

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

NCS: NGUYỄN THỊ THANH HƯƠNG

NGHIÊN CỨU HIỆU QUẢ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG
TẠI TRẠM GỐC HỆ THỐNG THÔNG TIN VÔ TUYẾN
NHIỀU ẪNG TEN

Chuyên ngành: Kỹ thuật Viễn thông

Mã số: 9.52.02.08

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT VIỄN THÔNG

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: PGS.TS. LÊ HỮU LẬP
TS. LÊ MINH TUẤN

HÀ NỘI, 2022

Công trình hoàn thành tại:

Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Người hướng dẫn khoa học:

PGS.TS. Lê Hữu Lập

TS. Lê Minh Tuấn

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng cấp Học viện tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, 122 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội.
Vào lúc:

Có thể tìm hiểu luận án tại:

Thư viện Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

MỞ ĐẦU

Cùng với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ thông tin và truyền thông (ICT), điện năng tiêu thụ cũng đang phát triển với một tốc độ đáng kinh ngạc, khi việc triển khai hệ thống mạng 4G ở các nước đang phát triển và sau đó là phát triển hệ thống 5G trên toàn thế giới thì vô tuyến di động sẽ tiêu thụ năng lượng nhiều hơn nếu không có các biện pháp hành động hiệu quả. Một số kết quả chỉ ra rằng việc tiêu thụ nhiều năng lượng của một trạm cơ sở (BS) chiếm hơn 50% tổng số năng lượng được tiêu thụ của hệ thống truy cập vô tuyến, hiệu quả năng lượng không chỉ mang lại lợi ích sinh thái tuyệt vời mà còn thể hiện trách nhiệm xã hội trong cuộc chiến chống biến đổi khí hậu, tuy nhiên nó cũng mang lại lợi ích kinh tế đáng kể. Các kỹ thuật như nâng cao lớp vật lý, ghép kênh phân chia tần số trực giao, vô tuyến nhận thức, mã hóa mạng, truyền thông hợp tác, chuyển giao dịch vụ,...các cấu trúc mạng mới như mạng không đồng nhất, ăng ten phân chia, di động đa tần, cũng như kế hoạch quản lý nguồn tài nguyên mạng theo chất lượng dịch vụ...đã được đề xuất để giải quyết vấn đề này.

Do vậy việc nghiên cứu hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống thông tin vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten là vô cùng quan trọng, cấp thiết, nó mang ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

Mục tiêu và phạm vi nghiên cứu

Bên cạnh những vấn đề về tốc độ trong hệ thống thì vấn đề sử dụng năng lượng hiệu quả hiện cũng là một trong những yếu tố

quan tâm hàng đầu trong lĩnh vực thông tin di động vì các lý do sau: Thứ nhất, chi phí năng lượng chiếm tỷ lệ đáng kể trong chi phí vận hành khai thác hệ thống thông tin, do đó, nếu giảm thiểu được công suất tiêu thụ năng lượng sẽ đem lại lợi ích rất lớn cho các nhà mạng. Thứ hai, việc sử dụng hiệu quả năng lượng còn giúp bảo vệ môi trường, tăng năng lực cạnh tranh và tạo điều kiện cho nhà mạng có thể mở rộng thị trường, cải thiện chất lượng phục vụ đối với người dùng và xu hướng người dùng ngày càng quan tâm hơn đến những vấn đề năng lượng tiêu thụ của thiết bị di động bên cạnh các vấn đề về tốc độ và chất lượng dịch vụ xanh.

Mục tiêu thứ nhất: Nghiên cứu mô hình sử dụng hiệu quả năng lượng trong hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten kích thước đầy đủ FD (không gian - thời gian) không đồng nhất (Hetnet) sử dụng thuật toán thông minh để chuyển giao “mềm” dịch vụ trong mạng không đồng nhất nhờ các thuật toán thông minh trong quyết định logic mờ để chuyển giao giữa các dịch vụ khác nhau dựa vào “ngữ cảnh thông tin” (context) để tăng xác suất thành công khi chuyển giao và giảm tối đa công suất tiêu thụ trong các trạm cơ sở mà vẫn đảm bảo chất lượng thông tin theo tiêu chuẩn cho phép nhằm quản lý hiệu quả nguồn tài nguyên hệ thống.

Mục tiêu thứ hai: Nghiên cứu mô hình sử dụng hiệu quả năng lượng trong hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten phân chia theo thời gian TDD. Tối ưu hóa số lượng ăng ten cần thiết tại mỗi trạm gốc khi tăng số thuê bao trong một cell sao cho số thuê bao cung cấp dịch vụ đồng thời trong một cell luôn nhiều hơn số ăng ten

cho phép tại trạm gốc nhằm giảm công suất tiêu thụ của trạm gốc và tăng hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống.

Ý nghĩa và đóng góp

Nghiên cứu các mô hình toán học sử dụng hiệu quả năng lượng thông qua nghiên cứu, phân tích, tính toán và mô phỏng để giải quyết bài toán sử dụng hiệu quả năng lượng trong hệ thống thông tin vô tuyến nói chung và trong hệ thống thông tin vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten nói riêng trong khi vẫn đáp ứng được yêu cầu truyền dẫn thông tin ở tốc độ cao và chất lượng dịch vụ đảm bảo tiêu chuẩn theo quan điểm của các nhà khai thác mạng viễn thông hiện nay là sử dụng hiệu quả năng lượng không chỉ mang lại kinh tế mà còn mang lại lợi ích sinh thái và trách nhiệm xã hội trong chống biến đổi khí hậu và bảo vệ môi trường.

