

**PHƯƠNG PHÁP CẤP PHÁT KÊNH ĐỘNG PHÂN TÁN CHO MẠNG ĐA TRUY
NHẬP BĂNG RỘNG SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ OFDMA/TDD**
PHẦN II: MÔ HÌNH ỨNG DỤNG VÀ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG
**A DECENTRALISED DYNAMIC SUB-CHANNEL ALLOCATION METHOD FOR MULTIUSER
BROADBAND NETWORKS USED OFDMA/TDD TECHNOLOGY**
PART II: APPLICATION MODEL AND SIMULATION RESULTS

Nguyễn Văn Đức, Nguyễn Hữu Thanh
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Lý thuyết về phương pháp cấp phát kênh động phân tán cho mạng đa truy nhập băng rộng sử dụng công nghệ OFDMA/TDD đã được trình bày ở phần I của bài báo này. Phần tiếp theo, trình bày các kết quả nghiên cứu dựa trên mô hình phỏng tạo để phân tích hiệu năng của thuật toán đề xuất. Tham số hệ thống, mô hình mạng, mô hình kênh truyền, mô hình lưu lượng mạng đều được xây dựng trên chuẩn WiMax di động, IEEE802.16e. Kết quả mô phỏng số cho thấy nhiều đồng kênh của mạng có thể được giảm đáng kể thông qua thuật toán đề xuất. Bên cạnh đó, thông lượng mạng với thuật toán đề xuất lớn hơn phương pháp OFDM-FDMA thông thường, đặc biệt là khi tải của mạng ở mức cao. Khi các tham số được tối ưu, thông lượng của mạng với thuật toán đề xuất có thể đạt được ở mức 45 Mbits/s/cell cho trường hợp băng thông của mạng là 20MHz, đồng thời đảm bảo chất lượng dịch vụ trên mỗi sóng mang con với tỷ số tín hiệu trên tạp âm lớn hơn 16 dB.

ABSTRACT

In the part I of this paper, a decentralised algorithm for dynamic channel assignment used for a broadband multiuser OFDMA/TDD network has been presented. The proposed method is designed to reduce the co-channel interference (CCI), and thus increase the overall throughput of the network. In this part, we present the numerical analytical results to evaluate the performance of the proposed algorithm. The system parameters, the scenario for simulations, the wireless channel, and the network traffic are modeled according to the IEEE802.16e standard. The simulation results show that the CCI is significantly reduced by applying the proposed method. The overall throughput of the network obtained by the proposed mechanism outperforms that obtained by a conventional OFDM-FDMA method, especially when the offered load of the network is high. If the parameters are optimized, the throughput of the networks can be achieved up to 45 Mbits/s/cell in case of the system having a bandwidth of 20 MHz. It can also ensure the signal to interference ratio on each sub-carrier higher than 16dB.

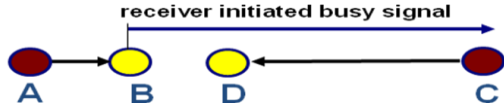
I. GIỚI THIỆU CHUNG

Ở phần I của bài báo này đã trình bày các vấn đề về nhiễu đồng kênh trong mạng đa truy nhập băng rộng, sau đó đã đề xuất phương pháp cấp phát kênh động với mục đích tăng thông lượng và giảm nhiễu toàn mạng. Cơ chế giảm nhiễu đồng kênh cho mạng được thể hiện tóm tắt ở hình 1 và 2. Ở hình 1, máy thu B phát tín hiệu báo bận trên các sóng mang đang sử dụng cho việc truyền dẫn từ máy phát A đến máy thu B. Dựa vào tín hiệu báo bận này và mức ngưỡng nhiễu tối đa cho phép mà máy phát C sẽ lựa chọn các sóng mang tương ứng cho việc thiết lập đường nối đến máy thu. Dựa vào

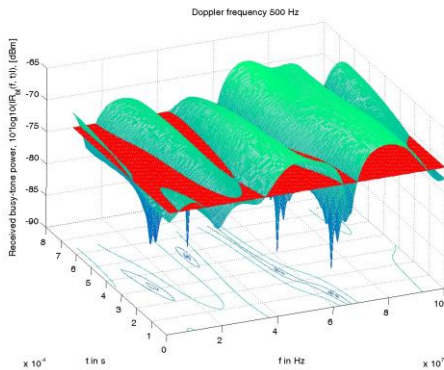
nguyên lý này mà vấn đề ‘hidden node’ và ‘exposed node’ được giải quyết.

