong  $n$  mẫu:

$$k_{tb} = \frac{\sum_{j=0}^{n-1} iat(k-j)}{n}, k \geq n-1 \quad (3.1)$$

Trong đó,  $k$  là biến rời rạc đếm các biến cố đến của các khung hướng xuống mà được gán địa chỉ đến một ONU cụ thể tại OLT và  $iat(x)$  là thời gian đến liên tiếp giữa lần đến thứ  $(x-1)$  và lần đến thứ  $x$ .

Bước thứ hai là việc ước lượng thời gian đến liên tiếp kế tiếp. Thực hiện được nhờ vào phương pháp trung bình được làm phẳng hàm mũ. Công thức tổng quát đối với trung bình được làm phẳng hàm mũ là:

$$ESA(t) = c.Y(t-1) + (1-c).ESA(t-1), t > 0, ESA(0) = 0 \quad (3.2)$$

Trong đó  $t$  là biến rời rạc biểu thị các mẫu thời gian rời rạc,  $c$  là một hệ số đặc trưng cho cấp độ giảm trọng số có giá trị từ 0 đến 1 và  $Y(t-1)$  là quan sát tại thời điểm  $t-1$ .

Biểu thức logic thực hiện cơ chế như đã mô tả để dự đoán các chu kỳ rồi được trình bày như dưới đây:

$$\text{if } |(k-1)_{tb} - (k-2)_{tb}| > (k-1)_{tb}$$

$$\text{or } |(k-1)_{tb} - (k-2)_{tb}| > (k-2)_{tb}$$

$$ESA(k) = iat(k-1)$$

$$\text{reset} = k-1 \quad (3.4)$$

else

$$ESA(k) = \frac{2}{k-\text{reset}+1} .iat(k-1) + \left(1 - \frac{2}{k-\text{reset}+1}\right) .ESA(k-1)$$

### 3.4.2. Lập lịch các chu kỳ ngủ

#### a. Phương pháp đối với lưu lượng nhảy trễ

Khi giá trị ESA nằm giữa các ngưỡng  $thr_1$  và  $thr_2$ , thì chu kỳ ngủ sẽ bằng một nửa của ESA, nếu không nó sẽ bằng  $T_2$ . Các giá trị của hai mức ngưỡng  $thr_1$ ,  $thr_2$  được thiết lập tương ứng bằng  $2*T_1$  và  $2*T_2$ .

#### b. Phương pháp đối với lưu lượng không nhảy trễ

Việc tính toán các chu kỳ ngủ bao gồm các yêu cầu ngủ được chia thành hai giai đoạn. Giai đoạn đầu tiên chu kỳ ngủ được gán bằng nửa giá trị của ESA. Nếu khung lưu lượng hướng xuống mới đối với ONU cụ thể, không đến trong suốt chu kỳ ngủ đầu tiên, thì giai đoạn thứ hai bắt đầu. Đây là chu kỳ ngủ được thiết lập bằng phần thập hơn một nửa giá trị của ESA. Những chu kỳ ngủ ngắn hơn này sau đó được lập lịch lại nhiều lần cho đến khi một khung hướng xuống mới đối với ONU đang ngủ đến tại OLT.

### 3.4.3. Các tính năng bổ sung

#### a. Xử lý các lỗi

#### b. Giám sát các bộ đệm

#### c. Các ONU rời

### 3.5. Kết luận chương

Như vậy, bằng cách giám sát các lần đến liên tiếp của các khung hướng xuống có gán địa chỉ đến một ONU, và bằng phương pháp thống kê để tính toán độ dài các chu kỳ ngủ, đã tạo nên một kỹ thuật

ngủ mà được xem như là kỹ thuật ngủ nhanh. Với các tính năng bổ sung như xử lý lỗi, giám sát bộ đệm, ... trong cơ chế điều khiển của kỹ thuật, đã cho chúng ta thấy được sự chặt chẽ của kỹ thuật ngủ này. Hơn nữa, cơ chế điều khiển cũng đã thực hiện qua hai phương pháp nhỏ để có thể bảo toàn chất lượng dịch vụ khi lưu lượng nhạy trễ làm chủ, và sẽ tiết kiệm được nhiều năng lượng hơn khi lưu lượng không quá nhạy với trễ. Mục đích là để cải tiến được hiệu năng năng lượng nhưng không ảnh hưởng nhiều đến chất lượng dịch vụ. Đó cũng chính là mục đích mà mọi phương pháp tiết kiệm năng lượng trong viễn thông đều mong muốn đạt tới.