Một số đóng góp khoa học chính cụ thể như sau:

- Nghiên cứu mô hình sử dụng hiệu quả năng lượng trong hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten kích thước đầy đủ FD (không gian - thời gian) không đồng nhất, sử dụng thuật toán thông minh để chuyển giao “mềm” dịch vụ trong mạng không đồng nhất bằng các thuật toán thông minh ontology based trong quyết định logic mờ chuyển giao giữa các dịch vụ khác nhau dựa vào ngữ cảnh thông tin để tăng xác suất thành công khi chuyển giao và giảm tối đa công suất tiêu thụ trong các trạm cơ sở mà vẫn đảm bảo chất lượng thông tin theo tiêu chuẩn nhằm quản lý hiệu quả nguồn tài nguyên.

- Nghiên cứu mô hình sử dụng hiệu quả năng lượng trong hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten phân chia thời gian TDD. Tối ưu hóa số lượng ăng ten cần thiết tại mỗi trạm gốc khi tăng số thuê bao trong một cell sao cho số thuê bao cung cấp dịch vụ đồng thời trong một cell luôn nhiều hơn hơn số ăng ten cho phép tại trạm gốc nhằm giảm công suất tiêu thụ của trạm gốc và tăng hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống.

Bố cục của luận án

Luận án được trình bày trong 03 chương chính ngoài phần mở đầu, kết luận và các phụ lục. Chương 1: Tổng quan về các hệ thống thông tin vô tuyến và vấn đề hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống. Chương 2: Nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten phân chia theo thời gian TDD. Chương 3: Cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten FD. Ngoài ra: Phần phụ lục trình bày quá trình khai báo và thu thập thông tin, xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL), quá trình phân tích, truy xuất, suy diễn và ra quyết định, trích dẫn nguồn code của các mô phỏng....

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ CÁC HỆ THỐNG THÔNG TIN VÔ TUYẾN VÀ VẤN ĐỀ HIỆU QUẢ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG

1.1. Tổng quan về các hệ thống thông tin vô tuyến

Các hệ thống thông tin vô tuyến (không dây) có thể phân loại thành 4 hệ thống cơ bản là SISO, SIMO, MISO, MIMO.

1.1.1. Hệ thống thông tin vô tuyến đa người dùng

Là hệ thống sử dụng nhiều ăng ten cả nơi phát và nơi thu, hệ thống có thể phân tập phát nhờ đa ăng ten phát, cung cấp phân tập thu nhờ vào đa ăng ten thu nhằm tăng chất lượng hệ thống hoặc thực hiện beamforming tại nơi phát và nơi thu để tăng hiệu suất sử dụng công suất, triệt can nhiễu.

1.1.2. Hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten

Hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten đã được nghiên cứu từ lâu và được ứng dụng trong nhiều tiêu chuẩn truyền thông không dây vì nó có thể cải thiện đáng kể dung lượng và độ tin cậy của hệ thống, trong khoảng thời gian đầu chủ yếu nghiên cứu về kết nối điểm điểm hay còn gọi là đơn người dùng. Trong hệ thống này, hai thiết bị đa ăng ten kết nối giao tiếp với nhau, mang lại lợi ích rất lớn cả về dung lượng cũng như độ tin cậy, tuy nhiên, hệ thống còn một số nhược điểm như chỉ giao tiếp được một người dùng, để khắc phục nhược điểm đó, hệ thống đa người dùng ra đời và về cơ bản thì hệ thống đa người dùng khác với đơn người dùng là đồng thời phục vụ cho một số người dùng. Hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten không đồng nhất, từ góc độ kiến trúc, hệ thống Hetnet có thể được xem như là cấu trúc các thành phần của các mạng truy nhập vô tuyến (RANs), các tế bào và chức năng hoạt động trong cùng môi trường và các tài nguyên dữ liệu được phân bố kết hợp, các mạng không đồng nhất gần đây đã trở thành một chủ đề nghiên

cứu chính trong truyền thông không dây do tiềm năng lớn của nó để cải thiện vùng phủ sóng và dung lượng của mạng không dây.

1.1.3. Hiệu quả năng lượng trong các hệ thống

Khái niệm sử dụng năng lượng hiệu quả (thường được gọi ngắn gọn là hiệu quả sử dụng năng lượng hay hiệu quả năng lượng) là mục tiêu của những nỗ lực nhằm giảm năng lượng cần thiết cung cấp cho các sản phẩm và dịch vụ,

Hiệu quả sử dụng năng lượng (hay hiệu suất năng lượng), ký hiệu là EE (Energy Efficiency) có đơn vị là bit/Joule, được định nghĩa là tỷ số giữa tổng dữ liệu (lượng thông tin) được trao đổi R_T (đơn vị là bit/second) và công suất tiêu thụ tổng P_T (đơn vị là Watt = Joule/second).

$$EE = \frac{R_T}{P_T}$$

Hiệu quả năng lượng của hệ thống thông tin di động phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong phạm vi nghiên cứu, luận án chỉ phân tích tốc độ đạt được, đảm bảo chất lượng thông tin cũng như công suất tiêu thụ sao cho mạng lại hiệu quả năng lượng tốt nhất cho hệ thống, việc sử dụng hiệu quả mang lại nhiều lợi ích và sự quan tâm tổ chức.

1.1.4. Lợi ích của việc sử dụng hiệu quả năng lượng

Giảm chi phí vận hành: sự phát triển của thế hệ mạng di động luôn gắn với việc tăng tốc độ hệ thống, tuy nhiên, có thể kéo theo hệ thống phức tạp, nhiều thành phần hơn, làm cho công suất tiêu thụ

năng lượng tổng tăng lên, yếu tố then chốt làm cho hệ thống sử dụng năng lượng hiệu quả là công suất tiêu thụ.