Để kiểm nghiệm khả năng ứng dụng của thuật toán này cho mạng WiMax, phần tiếp theo của bài báo trình bày mô hình phỏng tạo mạng WiMax, mô hình lưu lượng mạng, mô hình kênh truyền, sau đó thảo luận về các kết quả mô phỏng, đồng thời đánh giá chất lượng của mạng khi ứng dụng thuật toán đề xuất trong sự so sánh với các thuật toán khác. Các mô hình xây dựng cho việc phỏng tạo số đều dựa trên cơ sở của mạng WiMax. Kết quả phân tích mạng dựa trên thông lượng toàn mạng đạt được khi chất lượng tín hiệu trên mỗi sóng mang con lớn hơn một ngưỡng tương ứng với một loại dịch vụ cho

trước. Kết quả mô phỏng số cho thấy với thuật đoán đề xuất, mạng có chất lượng được cải thiện đáng kể so với các thuật toán thông thường. Tuy nhiên để đạt được chất lượng này, tham số mức ngưỡng sử dụng cho thuật toán đề xuất phải được tối ưu.



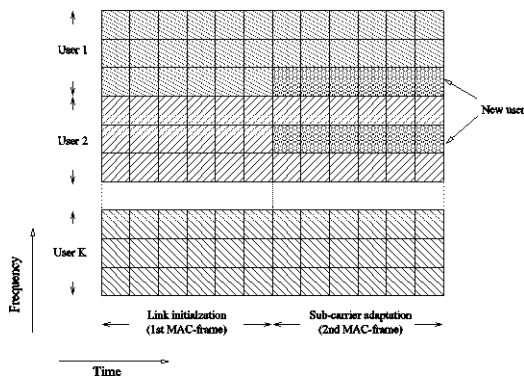
Hình 1. Cơ chế cấp phát kênh dựa vào tín hiệu báo bận phát ra từ máy thu



Hình 2. Mặt cắt mức ngưỡng nhiễu cho phép với mức công suất tín hiệu báo bận nhận được tại máy phát cho biết các sóng mang phụ thích hợp phục vụ cho việc truyền dữ liệu

Bài báo này được tổ chức như sau: Mục II trình bày vắn tắt về phương pháp cấp phát kênh OFDM-FDMA thông thường. Mục III trình bày về các mô hình sử dụng để mô phỏng mạng. Các kết quả phân tích được trình bày ở mục IV. Mục V là kết luận của bài báo.

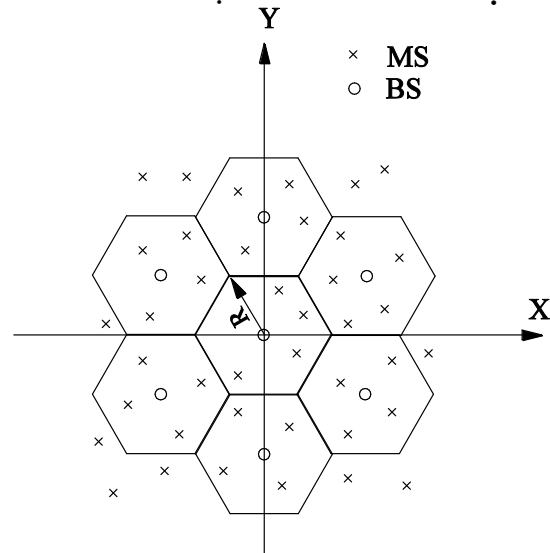
II. PHƯƠNG PHÁP CẤP PHÁT KÊNH OFDM-FDMA THÔNG THƯỜNG



Hình 3. Phương pháp OFDM-FDMA thông thường [1]

Hình 3 thể hiện một phương pháp cấp phát kênh OFDM-FDMA thông thường, trong đó các người sử dụng khác nhau sẽ chiếm các sóng mang khác nhau. Tuy nhiên sự cấp phát các sóng mang này chỉ căn cứ vào sự bận rỗi của tập các sóng mang con, mà không quan tâm đến mức độ can nhiễu đến mạng. Giả thiết trong quá trình truyền dẫn một vài sóng mang con có thể không đáp được chất lượng dịch vụ thì các sóng mang còn này sẽ được giải tỏa và cấp cho các thuê bao mới. Đặc điểm của phương pháp này là đơn giản, tuy nhiên nó không có cơ chế chống nhiễu đặc biệt là nhiễu đồng kênh cho mạng.