## Chương 4: MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

### 4.1. Giới thiệu chương

Chương này sẽ đi vào các nội dung sau:

- Lập hai lưu đồ thuật toán mô phỏng. Trong đó một lưu đồ dựa trên cơ chế điều khiển của kỹ thuật ngủ đã trình bày trong chương 3 và một lưu đồ dựa trên cơ chế trên nhưng được đơn giản hóa.
- Dựa trên các lưu đồ thuật toán, mô phỏng bằng Matlab.
- Nhận xét, đánh giá kết quả sau khi chạy chương trình mô phỏng.

### 4.2. Tổng quan

### 4.3. Lưu đồ thuật toán

#### 4.3.1. Lưu đồ thuật toán mô phỏng kỹ thuật chế độ ngủ sử dụng phương pháp dự đoán thời gian đến liên tiếp kế tiếp

##### a. Đối với trường hợp lưu lượng nhạy trễ

##### b. Đối với trường hợp lưu lượng không nhạy trễ

#### 4.3.2. Lưu đồ thuật toán mô phỏng kỹ thuật chế độ ngủ sử dụng phương pháp được đơn giản hóa

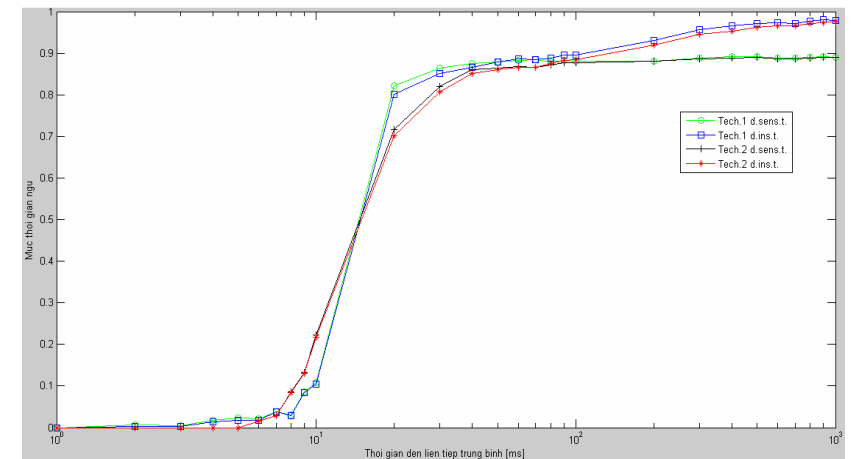
##### a. Đối với trường hợp lưu lượng nhạy trễ

##### b. Đối với trường hợp lưu lượng không nhạy trễ

### 4.4. Chương trình mô phỏng và đánh giá kết quả

Sau khi chạy các chương trình mô phỏng ta nhận thấy:

Hình 4.1 cho thấy mức thời gian trải qua trong trạng thái ngủ là hàm giá trị trung bình của các phân phối các lần đến liên tiếp. Thuật ngữ *Tech.1* đặc trưng cho *kỹ thuật 1* chỉ thị kỹ thuật chế độ ngủ sử dụng phương pháp dự đoán thời gian đến liên tiếp kế tiếp. Còn thuật ngữ *Tech.2* đặc trưng cho *kỹ thuật 2* chỉ thị phương pháp được đơn giản hóa bằng cách sử dụng trung bình số học là dự đoán của các lần đến liên tiếp.