Góp phần bảo vệ môi trường: Biến đổi khí hậu ngày nay là một vấn đề toàn cầu, và là vấn đề đặt ra cho bất kỳ ngành công nghiệp nào. Theo xu hướng này, có khoảng 65% các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông trên thế giới coi vấn đề thay đổi khí hậu là vấn đề quan trọng trong việc hoạch định chính sách phát triển chiến lược.

Tăng tính cạnh tranh: Việc giảm chi phí vận hành nhờ sử dụng hiệu quả năng lượng cho phép cung cấp dịch vụ viễn thông với giá rẻ hơn, cũng cho phép các nhà mạng sử dụng số tiền đó đầu tư thêm các thiết bị, nhân lực để nâng cao hơn chất lượng dịch vụ của mạng.

1.2. Các tham số chất lượng dịch vụ

Trong viễn thông, một lĩnh vực cần được đầu tư lớn vào kỹ thuật và công nghệ tiên tiến thì chất lượng luôn luôn là yếu tố quyết định sự thành bại và rõ ràng không được xem nhẹ chất lượng dịch vụ. Thông thường chất lượng dịch vụ trong mạng thông tin di động mặt đất được đánh giá qua các bộ tham số như tỷ lệ thiết lập thành công, tỷ lệ bị rơi, điểm chất lượng thoại, tốc độ tải dữ liệu ... Việc đo kiểm, quản lý chất lượng dịch vụ theo hướng như vậy là quản lý theo QoS, trong mạng viễn thông được định nghĩa cụ thể qua các tham số kỹ thuật được lượng hóa rõ ràng. Theo khuyến nghị ITU-TE.800 thì QoS là tập hợp tất cả các đặc tính về năng lực thỏa mãn nhu cầu cần thiết của một dịch vụ cho người sử dụng đã được nhà mạng công bố về dịch vụ đó. QoS trong các mạng thông tin di động

được xác định như là tập các năng lực của mạng cung cấp dịch vụ cho khách hàng bao gồm: chất lượng thoại cao, mức thu tốt; xác suất bị khóa thu và tỷ lệ rơi cuộc gọi thấp; tốc độ dữ liệu cao cho các ứng dụng đa phương tiện và truyền dữ liệu. Như vậy, QoS được định nghĩa như là khả năng của một mạng cung cấp dịch vụ với mức độ đảm bảo xác định, trong khi đó QoE lại phụ thuộc vào cảm nhận của chính các khách hàng về một số đặc điểm như: Khả năng sử dụng, khả năng truy nhập, khả năng duy trì và mức độ nguyên vẹn của dịch vụ được cấp.

1.3. Các phép toán và thuật toán liên quan

1.3.1. Ngôn ngữ Ontology learning

Ontology là một trong các hình thức biểu diễn tri thức tiên tiến nhất hiện nay ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như trí tuệ nhân tạo, truy hồi thông tin... là nền tảng cung cấp ngữ nghĩa cho dữ liệu, cho phép dữ liệu có thể được hiểu bởi máy tính và nó được ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực khác nhau. Trong khoa học máy tính, một ontology là một mô hình dữ liệu biểu diễn một lĩnh vực và được sử dụng để suy luận về các đối tượng trong lĩnh vực đó và mối quan hệ giữa chúng, ontology cung cấp một bộ từ vựng chung bao gồm các khái niệm, các thuộc tính quan trọng và các định nghĩa về các khái niệm và các thuộc tính này. Ngoài bộ từ vựng, ontology còn cung cấp các ràng buộc, đôi khi các ràng buộc này được coi như các giả định cơ sở về ý nghĩa mong muốn của bộ từ vựng, nó được sử dụng trong một miền để giao tiếp giữa người và các hệ thống ứng dụng phân tán hỗn tạp khác.

1.3.2. Logic mờ (Fuzzy logic)

Từ những năm đầu của thập kỷ 90 cho đến nay, hệ điều khiển mờ và mạng noron (fuzzy system and neuron network) được các nhà khoa học đặc biệt quan tâm nghiên cứu và ứng dụng vào sản xuất. Tập mờ và logic mờ (fuzzy set and fuzzy logic) dựa trên các suy luận của con người về các thông tin “không chính xác” hoặc “không đầy đủ” về hệ thống để hiểu biết và điều khiển hệ thống một cách chính xác. Điều khiển mờ chính là bắt chước cách xử lý thông tin và điều khiển của con người đối với các đối tượng, do vậy, điều khiển mờ đã giải quyết thành công các vấn đề điều khiển phức tạp trước đây chưa giải quyết được. Có thể nói, công nghệ tính toán mờ là một trong những lĩnh vực nghiên cứu phát triển mạnh mẽ nhất, được đánh dấu bằng sự ra đời của hàng loạt phương pháp kỹ thuật ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, việc tích hợp các kỹ thuật logic mờ với các phương pháp phân tích khác diễn ra mạnh mẽ.

1.4. Kết luận chương 1

Trình bày về tổng quan về hệ thống thông tin vô tuyến nói chung và hệ thống thông tin vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten, hiệu quả sử dụng năng lượng trong các hệ thống thông tin vô tuyến và lợi ích việc sử dụng hiệu quả thông tin vô tuyến và sự quan tâm của các tổ chức trong nước và thế giới, tổng quan các vấn đề hiệu quả năng lượng của các tác giả đi trước, các vấn đề tồn tại, hướng nghiên cứu và các kết quả cần đạt được của luận án. Giới thiệu tổng quan các lý thuyết và thuật toán liên quan đến nghiên cứu của luận án.