III. MÔ HÌNH HỆ THỐNG PHỎNG TẠO



Hình 4. Mô hình mạng

Mạng mô phỏng được mô tả ở hình 4, trong đó gồm 7 cell, bán kính mỗi cell là 500m. Các đơn vị thuê bao MS phân bố đều đặt trong không gian (phân bố chuẩn). Các thông số hệ thống sử dụng cho mô phỏng được lấy từ chuẩn WiMAX [2,3] như sau:

- ❖ Băng thông của hệ thống: $B=20\text{MHz}$
- ❖ Khoảng thời gian lấy mẫu: $t_a=1/B=50\text{ns}$
- ❖ Chiều dài FFT: $N_{\text{FFT}} = 256$

Tần số sóng mang là $f_c = 1.9\text{GHz}$. Xét kênh đa đường có trễ truyền dẫn lớn nhất là $0.45\mu\text{s}$. Tần số Dopler của mỗi tuyến là 5Hz . Do đó kênh đang xét là kênh biến đổi chậm theo thời gian. Các kênh đa đường của các liên kết khác nhau là độc lập xác suất. Mô hình kênh fading và phân tập đa đường được phỏng tạo

theo phương pháp Monte Carlo như trình bày ở [4].

Bài báo này giả thiết hệ thống được đồng bộ tốt về thời gian và tần số. Do đó chỉ xuất hiện CCI.

Ta sử dụng mô hình suy hao tín hiệu được mô tả trong [3]

$$g = A + 10\gamma \log_{10}(d/d_0) + \xi \quad (1)$$

trong đó: $A = 20\log_{10}(4\pi d_0/\lambda)$ với $d_0 = 100\text{m}$, và λ là bước sóng. γ là hệ số suy hao, $\gamma = (a - bh_b + c/h_b)$, trong đó h_b là chiều cao của BS và được chọn là 80m. Các hằng số a, b, c được chọn từ mô hình dành cho địa hình loại A trong [5]. Biến ngẫu nhiên phân bố chuẩn loga ξ mô hình cho hiệu ứng che khuất, giả thiết có phương sai là 10dB.

Giả thiết lưu lượng đến theo phân bố Poisson với khoảng thời gian đến trung bình là 0.1ms và thời gian giữ trung bình là 0.15s. Công suất phát của tất cả MS và BS là 30dBm. SINR tối thiểu γ_{req} được sử dụng để lựa chọn kênh con tại máy thu là 16dB.

Chiều dài của khung con hướng xuống L_{DL} được thiết lập bằng với chiều dài của khung con hướng lên L_{UL} và bằng 20 ký hiệu OFDM. Bởi vậy một khung MAC bao gồm $(L_{DL} + L_{UL})$ ký hiệu OFDM trong đó có hai ký hiệu OFDM dành cho việc báo hiệu âm bản cho cả hướng lên và hướng xuống. Hiệu quả sử dụng phổ của hệ thống sẽ giảm xuống còn:

$$\eta_p = 1 - \frac{2}{L_{DL} + L_{UL}} \quad (2)$$

Tải yêu cầu của mạng được định nghĩa là số bit trung bình trên một giây trên một cell được yêu cầu gửi đi. Giả thiết có M trạm thuê bao hoạt động trong khoảng một ký hiệu OFDM nào đó. Tải yêu cầu của mạng được định nghĩa như sau:

$$A_o = \frac{\nu M}{T_s N_C} M_{ary} N_{max} \quad [bit/s/cell] \quad (3)$$

trong đó ν là mật độ lưu lượng, M_{ary} là số bit trên một ký hiệu, T_s là khoảng chiều dài ký hiệu tính theo s, N_C là số cell có trong mạng, và N_{max} là số sóng mang lớn nhất có thể cấp cho một người dùng. Rõ ràng $N_{max} < N_{FFT}$, trong đó N_{FFT} là tổng số sóng mang con của hệ thống. Gọi $|A_i^k|$ là số phần tử của tập A_i^k . Nếu $|A_i^k| > N_{max}$ thì N_{max} kênh con sẽ được lựa chọn ngẫu nhiên từ $|A_i^k|$ kênh con được lựa chọn trước đó. Điều kiện này là cần thiết để đảm bảo sự công bằng, tránh tình huống một liên kết nào đó sử dụng một tỷ lệ lớn băng thông và khiến cho mạng từ chối dịch vụ đối với các người dùng khác.