Hình 4.1: Mức thời gian ngủ là hàm trung bình của thời gian đến liên tiếp

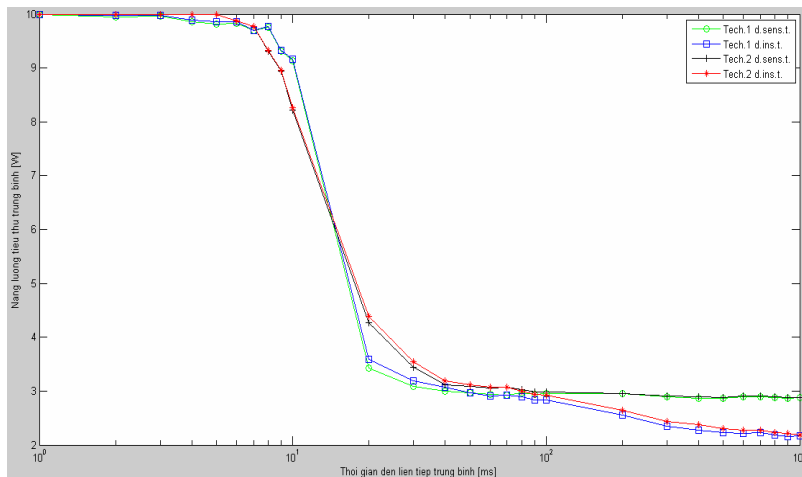
Như vậy, *Kỹ thuật 1* có thể thích ứng nhanh hơn với các điều kiện thay đổi của lưu lượng mà không ảnh hưởng đến việc thiết lập lại giá trị dự đoán của nó đến một giá trị dưới ngưỡng kích hoạt vì



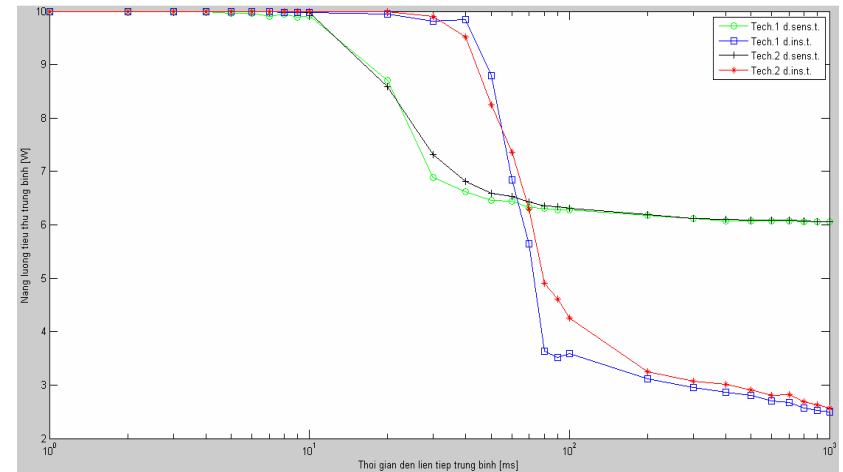
các giá trị trung bình của các lần đến liên tiếp khá xa nó. Đồ thị cũng cho thấy khi thời gian đến liên tiếp trung bình rất cao, hai kỹ thuật có xu hướng hiển thị các hiệu năng năng lượng giống nhau.

Hình 4.1 cũng cho thấy các phương pháp lập lịch được sử dụng đối với lưu lượng nhạy trễ, và không nhạy trễ đưa ra các mức thời gian ngủ tương tự nhau lên đến một thời gian đến liên tiếp trung bình  $\sim 100$  ms. Trên giá trị này, việc lập lịch được sử dụng cho lưu lượng không nhạy trễ đem lại các hiệu năng về năng lượng tốt hơn vì nó có thể lập lịch các chu kỳ ngủ dài hơn một cách đáng kể so với phương pháp lập lịch khác khi được mô tả bởi một chu kỳ ngủ tối đa cho phép.

Các kết quả được trình bày trong Hình 4.1 được ánh xạ trong Hình 4.2, biểu thị năng lượng được tiêu thụ bởi một ONU như là hàm của thời gian đến liên tiếp trung bình của khung.



**Hình 4.2:** Sự tiêu thụ năng lượng là hàm của thời gian đến liên tiếp trung bình



**Hình 4.3:** Sự tiêu thụ năng lượng là hàm của thời gian đến liên tiếp trung bình với thời gian thức dậy được tăng lên thành 5 ms

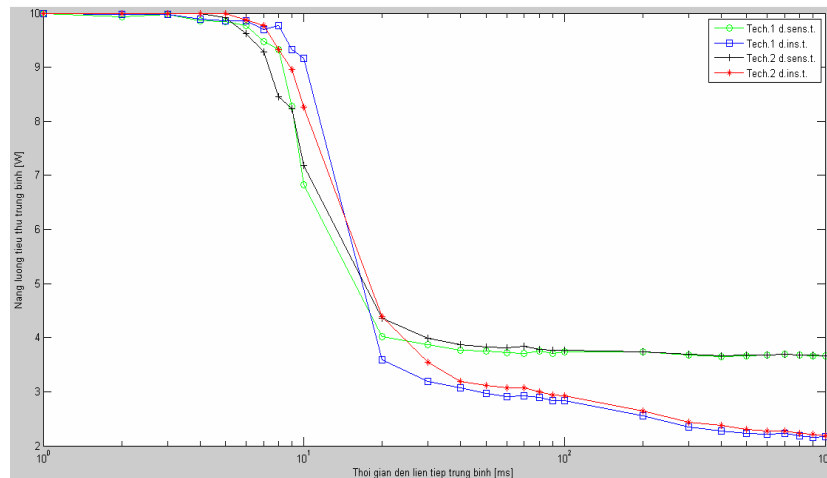
Nếu thời gian thức dậy tăng, thì phương pháp lập lịch được sử dụng trong trường hợp lưu lượng không nhạy trễ có kết quả thuận lợi đối với các giá trị lần đến liên tiếp trung bình thấp hơn so với mức 100 ms của trường hợp khi chưa tăng thời gian thức dậy, như thể hiện trong Hình 4.3. Nhưng nếu thời gian đến liên tiếp trung bình thấp hơn  $\sim 60$  ms, thì phương pháp đối với lưu lượng nhạy trễ thuận lợi hơn về mặt tiết kiệm năng lượng.

Hiện tượng tương tự xuất hiện khi lưu lượng nhạy trễ đòi hỏi một dung sai của trễ xếp hàng bổ sung thấp hơn.

Trong trường hợp này, chu kỳ có thể lập lịch tối đa của lưu lượng nhạy trễ sẽ ngắn hơn, hiệu năng năng lượng sẽ thấp hơn.

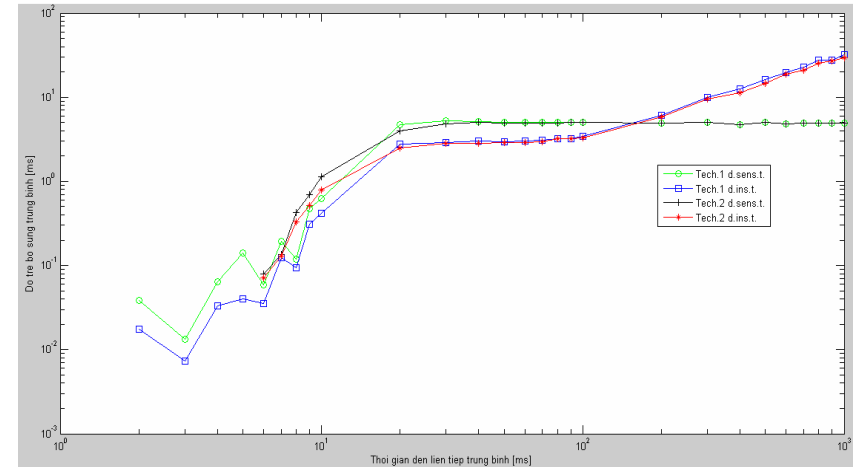
Như vậy cũng trong trường hợp này, lợi thế của kỹ thuật linh hoạt hơn xuất hiện ở các giá trị lần đến liên tiếp trung bình thấp hơn. Điều này được thể hiện trong Hình 4.4, đạt được bằng

việc thiết lập độ trễ bổ sung có thể cho phép tối đa đối với lưu lượng nhạy trễ là 5 ms:



**Hình 4.4: Sự tiêu thụ năng lượng là hàm của thời gian đến liên tiếp trung bình với chu kỳ ngủ tối đa được làm giảm**

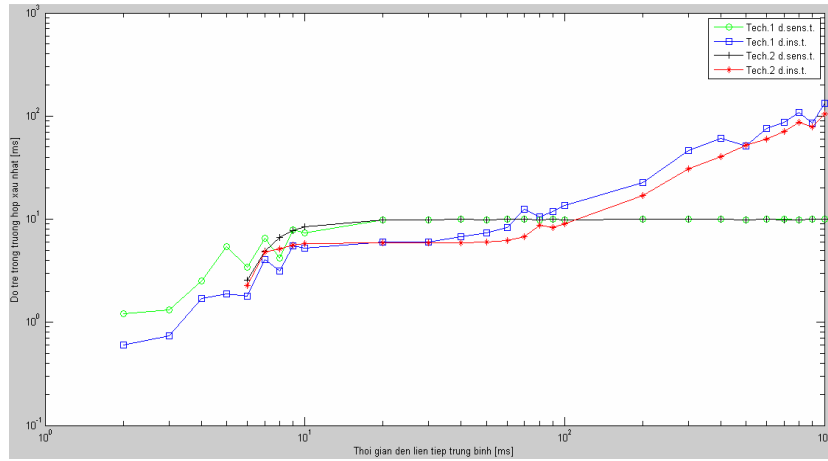
Như đã nhận thấy trong Hình 4.1, Hình 4.5 cũng cho thấy rằng khi thời gian đến liên tiếp trung bình dưới ~6 ms, kỹ thuật chế độ ngủ có một dự đoán dựa trên mức trung bình cộng (kỹ thuật) không kích hoạt bất kỳ chu kỳ ngủ nào, trong khi *kỹ thuật 1* thì có. Dù độ trễ bổ sung trung bình ở khu vực này có thể được coi là không đáng kể vì nó thấp hơn 1 ms. Ngoài vùng bắt đầu (có thời gian đến liên tiếp trung bình từ ~6 ms đến ~10 ms), mà tại đó *kỹ thuật 1* cho thấy hiệu năng độ trễ tốt hơn so với *kỹ thuật 2*, còn lại thì hai kỹ thuật hiển thị các hiệu năng độ trễ tương tự nhau như theo sơ đồ.



**Hình 4.5: Độ trễ bổ sung trung bình là hàm của thời gian đến liên tiếp trung bình**

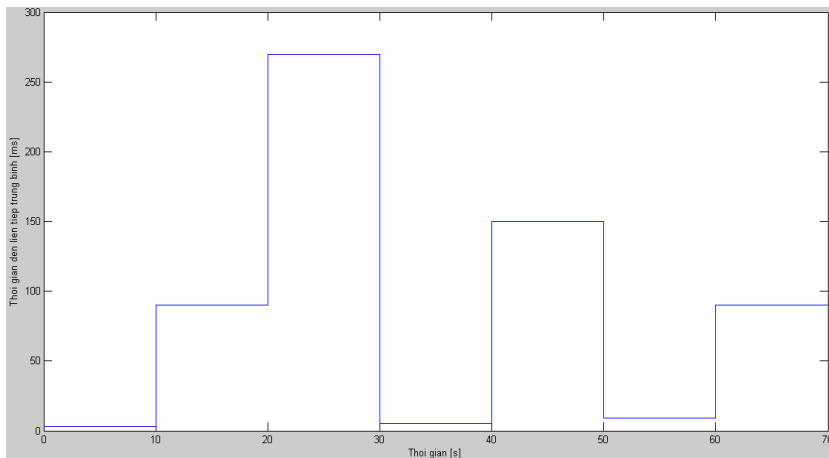
So sánh các phương pháp lập lịch được sử dụng đối với lưu lượng nhạy trễ và không nhạy trễ. Hình 4.5 cho thấy phương pháp đối với lưu lượng không nhạy trễ dẫn đến độ trễ ít hơn so với phương pháp lưu lượng nhạy trễ cho đến ~100 ms của thời gian đến liên tiếp trung bình. Trên 100 ms, tình huống chuyển ngược lại.

Các kết quả tương tự liên quan đến việc so sánh giữa hai phương pháp lập lịch sử dụng lưu lượng nhạy trễ và không nhạy trễ cũng được chỉ ra trong Hình 4.6. Ở đây độ trễ bổ sung trong trường hợp xấu nhất được biểu thị như là hàm của thời gian đến liên tiếp trung bình. Hình 4.6 cho thấy trong trường hợp lưu lượng không nhạy trễ, *kỹ thuật 2* dẫn đến kết quả trong trường hợp xấu nhất một độ trễ thấp hơn so với *kỹ thuật 1*.

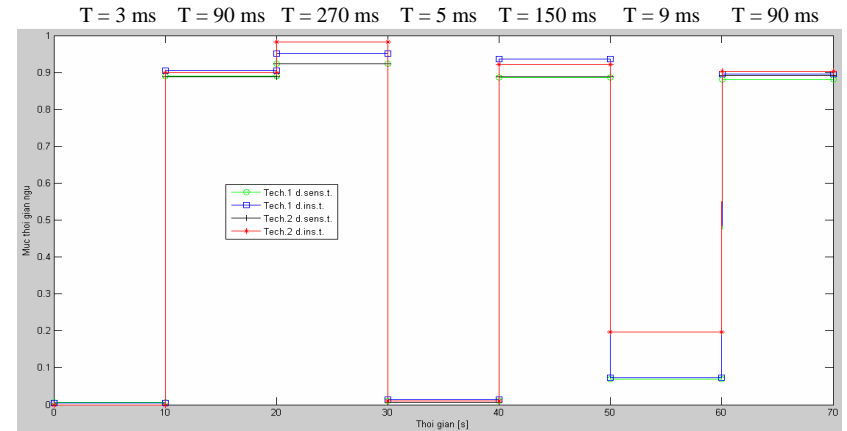


**Hình 4.6: Độ trễ bổ sung trong trường hợp xấu nhất là hàm của thời gian đến liên tiếp trung bình**

Trong tập mô phỏng thứ hai, kỹ thuật chế độ ngủ sử dụng phương pháp dự đoán thời gian đến liên tiếp kế tiếp và phiên bản đơn giản hóa của nó được áp dụng đối với phân phối mũ của các lần đến liên tiếp mà được đặc trưng bởi một giá trị trung bình thay đổi theo thời gian. Giá trị trung bình được vẽ trong Hình 4.7 là hàm theo thời gian:



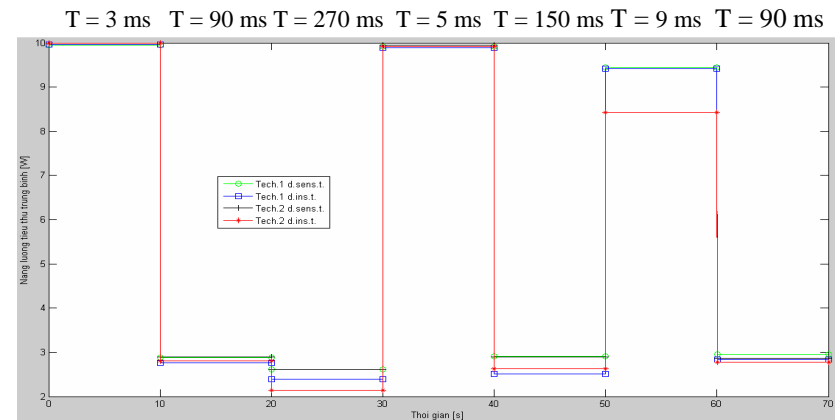
**Hình 4.7: Thời gian đến liên tiếp trung bình là hàm theo thời gian**



**Hình 4.8: Mức thời gian ngủ là hàm của thời gian và thời gian đến liên tiếp trung bình**

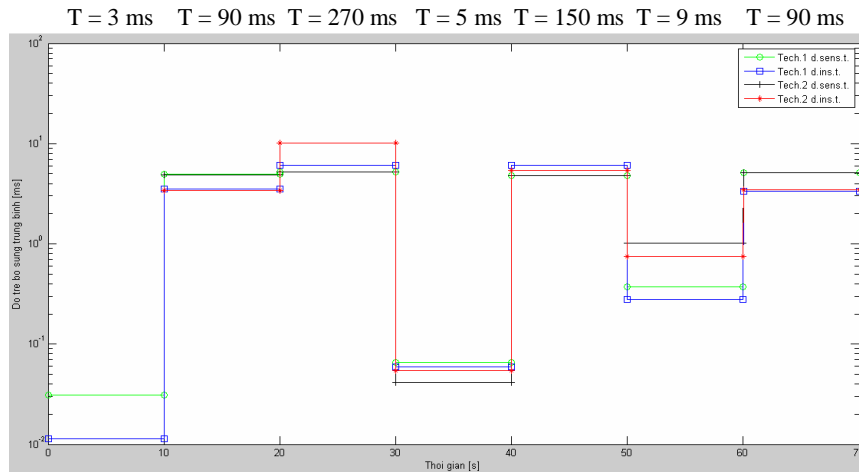
Các hiệu năng về năng lượng của hai kỹ thuật chế độ ngủ được mô tả bởi các phương pháp dự đoán khác nhau có thể so sánh được, như trong Hình 4.8. Sự khác biệt đáng kể duy nhất có thể nhận thấy được khi thời gian đến liên tiếp trung bình đi từ 150 ms đến 9 ms. Trong trường hợp này, kỹ thuật 1 đưa ra mức thời gian ngủ thấp hơn.

Hình 4.9 biểu thị tiến trình tiêu thụ năng lượng.



**Hình 4.9: Sự tiêu thụ năng lượng là hàm của thời gian và thời gian đến liên tiếp trung bình**

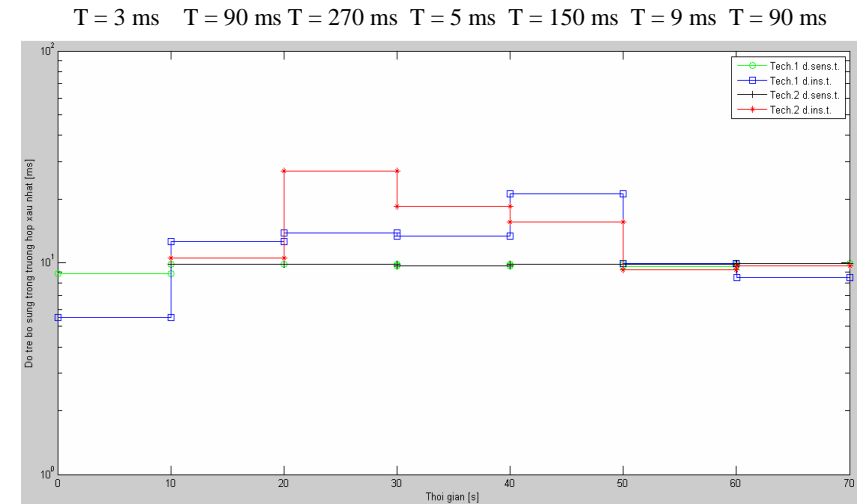
Hình 4.10 vẽ biểu thị tiến trình độ trễ bổ sung trung bình theo thời gian.



Hình 4.10: Độ trễ bổ sung trung bình là hàm của thời gian và thời gian đến liên tiếp trung bình.

Đồ thị cho thấy rằng kỹ thuật 2, tức là phương pháp dự đoán được cấu thành bởi trung bình cộng, nhìn chung có các hiệu năng độ trễ xấu hơn so với kỹ thuật 1.

Hình 4.11 đã biểu thị tiến trình của độ trễ bổ sung trong trường hợp xấu nhất.



Hình 4.11: Độ trễ bổ sung trong trường hợp xấu nhất là hàm của thời gian và thời gian đến liên tiếp trung bình.

#### 4.5. Kết luận chương

Chương 4 đã lập lưu đồ thuật toán và xây dựng chương trình mô phỏng cho hai kỹ thuật chế độ ngủ sử dụng phương pháp dự đoán thời gian đến liên tiếp kế tiếp (kỹ thuật 1) và sử dụng phương pháp được đơn giản hóa (kỹ thuật 2). Qua các kết quả từ các chương trình mô phỏng, bằng cách so sánh giữa hai phương pháp đã cho chúng ta thấy được, theo thời gian đến liên tiếp trung bình, nhìn chung kỹ thuật 1 cho thấy khả năng tiết kiệm năng lượng tốt hơn kỹ thuật 2, bởi vì nó làm cho ONU ngủ trong một thời gian dài hơn so với kỹ thuật 2 (theo Hình 4.1 và Hình 4.2). Và hiệu năng độ trễ của kỹ thuật 1 nhìn chung cũng tốt hơn so với kỹ thuật 2 (theo Hình 4.5). Khi thời gian đến liên tiếp trung bình là hàm theo thời gian thì kỹ thuật 1 và kỹ thuật 2 nhìn chung có sự tiêu thụ năng lượng trung

biên tương đương nhau (Hình 4.9), nhưng hiệu năng độ trễ của kỹ thuật 1 tốt hơn kỹ thuật 2 (Hình 4.10).

## KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI

### 1. Kết luận

Luận văn đã nghiên cứu tìm hiểu một kỹ thuật chế độ ngủ nhanh dành cho mạng TDM-PON, đó là kỹ thuật sử dụng phương pháp dự đoán thời gian đến liên tiếp kế tiếp để tắt ONU. Mục tiêu là nhằm cải tiến được hiệu năng năng lượng mà không tác động quá nhiều đến chất lượng dịch vụ.

Kết quả của các mô phỏng bằng Matlab (Hình 4.2 và Hình 4.9) cho thấy rằng nếu khung đến theo một phân bố Poisson, thì kỹ thuật 1 nhìn chung dẫn đến việc tiết kiệm năng lượng cao hơn kỹ thuật dựa trên phương pháp dự đoán được đơn giản hóa (kỹ thuật 2). Điều này càng trở nên rõ ràng hơn khi tốc độ lưu lượng thấp hơn. Ngược lại, kỹ thuật 2 thường ít tạo nên độ trễ bổ sung trong lưu lượng hơn kỹ thuật 1. Tình hình này thay đổi khi các lần đến liên tiếp của khung theo phân bố hàm mũ có giá trị trung bình thay đổi theo thời gian. Trong trường hợp này, kỹ thuật 1 cho thấy có hiệu năng độ trễ tốt hơn kỹ thuật 2 (Hình 4.10). Điều này xảy ra là nhờ có phương pháp dự đoán được chấp nhận trong kỹ thuật 1 thích ứng nhanh hơn khi thay đổi các tình trạng lưu lượng.

Riêng đối với một số trường hợp đặc biệt mà tại đó thời gian đến liên tiếp trung bình của khung có thể được so sánh với chu kỳ ngủ tối đa cho phép khi các dịch vụ nhạy trễ làm chủ, phương pháp lập lịch được sử dụng trong trường hợp lưu lượng nhạy trễ đáp ứng tốt hơn về các yêu cầu QoS. Hơn nữa, cũng không làm giảm sút quá nhiều đến các hiệu năng tiết kiệm năng lượng. Như vậy, nếu sự tiêu thụ năng lượng không quá nghiêm trọng, kỹ thuật 1 có thể được

thực hiện chỉ với phương pháp lập lịch đối với lưu lượng nhạy trễ. Bằng cách này, một phần nhỏ của năng lượng tiết kiệm sẽ bị mất, nhưng sẽ đạt được một sự cải thiện khá ý nghĩa trong các hiệu năng độ trễ. Ngược lại, nếu cần phải tiết kiệm năng lượng càng nhiều càng tốt, kỹ thuật 1 sẽ bao gồm cả hai phương pháp lập lịch, đối với các dịch vụ nhạy trễ và không nhạy trễ.

### 2. Hướng nghiên cứu tiếp theo

Thứ nhất, trên quan điểm lý thuyết, sự phát triển của kỹ thuật chế độ ngủ đối với mạng TDM-PON cần phải nghiên cứu về hình dạng lưu lượng. Sự nắm bắt cụ thể hơn về tính năng thực tế của lưu lượng sẽ mang lại một sự trợ giúp quan trọng trong việc thiết kế phương pháp tiết kiệm năng lượng nhờ chế độ ngủ. Với việc biết được hình dạng của lưu lượng, một vài giải pháp có thể đem lại kết quả không phù hợp và bị loại. Đồng thời, việc biết được đặc tính của lưu lượng sẽ gợi ý trong việc khai thác những thuận lợi của việc tiết kiệm năng lượng.

Thứ hai, nên có cơ chế phát hiện sự hiện diện các dịch vụ nhạy trễ. Vì khi để chuyển đổi giữa hai phương pháp lập lịch (nhạy trễ và không nhạy trễ) được mô tả, thì cần phải nhận dạng khi các ứng dụng nhạy trễ đang hoạt động. Các dịch vụ, chẳng hạn như điện thoại video (VoIP) hoặc trò chơi trực tuyến, đòi hỏi mức độ tương tác cao. Để đo tính tương tác, cần giám sát lưu lượng hướng lên. Điều này có thể đạt được bằng cách kiểm tra nội dung của các bản tin được gửi bởi các ONU. Một cách khác để giám sát lưu lượng hướng lên có thể chỉ dựa vào việc đếm số khung. Số khung hướng lên thu được qua một chu kỳ thời gian có thể được đo tại OLT. Sau đó, con số này có thể được so sánh với số lượng khung hướng xuống. Nếu chúng có thể so sánh được, thì một dịch vụ tương tác cao đang hoạt động.