CHƯƠNG 2. NÂNG CAO HIỆU QUẢ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG VÔ TUYẾN SỬ DỤNG NHIỀU ĂNG TEN TDD

2.1. Giới thiệu chung

Chương này trình bày tổng quan về hệ thống nhiều ăng ten phân chia theo thời gian đa người dùng (Multi user MIMO), phân tích hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống thông qua các tham số công suất tiêu thụ, tốc độ đạt được, ảnh hưởng của số ăng ten trạm gốc và ảnh hưởng của số thuê bao trong một trạm gốc, đề xuất mô hình sử dụng hiệu quả năng lượng và giải thích, đánh giá các kết quả mô phỏng và tính toán.

2.2. Hệ thống nhiều ăng ten đa người dùng TDD

Nghiên cứu hệ thống nhiều ăng ten phân chia theo thời gian đa người dùng là một trạm gốc (trạm cơ sở) phục vụ nhiều đầu cuối sử dụng chung tài nguyên không gian và tần số, hệ thống đa người dùng cho cả đường lên và đường xuống, kênh đường lên được gọi là kênh đa truy nhập, kênh đường xuống gọi là kênh quảng bá, trong kênh quảng bá, mỗi máy đầu cuối nhận các dữ liệu khác nhau. Trong cả đường lên và đường xuống, luôn có số K dữ liệu kết nối đồng thời hoạt động tại mỗi kênh theo không gian và thời gian.

2.3. Phân tích các chỉ số liên quan

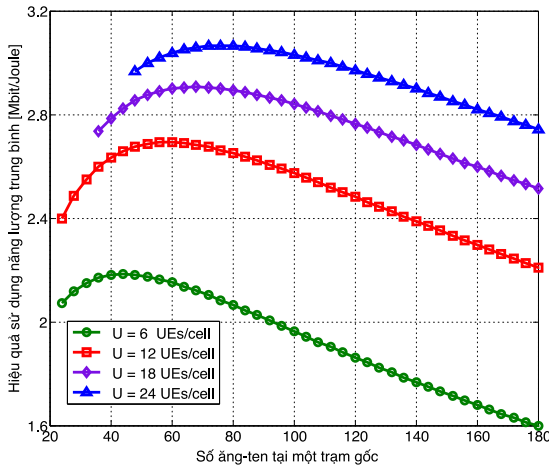
Hiệu quả năng lượng trong hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten đa người dùng, có hai thành phần chính được xem xét trong phạm vi luận án đó là tổng dữ liệu (dịch vụ) trao đổi và công suất

tiêu thụ trong trạm gốc, trong đó tổng dữ liệu trao đổi sẽ phụ thuộc vào tốc độ dữ liệu, cường độ dữ liệu, tỷ lệ lỗi bit..., để phân tích và đánh giá được hiệu quả sử dụng năng lượng trong hệ thống thì xem xét tốc độ dữ liệu và công suất tiêu thụ.

Trong phần này, mô phỏng hệ thống và phân tích đánh giá kết quả, kịch bản mô phỏng một mạng thông tin di động có 7 cells, mỗi cell có hình lục giác đều, trong đó, các trạm gốc được đặt ở trung tâm của cell và được miêu tả bằng hình tròn, người dùng hay thuê bao có vị trí phân bố đều ngẫu nhiên trong diện tích của mỗi cell và được miêu tả bằng hình chữ nhật, giả thiết rằng các thuê bao trong mỗi cell sẽ trao đổi thông tin với trạm gốc trong cùng cell, các cell có cùng số người dùng và các cell có cấu hình trạm gốc giống nhau, ví dụ như: số ăng ten tại mỗi trạm gốc bằng nhau và cách thức triển khai ăng ten trong cell cũng tương tự nhau. Trong khi đó các UEs sử dụng ăng ten đơn đẳng hướng, số ăng ten tại một trạm gốc ít nhất gấp đôi số thuê bao trong cùng cell, $N_t \geq 2U$ và tập chuỗi hoa tiêu trực giao đủ lớn so với số người dùng trong mỗi cell và các cell sẽ tái sử dụng chung một tập chuỗi hoa tiêu trực giao này và sử dụng một phần bộ tham số của hệ thống thông tin di động 4G LTE/LTE-Advanced khi xây dựng kịch bản mô phỏng.

Kết quả mô phỏng hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống cỡ lớn dưới dạng hàm số của số ăng ten tại trạm gốc N_t cho các giá trị khác nhau của số thuê bao trong một cell $U \in \{6, 12, 18, 24\}$. Từ các kết quả mô phỏng trên, chúng ta có thể có một số nhận xét như sau: Với một giá trị số thuê bao trong một cell U cố định, hiệu quả

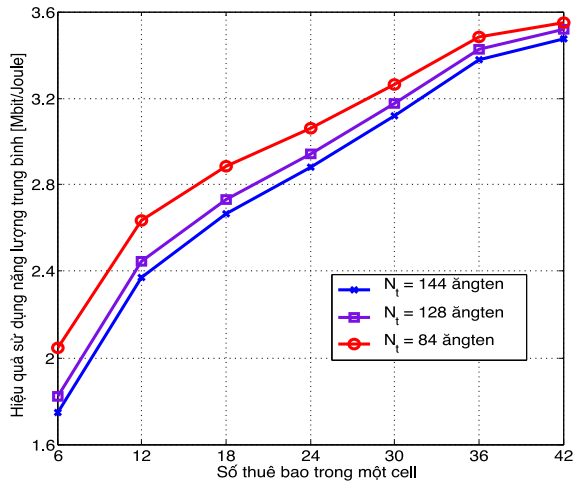
sử dụng năng lượng của hệ thống là một hàm lồi của số ăng-ten tại trạm gốc. Điều này có thể giải thích dựa vào tốc độ tăng của tốc độ bit tổng cộng và của tổng công suất tiêu thụ khi tăng số ăng ten tại trạm gốc, lưu ý rằng, tổng công suất tiêu thụ là một hàm tuyến tính bậc nhất của số ăng ten tại trạm gốc. Trong khi đó, tốc độ bit tổng cộng là một hàm logarithm của số ăng ten tại trạm gốc. Vì vậy, khi số ăng ten tại trạm gốc nhỏ, khi tăng số ăng ten tại trạm gốc, hiệu năng sử dụng năng lượng của hệ thống tăng gần như tuyến tính. Nếu tiếp tục tăng số ăng ten tại trạm gốc, đến một thời điểm nhất định, tốc độ tăng của tốc độ bit tổng cộng sẽ chậm hơn tốc độ tăng của tổng công suất tiêu thụ, khiến cho hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống bắt đầu giảm.