Mô hình điều chế được sử dụng trên tất cả các kênh con là 16-QAM. $M_{ary} = 4$. Thêm nữa, ta giả thiết rằng MS k có thể nhận dữ liệu thành công từ $|B_i^k|$ kênh con $(|B_i^k| \leq N_{max})^1$, trong đó $|B_i^k|$ là số phần tử của tập B_i^k . Thông lượng là một biến ngẫu nhiên, có thể thu được như sau:

$$T_i = M_{ary} \eta_p \frac{1}{T_s N_C} \sum_{k=1}^M |B_i^k| \quad [bit/s/cell] \quad (4)$$

Các bit dữ liệu tuy được gửi đi nhưng nếu được nhận trên một kênh con nào đó có SINR thấp hơn γ_{req} sẽ bị máy thu loại bỏ và xem là bị mất. Dựa trên các tập A_i^k và B_i^k , tỷ lệ từ chối trên một khung MAC tại máy thu được tính như sau:

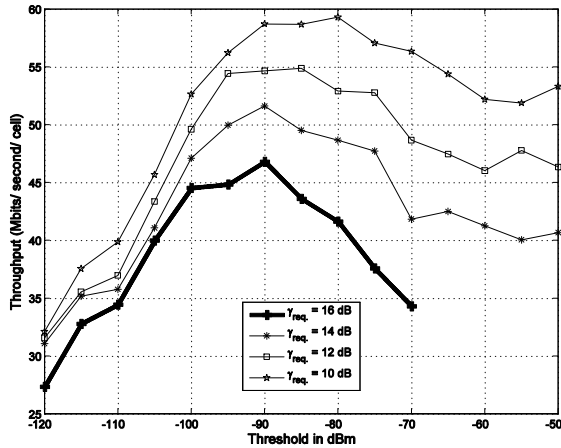
$$T_i = M_{ary} \eta_p \frac{1}{T_s N_C} \sum_{k=1}^M (|A_i^k| - |B_i^k|) \quad [bit/s/cell] \quad (5)$$

IV. CÁC KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Hiệu quả của việc cấp phát kênh phân tán sử dụng tín hiệu bản đề cập ở trên được thể hiện trong Hình 2. Ở đây tập âm nhiễu trắng chưa

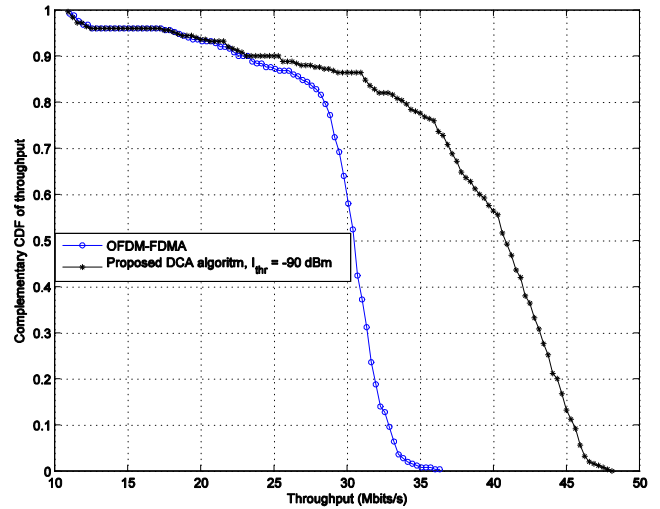
¹ Một gói dữ liệu được xem là đã được nhận thành công trên một kênh con nếu SINR tương ứng với kênh con này lớn hơn SINR yêu cầu γ_{req}

được tính đến. Giả thiết chúng xuất hiện ở mức nhỏ và có thể bỏ qua.