Hình vẽ. Ảnh hưởng của số lượng ăng ten tại trạm gốc lên hiệu quả sử dụng năng lượng trung bình

(a) Ảnh hưởng của số thuê bao trong một cell

Kết quả mô phỏng hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống sử dụng nhiều ăng ten là hàm số của số thuê bao trong một cell với số ăng-ten tại trạm gốc cho trước, chúng ta có thể nhận thấy rằng với số ăng ten tại trạm gốc cho trước, việc tăng số thuê bao trong một cell (sao cho số thuê bao trong một cell luôn ít hơn một nửa số ăng ten tại trạm gốc) sẽ làm tăng hiệu quả sử dụng năng lượng trung bình của hệ thống, tuy nhiên, lượng tăng hiệu quả sử dụng năng lượng trung bình của hệ thống trên mỗi thuê bao mới sẽ giảm đi.



Hình vẽ. Ảnh hưởng của số thuê bao trong một cell lên hiệu quả sử dụng năng lượng trung bình

(b) Tối ưu hiệu quả sử dụng năng lượng

Số ăng ten tại trạm gốc tối ưu về hiệu quả sử dụng năng lượng với số thuê bao trong một cell cho trước, hiệu quả sử dụng năng lượng tối ưu ứng với số ăng ten tại trạm gốc tối ưu đã xác định, có thể nhận thấy rằng số ăng ten tối ưu tại trạm gốc và hiệu quả sử dụng năng lượng gần tuyến tính theo số thuê bao.

2.4. Kết luận chương 2

Chương này đã trình bày tổng quan về hệ thống phân chia theo thời gian đa người dùng, phân tích hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống thông qua các tham số công suất tiêu thụ, tốc độ đạt được, ảnh hưởng của số ăng ten trạm gốc và ảnh hưởng của số thuê bao trong một trạm gốc. Sau khi mô tả kịch bản mô phỏng và các tham số mô phỏng, chương này đã cho thấy ảnh hưởng của số ăng ten tại trạm gốc và số thuê bao trong một cell lên hiệu quả sử dụng năng lượng hệ thống thông tin vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten.

CHƯƠNG 3. CẢI THIỆN HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ THỐNG VÔ TUYẾN SỬ DỤNG NHIỀU ĂNG TEN FD

3.1. Kiến trúc hệ thống

Hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten ở máy phát và máy thu để tăng tốc độ truyền tin, tăng độ tin cậy và chống nhiễu so với hệ thống đơn ăng ten, cho phép chia nhỏ dữ liệu cần truyền thành các luồng dữ liệu độc lập để truyền đồng thời qua các ăng ten sử

dụng cùng một tài nguyên vô tuyến, tốc độ dữ liệu tổng cộng tăng tỷ lệ với số luồng dữ liệu độc lập có thể truyền đồng thời.

Hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten FD bắt đầu được đưa ra thảo luận trong 3GPP từ khoảng giữa năm 2012, đang dần được tích hợp vào họ tiêu chuẩn 3GPP cho mạng 4G và mạng 5G. Gần đây, FD-MIMO đã chính thức là một công nghệ cấu thành của bộ tiêu chuẩn 3GPP LTE-Advanced Pro (Release 13 và sau đó)

Hệ thống FD dựa trên kỹ thuật tạo búp sóng số không gian ba chiều, điều này yêu cầu việc ước lượng chính xác góc tà và góc phương vị của các sóng lan truyền giữa eNodeB và UE, việc ước lượng các góc này lại cần đến một mô hình kênh vô tuyến được xây dựng cho không gian truyền sóng 3 chiều và thực tế là 3GPP đang có những nghiên cứu để xây dựng mô hình kênh vô tuyến không đồng nhất Hetnet, từ góc độ kiến trúc có thể được xem như bao gồm các chức năng mạng truy nhập vô tuyến (RAN) thông thường, khả năng truyền tải RAN, các tế bào nhỏ và chức năng vô tuyến, được ảo hóa và phân phối trong môi trường hoạt động

3.2. Tối ưu hóa chuyển giao dịch vụ dựa vào ngữ cảnh

Các UEs thường di chuyển tuân theo một mô hình chuyển động ngẫu nhiên, nơi đó cell thường trú địa phương được gán định cho các UE trong các cell tại các điểm nóng. Tốc độ của một UEs thường tuân theo sự phân bố đồng đều, lưu lượng dữ liệu được tạo tại UEs được xác định là lưu lượng dữ liệu tốc độ thấp hoặc lưu

lượng dữ liệu tốc độ cao dựa trên giá trị được xác định trước tỷ lệ lưu lượng dữ liệu tốc độ cao. Một số giả thuyết nghiên cứu đề xuất:

Giả thuyết 1: Điều kiện thâm nhập cuộc gọi được kiểm tra đối với các AN trong danh sách AN có thể được chuyển giao được định nghĩa công thức:

$$C' + C_{req} \leq TH_{HO} \times C$$

Trong đó C' là năng lực yêu cầu của UE đang hoạt động, C_{req} là công suất yêu cầu của một cuộc gọi chuyển giao, C là năng lực đáp ứng, TH_{HO} là tỷ lệ năng lực AN dự trữ cho cuộc gọi chuyển giao.

Giả thuyết 2: Tính khả dụng của dịch vụ thông tin tại AN được kiểm tra thông qua trạng thái AN được phân loại thành tắt và bật

Giả thuyết 3: Sự tồn tại của dịch vụ dữ liệu yêu cầu bởi UE k, kiểu dữ liệu của UE k, và tốc độ của UE k được định nghĩa trong phương trình

Các trường hợp chuyển giao được xem xét đề xuất như sau:

- Chuyển giao dịch vụ từ một ô macro hiện tại sang một ô macro khác; Chuyển giao dịch vụ từ một ô macro hiện tại sang một ô micro khác; Chuyển giao dịch vụ từ một ô micro hiện tại sang một ô macro khác; Chuyển giao dịch vụ từ một ô micro hiện tại sang một ô micro khác

Tổng số chuyển giao được định nghĩa như sau:

$$HO_{total} = HO_{case1} + HO_{case2} + HO_{case3} + HO_{case4}$$

Dựa trên số lượng chuyển giao, phân tích và tính toán tổng mức tiêu thụ năng lượng của một tế bào macro BS và một tế bào nhỏ BS, trong đó đại diện No_UElow_rate và No_UEhigh_rate số lượng UE được phục vụ với lưu lượng dữ liệu tốc độ thấp và UE với lưu lượng dữ liệu tốc độ cao và tương ứng.

Một số quy tắc suy diễn mờ cho các trường hợp chuyển giao và không chuyển giao theo thuật toán sau:

IF (BLER = Medium) AND (NHO = Low) VÀ (TAT = Medium) VÀ (COST = Low) THEN HO

IF (BLER = Medium) AND (NHO = cao) VÀ (TAT = Low) VÀ (COST = cao) THEN NOHO

3.4. Mô hình hệ thống

Trong hệ thống, giả định kiến trúc mạng không đồng nhất với một ô macro có lớp phủ các ô nhỏ chồng lên nhau, các tham số của BS hiện có liên quan nhỏ hơn ngưỡng xác định trước, như được định nghĩa trong 3GPP. Một UE định kỳ kiểm tra các thống số dịch vụ để đảm bảo chất lượng thông tin hiện tại (QoS) của các mạng truy nhập RAT (hay thường gọi tắt là AN) hiện tại và AN lân cận, ưu tiên thiết bị người dùng được kết nối với BSs sẵn sàng có QoS đảm bảo và tìm kiếm danh sách ô đích chuyển giao nếu các thông số ngưỡng cảnh của AN hiện có liên quan nhỏ hơn ngưỡng xác định trước và được định nghĩa trước. Sau đó, liệt kê các danh sách các AN có thể chuyển giao, quyết định chuyển giao giữa các ô dựa vào ngưỡng cảnh thông tin, các thông số ngưỡng cảnh được quan tâm như là: công suất truyền dẫn (RSS), tỷ lệ lỗi bit (BER), vùng phủ sóng

(Coverage), tốc độ thông tin (SP), vận tốc di chuyển (VL). Trong phạm vi nghiên cứu, các tham số của một UEs được phân loại là thấp, cao, trung bình.

3.5. Quy trình thực hiện mô phỏng

Bước 1: Thu thập dữ liệu, số liệu: Các dữ liệu về tham số tiêu chuẩn hệ thống thông tin vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten, chất lượng dịch vụ của các mạng cung cấp dịch vụ, định nghĩa và mô tả mờ vào ontology, trong đó có phân biệt khái niệm mờ thành nhiều mức khác nhau như khái niệm mờ cụ thể và mô tả.

Bước 2: Mô hình hóa và xây dựng CSDL (đề xuất bằng ngôn ngữ OWL Protege, trong đó sử dụng CSP (constraint satisfaction problem) để mô hình hóa bài toán tích hợp ontology mờ). Đây là hướng tiếp cận mới trong tích hợp ontology nói chung và tích hợp mờ nói riêng.

Bước 3: Xác định hàm mục tiêu để đặt ra chính sách ra quyết định, tối thiểu hóa các tham số kỹ thuật so khớp, học tập và suy diễn. Các thuật toán liên quan đến tích hợp ontology dựa trên mô hình học tập được đề xuất.

Bước 4: Các thuật toán ứng dụng trong phần suy diễn và ra quyết định. Trong phạm vi nghiên cứu bỏ qua cách thức các tập mờ được tạo ra như thế nào, mà quan tâm đến các luật hỗ trợ cho việc suy luận trên các tập mờ và các phép toán sử dụng thao tác trên các tập mờ, đó là phép bù (complement) phép hợp (union), phép giao (intersection). Theo logic truyền thống (traditional logic), một biểu

thức logic chỉ nhận một trong hai giá trị: True hoặc False, còn logic mờ có thể nhận một trong vô số giá trị nằm trong khoảng từ 0 đến 1.

Bước 5: Phân tích, tính toán và ra quyết định chuyển giao hay không chuyển giao dựa vào thuật toán và suy luận và diễn giải

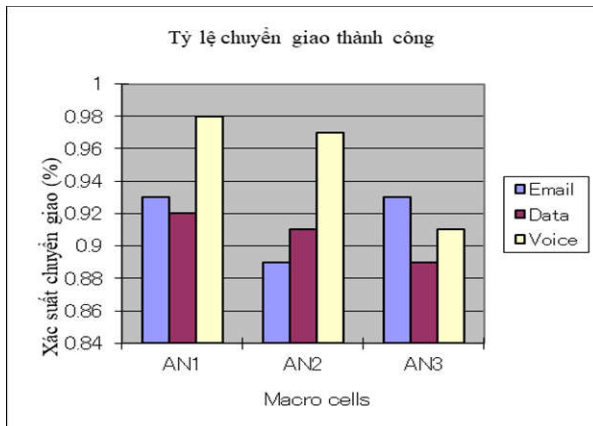
Bước 6: Tối ưu hóa quyết định và đánh giá kết quả các thông số KPIs (xác suất thành công, tỷ lệ chuyển giao thành công, ...)

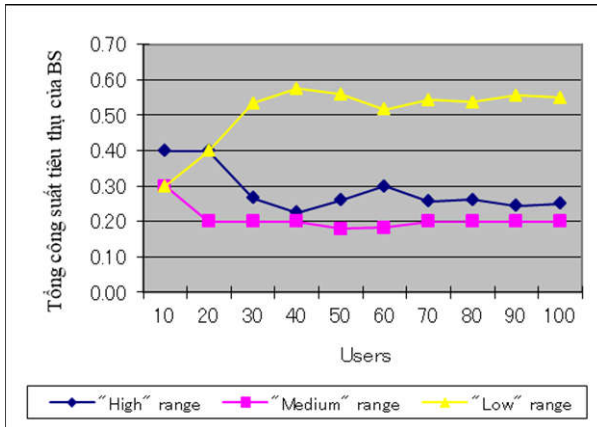
Bước 7: Lựa chọn lại mô hình sử dụng

Bước 8: Thực hiện lặp lại để so sánh và lựa chọn tối ưu

3.6. Các kết quả tính toán và mô phỏng

Giả định các khu vực điểm nóng có một cách ngẫu nhiên triển khai 50 ô nhỏ, 10 tế bào nhỏ được triển khai ngẫu nhiên bên ngoài khu vực điểm nóng. 80% số UEs là phân bố ngẫu nhiên trong phạm vi 40 ô nhỏ trong vùng nóng và 20% UEs còn lại là ngẫu nhiên phân bố bên ngoài khu vực điểm nóng.





Hình vẽ. Tỷ lệ chuyển giao thành công

Sự phân bố tài nguyên giữa các dịch vụ sau khi chuyển giao giữa các nhà cung cấp dịch vụ được đưa ra trong bảng 2 cho cả hai phương pháp tiếp cận dựa trên chính sách và lựa chọn mạng ngẫu nhiên, mô hình này có thể áp dụng linh hoạt và không phụ thuộc vào số lượng các dịch vụ lựa chọn và nhà cung cấp dịch vụ. Kết quả mô phỏng cho thấy hầu hết các trường hợp yêu cầu chuyển giao dịch vụ giữa các mạng được phát hiện và thực hiện thành công với một tỷ lệ cao, do đó cho thấy thuật toán hợp lý thỏa đáng sử dụng trong quản lý chất lượng. Đặc biệt, có thể thấy khoảng 90% chuyển giao thành công trong dịch vụ thoại, 88% trong các dịch vụ data và khoảng 95% trong dịch vụ multimedia, hầu hết các trường hợp ngắt kết nối liên mạng (drop) đã phát hiện và làm giảm hiện tượng hiệu ứng ping-pong trong khi chuyển giao giữa các dịch vụ.

3.7. Kết luận chương 3

Thông qua phân tích các kết quả mô phỏng cho thấy việc tối ưu chuyên giao giữa các dịch vụ hoặc giảm số lần chuyên giao giữa các AN và giảm tổng năng lượng tiêu thụ của các BSs thể hiện xác suất chuyên giao thành công cao giữa các UEs dựa trên ngữ cảnh thông tin. Với cơ sở ứng dụng là các ontology, các dữ liệu đã được ngữ nghĩa hóa để có thể “hiểu được” bởi máy tính, điều này đã giúp ích rất nhiều trong các lĩnh vực cần sự truy xuất, trao đổi thông tin chính xác và tự động, tuy vậy, mô hình này không tự động hóa hoàn toàn mà cần phải có sự can thiệp của con người trong việc xây dựng các metadata và các tập luật.

KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Với các hệ thống thông tin nói chung và hệ thống MIMO nói riêng thì hiệu quả năng lượng là vấn đề rất quan trọng. Trong một thế giới công nghệ, với sự phát triển mạnh mẽ của công nghiệp nhu cầu về năng lượng rất lớn nên phải luôn tìm giải pháp sao cho hệ thống phát triển bền vững, sử dụng năng lượng hiệu quả nhất góp phần tiết kiệm chi phí, tăng khả năng tái đầu tư, nâng cao chất lượng phục vụ khách hàng, đảm bảo sự phát triển bền vững cho các doanh nghiệp cung cấp dịch vụ viễn thông. Luận án đã tập trung nghiên cứu được một số giải pháp như:

- Nâng cao hiệu quả năng lượng trong hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten phân chia theo thời gian TDD. Tối ưu hóa số lượng ăng ten cần thiết tại mỗi trạm gốc khi tăng số thuê bao trong

một cell sao cho số thuê bao cung cấp dịch vụ đồng thời trong một cell luôn nhiều hơn số ăng ten cho phép tại trạm gốc nhằm giảm công suất tiêu thụ của trạm gốc và tăng hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống. phân tích những yếu tố tác động đến hiệu quả năng lượng của hệ thống từ đó đưa ra những công thức toán học sử dụng mô phỏng đánh giá hiệu quả năng lượng của hệ thống MIMO để chứng minh hiệu quả năng lượng phụ thuộc vào số lượng ăngten của trạm gốc. Nếu tăng số ăngten lên càng lớn thì hiệu quả sử dụng năng lượng càng tăng. Tuy nhiên, việc tăng số lượng ăngten cũng có giới hạn, một phần do công nghệ sản xuất ăngten và trước đây để phát triển những ăngten như vậy thường rất khó khăn, với công nghệ và kỹ thuật ngày càng hiện đại việc phát triển hệ thống ăngten lên đến hàng trăm, thậm trí là nhiều hơn nữa đều có thể thực hiện được. Chỉ cần tăng số lượng ăngten ở trạm gốc cũng làm tăng hiệu suất sử dụng năng lượng, và khi trạm gốc sử dụng ăngten lên đến hàng trăm thì thiết bị UE người dùng chỉ cần đơn ăngten vẫn đem lại hiệu năng tốt, điều đó góp phần làm giảm giá thành sản phẩm cho người dùng.

- Cải thiện sử dụng hiệu quả năng lượng trong hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten kích thước đầy đủ FD (không gian - thời gian) không đồng nhất Hetnet, sử dụng thuật toán thông minh để chuyển giao dịch vụ trong mạng không đồng nhất bằng các thuật toán thông minh trong quyết định logic mờ chuyển giao giữa các dịch vụ khác nhau dựa vào ngữ cảnh thông tin để tăng xác suất thành công khi chuyển giao và giảm tối đa công suất tiêu thụ trong

các trạm cơ sở mà vẫn đảm bảo chất lượng thông tin theo tiêu chuẩn cho phép nhằm quản lý hiệu quả nguồn tài nguyên, hệ thống còn giúp giảm công suất phát của ăngten ở trạm gốc và đầu cuối, điều này có ý nghĩa về mặt kinh tế, thân thiện với môi trường, giảm ảnh hưởng của bức xạ điện từ đối với sức khỏe người sử dụng.

Đề xuất một số hướng nghiên cứu tiếp theo:

- Nghiên cứu hiệu quả năng lượng trong hệ thống MIMO cỡ rất lớn đa người dùng đa cell với mô hình kênh phức tạp hơn.

- Nghiên cứu hiệu quả sử dụng năng lượng trong hệ thống MIMO cỡ rất lớn với quá trình xử lý tín hiệu khác như MMSE...

- Nghiên cứu về MIMO cỡ rất lớn để nâng cáo hiệu quả sử dụng năng lượng trong quá trình xử lý tín hiệu, vi điện tử, tổ chức kiến trúc mạng, với mô hình kênh xử lý phức tạp, thông minh hơn để quản lý nguồn tài nguyên và sử dụng năng lượng hiệu quả nhất

Hiện nay trên thế giới, MIMO cỡ rất lớn (massive MIMO) là một hướng nghiên cứu đang rất được quan tâm, và có thể được xem là “mảnh đất hấp dẫn” dành cho các nhà nghiên cứu, hệ thống massive MIMO là một triển vọng rất lớn trong tương lai, hứa hẹn sẽ là công nghệ cho thông tin di động tương lai với tốc độ dữ liệu lớn và hiệu quả năng lượng rất tốt.

PHỤ LỤC

Trình bày về các phụ lục như sau: phụ lục 1: Quá trình khai báo, thu thập và xây dựng CSDL trên Protegé; phụ lục 2: phân tích,

truy xuất và ra quyết định chuyển giao các dịch vụ dựa vào ngữ cảnh thông tin và phụ lục 3: Trích dẫn nguồn coding chạy trên nền Java.

CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

- [J1]. **Nguyễn Thị Thanh Hương**, Trương Trung Kiên. “Massive MIMO - Công nghệ truyền dẫn vô tuyến tốc độ cao cho mạng thế hệ 5G”, Kỷ yếu Hội nghị khoa học nghiên cứu sinh - năm 2016 (PTIT), trang 94-105.
- [J2]. Lương Đức Bằng, **Nguyễn Thị Thanh Hương**, Trương Trung Kiên. “Hiệu quả sử dụng năng lượng của đường xuống trong hệ thống thông tin MIMO với rất nhiều ăng ten ở trạm gốc”. Kỷ yếu Hội thảo Quốc Gia 2015 về Điện Tử, Truyền Thông và Công nghệ Thông Tin (ECIT2015), ISBN: 978-604-67-0635-9, trang 1-6, 2015. (*Đạt giải: Bài báo xuất sắc nhất*)
- [J3]. **Nguyen Thi Thanh Huong**, workshop “Mobile devices in Revolution 4.0 for Vietnam’SMEs” in Victoria university, Australia, July 2018
- [J4]. **Nguyễn Thị Thanh Hương**, Trương Trung Kiên. “Hiệu quả sử dụng năng lượng của hệ thống FD-MIMO trong mạng 5G”. Tạp chí Khoa học Công nghệ Thông tin và Truyền thông, Số 3-4 (CS01), trang 58-65, 2016
- [J5]. **Nguyen Thi Thanh Huong**, Le Huu Lap, Le Minh Tuan. “Machine learning inspired energy efficient in next generation wireless network resource management”, Journal of Military Science and Technology, JMT ISSN 1859-043, Special Issue, No.57A, P 48 - 58, Nov 2018
- [J6]. **Nguyễn Thị Thanh Hương**, Lê Hữu Lập, “Chuyển giao dịch vụ dựa vào ngữ cảnh thông tin để cải thiện hiệu quả năng lượng trong hệ thống vô tuyến sử dụng nhiều ăng ten”. Tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật Thành phố HCM (Journal of Technical Education Science), Aug,2020