Hình 5. Ảnh hưởng của mức ngưỡng I_{thr} đến việc sử dụng kênh

Nếu mức ngưỡng tín hiệu bạn rất thấp thì chỉ những kênh con tạo ra công suất nhiễu không đáng kể mới được lựa chọn. Điều này có nghĩa là không có sự truyền dẫn trên các kênh con đó hoặc có một máy thu bị nhiễu ở một khoảng cách rất xa so với máy phát đang quét kênh bạn. Hệ quả là khả năng SINR trên những kênh con này tại máy thu chủ định lớn hơn mức yêu cầu là rất cao. Tuy nhiên chỉ một số kênh con đáp ứng được điều kiện này, nghĩa là hệ thống đã quá thận trọng trong việc loại nhiễu CCI. Khi mức ngưỡng tín hiệu bạn tăng thì số kênh con trong tập $\sum_k A_i^k$ tăng lên tới tổng số kênh con, nhưng cùng lúc đó số kênh con bị loại tăng lên do mức nhiễu CCI trong mạng cũng tăng. Nếu ngưỡng nhiễu tín hiệu bạn là rất cao, điều này cơ bản có nghĩa là không có sự phát hiện và quan tâm đến nhiễu. Hệ thống hoạt động như thể chỉ có giải thuật lựa chọn kênh con ngẫu nhiên được thực hiện. Từ kết quả ở Hình 5 xét cho trường hợp $\gamma_{req} = 16$ dB, ta có thể thấy rằng có một giá trị tối ưu cho mức ngưỡng công suất tín hiệu bạn ở xung quanh giá trị -90 dBm, giá trị này làm tăng sự sử dụng kênh lên 30% so với trường hợp $I_{thr} = -70$ dBm. Giá trị mức ngưỡng tối ưu cũng phụ thuộc và o giá trị của yêu cầu chất lượng dịch vụ γ_{req} . Chúng ta cũng nhận thấy rằng khi yêu cầu chất lượng dịch vụ càng thấp thì giá trị mức ngưỡng tối ưu càng cao.



Hình 6. So sánh thông lượng của hệ thống khi sử dụng cấp phát kênh ngẫu nhiên và khi sử dụng DCA có quan tâm đến nhiễu

Trong Hình 6 là sự so sánh giải thuật của phương pháp được đề xuất với OFDMA truyền thống, tức là hệ thống OFDMA trong đó mỗi người dùng được ấn định ngẫu nhiên một số lượng cố định các kênh con tuần tự. Ta có thể thấy hệ thống sử dụng giải thuật cấp phát kênh đang xét có thông lượng cao hơn hệ thống OFDMA truyền thống.

V. KẾT LUẬN

Các kết quả phân tích mô phỏng cho thấy chất lượng thuật toán đề xuất phụ thuộc nhiều vào sự lựa chọn mức ngưỡng nhiễu cho phép tối đa. Nếu mức ngưỡng được chọn quá nhỏ, mạng sẽ có mức CCI tương ứng thấp, tuy nhiên thông lượng mạng cũng nhỏ. Điều này là do thuật toán lựa chọn kênh ‘quá nhạy cảm’ ngay cả khi chỉ có một lượng nhiễu nhỏ tồn tại trong mạng. Trong trường hợp mức ngưỡng chọn quá lớn thì thuật toán đề xuất không còn tác dụng giảm nhiễu cho mạng. Do vậy để mạng hoạt động tốt với thuật toán đề xuất thì mức nhiễu cần được lựa chọn phù hợp. Với một mức ngưỡng phù hợp cho thuật toán đề xuất thì mạng có thể đạt thông lượng toàn mạng cao hơn so với phương pháp OFDMA thông thường, đặc biệt khi tải của mạng tăng cao. Thuật toán đề xuất do vậy có thể ứng dụng cho mạng WiMax. Mặt khác do tính chất xử lý phân bố của thuật toán nên nó có thể ứng dụng cho mạng Adhoc. Đây là vấn đề cần tiếp tục nghiên cứu trong dự án nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *H. Rohling, R. Grunheid*; Performance comparison of different multiple access schemes for the downlink of an OFDM communication system; IEEE 47th Vehicular Technology Conference 1997, vol. 3, pp. 1365 – 1369, May 1997.
2. *H. Yaghoobi*; Scalable OFDMA Physical Layer in IEEE 802.16 WirelessMAN; Intel Technology Journal, vol. 8, no. 3, pp. 201-212, 2004.
3. IEEE802.16; Channel Models for Fixed Wireless Applications; IEEE 802.16.3c-01/29r4.
4. *Van Duc Nguyen, Matthias Paetzold*; Least Square Channel Estimation Using Special Training Sequences for MIMO-OFDM Systems in the Presence of Intersymbol Interference; Proc. Nordic Radio Symposium (NRS) 2004, including the Finnish Wireless Communications Workshop (FWCW) 2004, Oulu, Finland, 16. – 18. August 2004.
5. *V. Erceg*; An Empirically Based Path Loss Model for Wireless Channels in Suburban Environments; IEEE Journal on Selected Areas in Comm.} vol. 17, no. 7, pp. 1205-1211, July 1999.

Địa chỉ liên hệ: Nguyễn Văn Đức – Tel: 0982.244.811, Email: ducnv-fet@mail.hut.edu.vn
Khoa Điện Tử Viễn Thông, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội