

TĂNG TỶ LỆ THÀNH CÔNG CÁC CUỘC GỌI CHUYỂN GIAO TRONG CÁC HỆ THỐNG THÔNG TIN DI ĐỘNG KHÔNG DỰ TRỮ KÊNH BẰNG KỸ THUẬT CHUYỂN TIẾP KÊNH

Ngô Thế Anh¹, Hoàng Đăng Hải², Nguyễn Cảnh Minh¹

¹ Trường Đại học Giao thông Vận tải Hà Nội

² Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Tóm tắt: Trong bài viết này, chúng tôi phân tích mô hình mạng sử dụng các trạm chuyển tiếp để chuyển các kênh còn dư ở các *cell lạnh* sang các *cell nóng* nhằm cải thiện chỉ số cấp độ dịch vụ GoS của mạng. Chúng tôi đã mở rộng nghiên cứu trong trường hợp mạng nghẽn cục bộ với mức độ rất cao, khi mà tất cả các kênh được cấp cho các cell trong một khu vực nhất định luôn bị chiếm cho các cuộc gọi mới nên không có bất kỳ một kênh nào được dự trữ để cho chuyển giao. Khi sử dụng kỹ thuật chuyển tiếp kênh CRS, tỷ lệ chuyển giao thành công trong khu vực nghẽn này được cải thiện rất nhiều. Các kết quả mô phỏng chỉ ra rằng hệ thống có thể phục vụ được hơn 99% các yêu cầu chuyển giao.

Từ khóa: chuyển tiếp kênh, chuyển giao, dự trữ kênh.

I. MỞ ĐẦU

Nhìn vào tốc độ phát triển của các loại hình truyền thông vô tuyến trong những năm gần đây, có thể nói rằng các hệ thống thông tin vô tuyến đã khẳng định được ưu thế vượt trội của mình so với thông tin hữu tuyến trong việc cung cấp các dịch vụ tới người sử dụng. Người ta ngày càng ít lệ thuộc vào các thiết bị kết nối có dây, mà gần như chuyển hẳn sang loại hình kết nối không dây. Nếu bỏ qua việc phải sử dụng đến các dây dẫn cho việc cung cấp điện thì ngay cả các tivi cũng đã hoàn toàn có thể sử dụng kết nối không dây cho các dịch vụ truyền hình tại các gia đình.

Trong các loại hình truyền thông vô tuyến, thông tin di động được phát triển mạnh mẽ hơn hẳn. Các hệ thống thông tin di động ra đời và phát triển nhằm phục vụ nhu cầu trao đổi thông tin mọi lúc, mọi nơi của người sử dụng. Đặc trưng cơ bản nhất của thông tin di động là việc bảo đảm kết nối cho các cuộc gọi của người dùng trong khi di chuyển. Do khả năng phủ sóng của các trạm thu phát bị giới hạn nên việc thuê bao chuyển từ vùng phục vụ của trạm này sang vùng phục vụ của trạm khác khi đang thực hiện cuộc gọi là hoàn toàn bình thường. Quá trình này được gọi là chuyển giao và là hoạt động điển hình của hệ thống. Trong thông tin di động, việc cấp kênh cho các cuộc gọi chuyển giao được ưu tiên hơn so với cuộc gọi mới, vì người dùng sẵn lòng quay số lại cho một cuộc gọi mới phát sinh và thường cảm thấy rất khó chịu với việc ngắt ngang một cuộc gọi đang diễn ra cho dù với bất kỳ lý do nào [1].

Theo báo cáo tổng kết năm 2015 của Hiệp hội Hệ thống di động toàn cầu GSMA (Global System for Mobile Communications Association), số thuê bao di động thuần túy tính đến hết năm 2015 là khoảng trên 3,8 tỉ và chiếm khoảng hơn 50% dân số thế giới và tổng số kết nối di động trên toàn cầu (không tính đến các kết nối M2M (Machine-to-Machine)) đã vượt con số 7,5 tỉ [2]. Cũng theo [2], dự báo đến năm 2020, số lượng thuê bao là vào khoảng 4,6 tỉ - chiếm gần 60% dân số thế giới và số lượng kết nối di động toàn cầu là khoảng hơn 9 tỉ. So với các con số khiêm tốn về băng tần được cung cấp cho các hệ thống của GSMA (2×25 MHz/ 2×75 MHz cho 2G GSM, khoảng 2×80 MHz cho 3G UMTS và cũng

Tác giả liên hệ: Ngô Thế Anh

Email: ntanh@utc.edu.vn

Đến tòa soạn: 23/7/2016, chỉnh sửa: 30/8/2016, chấp nhận đăng: 03/9/2016.

khoảng 2×80 MHz cho 4G LTE), các nhà cung cấp dịch vụ di động luôn đứng trước các thách thức rất lớn về sự khan hiếm tài nguyên tần số để bảo đảm cho các hoạt động của các hệ thống [2]. Nói một cách khác, bài toán về việc khai thác và sử dụng hiệu quả tài nguyên tần số trong các hệ thống thông tin di động luôn được đặt ra cho các nhà nghiên cứu.

Không những phải đối mặt với việc khan hiếm tài nguyên tần số, trong quá trình hệ thống hoạt động, các nhà cung cấp dịch vụ di động còn phải xử lý một bài toán điển hình khác là hiện tượng nghẽn cục bộ gây ra bởi việc thuê bao tập trung quá lớn ở một khu vực nhất định trong một khoảng thời gian nhất định như tại các khu vui chơi, mua sắm vào dịp lễ hội hay tại các khu công nghiệp, văn phòng, trường học trong thời gian làm việc. Lúc này, các cell trong khu vực nghẽn nhận được số yêu cầu cấp kênh lớn hơn rất nhiều so với số kênh mà các cell đó được cấp. Các cell này được gọi là các *cell nóng*. Trong khi đó, các cell ở các khu vực lân cận lại còn dư kênh vì có số lượng thuê bao tập trung với các yêu cầu cấp kênh thấp. Các cell này được gọi là các *cell lạnh*. Điều này dẫn đến việc mạng bị mất cân bằng lưu lượng và các cuộc gọi trong các *cell nóng* có xác suất thất bại rất cao, làm cho cấp độ dịch vụ GoS (Grade of Service) của các cell này bị ảnh hưởng rất lớn. Chuyển tiếp kênh là giải pháp hoàn toàn hiệu quả trong trường hợp này để cải thiện GoS [3-6].

Có hai quan điểm cơ bản để thực hiện chuyển tiếp kênh, nhưng đều cùng một mục đích cải thiện hiệu năng mạng, đó là quan điểm ở lớp vật lý và quan điểm ở lớp mạng. Các nghiên cứu về chuyển tiếp kênh trên quan điểm của lớp vật lý tập trung vào các bài toán xử lý tín hiệu và mã hóa để nhận được chất lượng đường truyền tốt nhất, mức tiêu thụ công suất hiệu quả nhất, hay chỉ số lỗi thu thấp nhất [7-12]. Điều dễ dàng nhận thấy ở các nghiên cứu này là các tác giả không quan tâm tới trạng thái của mạng và cell (mạng nghẽn hay không, cell nóng hay lạnh), mà chỉ quan tâm tới việc sử dụng các node chuyển tiếp thông thường (relaying node) để chuyển tiếp thông tin từ node nguồn tới node đích. Như vậy, mạng được mặc định là luôn có khả năng đáp ứng cho các yêu cầu gọi của các thuê bao. Nói một cách khác, bài toán xử lý nghẽn (đặc biệt

là chuyển giao trong khi nghẽn) không được đặt ra trong các nghiên cứu này.

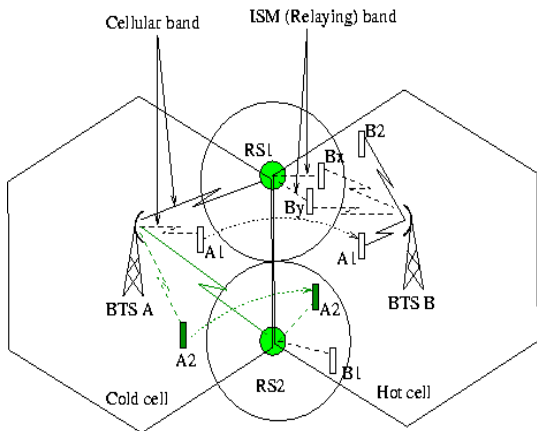
Đứng trên quan điểm của lớp mạng nhằm tận dụng tài nguyên vô tuyến để xử lý nghẽn, các nghiên cứu trong [3-6] chỉ ra rằng hoàn toàn có thể khai thác tối đa các tần số được cấp cho các cell trong mạng để giải quyết bài toán nghẽn cục bộ mà không cần phải nâng cấp phần cứng hay xin cấp thêm các băng tần mới. Như vậy, kỹ thuật chuyển tiếp kênh CRS (Channel Relaying Strategy) trong các nghiên cứu này cho phép các nhà cung cấp dịch vụ cải thiện được đáng kể hiệu năng mạng về mặt giảm nghẽn và nâng cao tỷ lệ chuyển giao thành công trong các hệ thống thông tin di động.

Bài báo này tập trung vào việc phân tích khả năng cải thiện GoS của CRS cho các cuộc gọi chuyển giao trong hệ thống xảy ra nghẽn cục bộ với mức độ nghẽn rất cao. Chúng tôi giả định rằng trong một khoảng thời gian nhất định, số lượng thuê bao tập trung tại một khu vực cụ thể rất lớn với lưu lượng cuộc gọi cao đến mức mà hầu như tất cả các kênh cấp cho các cell trong khu vực đó bị chiếm hết ngay lập tức để phục vụ các cuộc gọi mới. Hơn nữa, lại giả sử rằng mạng không có dự trữ tài nguyên cho các cuộc gọi chuyển giao. Trong khi đó, lưu lượng cuộc gọi mới trong khu vực này cao đến mức mà bất kỳ một kênh nào được giải phóng do thuê bao kết thúc cuộc gọi trong cell thì sẽ ngay lập tức bị chiếm cho một cuộc gọi mới khác. Điều này sẽ dẫn đến việc các cuộc gọi chuyển giao trong khu vực này sẽ không thể thực hiện được. Các điều kiện giả định như vậy là để làm nổi bật hiệu quả của CRS trong việc cải thiện hiệu năng mạng trên quan điểm tận dụng tối đa tài nguyên tần số. Nói một cách khác, nếu áp dụng CRS thì các hệ thống thông tin di động truyền thống vẫn hoàn toàn có thể phục vụ được các cuộc gọi chuyển giao dưới áp lực rất lớn của lưu lượng mạng.

Các nội dung tiếp theo của bài viết được trình bày như sau. Phần II sẽ phân tích nguyên lý chuyển tiếp kênh. Tiếp theo, Phần III trình bày mô hình hệ thống áp dụng CRS cho các cuộc gọi chuyển giao. Sau đó, Phần IV phân tích và đưa ra các kết quả tính toán. Cuối cùng, Phần V sẽ cung cấp các kết luận của bài viết này.

II. NGUYÊN LÝ CHUYỂN TIẾP KÊNH

Kỹ thuật chuyển tiếp kênh CRS (Channel Relaying Strategy) sử dụng các trạm chuyển tiếp RS (Relay Station) để vận chuyển các kênh từ cell này sang cell khác trong mạng [3-6]. Để thực hiện được việc này, RS cũng phải là các trạm thu phát sóng được đặt giữa các cell. Các RS trong [3-4] là các trạm tùy biến ARS (Ad hoc Relay Station), tức là chúng có khả năng di chuyển, có bán kính phủ sóng là $r = (\frac{1}{4})R$ (R là bán kính cell), được đặt trên cạnh chung của 2 cell và có thể cung cấp kết nối cho cuộc gọi giữa thuê bao trong cùng một ARS. Như vậy, các ARS có thể coi là các BTS di động. Khác với các ARS trong [3-4], các RS trong [5-6] là các trạm chuyển tiếp cố định, có bán kính phủ sóng $r = (\frac{1}{2})R$, được đặt trên đỉnh giữa 3 cell để tăng khả năng kết nối với các cell và không có khả năng cung cấp kết nối cho 2 thuê bao trong cùng một RS. Những đặc tính này của RS dẫn đến các kết quả tốt hơn cả về mặt kinh tế và kỹ thuật khi so với ARS và đã được phân tích trong [5].



Hình 1. Mô hình nguyên lý chuyển tiếp kênh CRS

Xét mô hình mạng đơn giản gồm 2 cell như trong Hình 1 với các khái niệm và định nghĩa như sau đây.

- **Cell:** là trạm thu phát gốc của hệ thống thông tin di động.
- **Cell lạnh (cold cell):** là các cell có số kênh yêu cầu N_{rq} nhỏ hơn số kênh N_C mà cell được cấp ($N_{rq} < N_C$). Như vậy, các **cell lạnh** còn dư ra các kênh chưa dùng đến. BTS A trong Hình 1 là **cell lạnh**. N_C được tính toán sao cho bảo đảm

GoS trong điều kiện mạng làm việc với lưu lượng T và GoS thường được tính theo công thức Erlang B như sau [1]:

$$GoS = \frac{T^{N_C} / N_C!}{\sum_{k=1}^{N_C} T^k / k!} \quad (1)$$

- **Cell nóng (hot cell):** là các cell có số kênh yêu cầu N_{rq} lớn hơn số kênh N_C mà cell được cấp ($N_{rq} > N_C$). Như vậy, **cell nóng** là các cell bị thiếu kênh nên các cuộc gọi mới trong cell này sẽ bị khóa (block) và các cuộc gọi chuyển giao đến cell này sẽ bị rớt (drop). Trong trường hợp này, xác suất chặn cuộc gọi (call blocking probability) sẽ tăng lên. BTS B trong Hình 1 là **cell nóng**.

Băng tần di động (cellular band): là băng tần được cấp phép cho các hệ thống thông tin di động.

Băng tần chuyển tiếp (relaying band): là băng tần không cần phải xin phép (unlicensed band), sử dụng miễn phí cho Y tế, Khoa học và Công nghiệp ISM (Industry, Science, and Medical band).

Có hai nguyên lý CRS cơ bản, đó là chuyển tiếp kênh tĩnh SCRS (Static Channel Relaying Strategy) và chuyển tiếp kênh chuyển giao HCRS (Handover Channel Relaying Strategy).

A. Chuyển tiếp kênh tĩnh SCRS (Static Channel Relaying Strategy)

SCRS được sử dụng cho các cuộc gọi mới. Trong Hình 1, các thuê bao B1 và B2 nằm trong vùng phủ sóng của BTS B và thực hiện cuộc gọi mới khi đang đứng ở trong cell này. Do B là **cell nóng** nên tất cả các kênh được cấp cho B hiện đều đang bận, làm cho các cuộc gọi của B1 và B2 không thực hiện được trong điều kiện thông thường. Khi sử dụng SCRS, các cuộc gọi này sẽ được thực hiện như sau:

Nhắc lại rằng BTS A là **cell lạnh** nên còn dư các kênh chưa dùng đến. Do B1 nằm trong vùng phủ sóng của trạm chuyển tiếp RS2, nên một kênh rảnh trong cell A sẽ được chuyển cho cuộc gọi của B1 theo đường kết nối sau: BTS A \rightarrow RS2 \rightarrow B1.

Đối với B2, do không nằm trong vùng phủ sóng của cả RS1 và RS2 nên cần phải có thêm giả thiết rằng có một thuê bao Bx hiện đang thực hiện cuộc gọi (on-going call) và nằm trong vùng phủ sóng của RS1. Một kênh rảnh trong cell A sẽ được chuyển sang cho Bx theo đường kết nối BTS A → RS1 → Bx. Sau khi nhận được kết nối, Bx sẽ giải phóng kênh đang sử dụng trong cell B và kênh này sẽ được dùng cho cuộc gọi của B2. Trường hợp này được gọi là hoán đổi kênh CS (Channel Swapping).

B. Chuyển tiếp kênh chuyển giao HCRS (Handover Channel Relaying Strategy)

HCRS phục vụ cho các cuộc gọi chuyển giao. Với mô hình mạng như trong Hình 1, do BTS A là cell lạnh nên các cuộc gọi của thuê bao xuất phát từ cell B và di chuyển sang cell A hoàn toàn có thể được phục vụ. Do đó, HCRS được sử dụng để phục vụ các cuộc gọi chuyển giao tới cell B. Các cuộc gọi của các thuê bao A1 và A2 trong cell A là các cuộc gọi loại này. Việc cấp kênh cho các cuộc gọi này được thực hiện như sau.

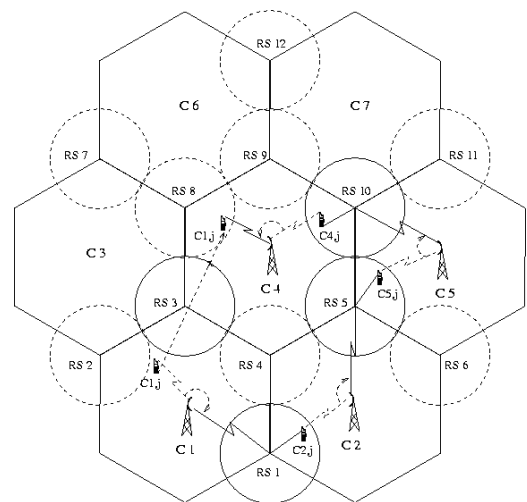
Giả sử rằng (có thể dự báo được) thuê bao A2 sẽ di chuyển vào vùng phủ sóng của RS2 nằm trong cell B. Khi đó, cuộc gọi chuyển giao của A2 sang cell B sẽ được phục vụ theo đường kết nối BTS A → RS2 → A2. Như vậy, mặc dù đã di chuyển sang vùng phục vụ của cell B nhưng A2 vẫn có thể sử dụng kênh vô tuyến được cấp bên cell A thông qua RS2 để duy trì cuộc gọi của mình. Trong trường hợp này, RS2 coi như đã làm nhiệm vụ nối dài (mở rộng) vùng phủ sóng cho cell A.

Do thuê bao A1 di chuyển ra ngoài vùng phục vụ của cả 2 trạm chuyển tiếp RS1 và RS2 nên không thể duy trì kết nối vô tuyến với cell A giống như trường hợp của thuê bao A2. Lúc này, mạng sẽ thực hiện việc hoán đổi kênh (tương tự như trường hợp cấp kênh cho B2) để duy trì cuộc gọi cho A1 trong cell B. Tức là mạng sẽ tìm một thuê bao By đang thực hiện cuộc gọi, sử dụng kênh vô tuyến của cell B và đứng trong vùng phủ sóng của RS1 để thực hiện CRS. Cuộc gọi của By sẽ được tiếp tục trên 1 kênh vô tuyến của cell A theo đường kết nối BTS A → RS1 → By và kênh vô tuyến của cell B mà By đang chiếm sẽ được giải phóng để phục vụ A1.

Việc hoán đổi kênh thực sự phát huy hiệu quả khi mà cả 2 cell A và B đều là các cell nóng. Giả sử điều này xảy ra đối với mô hình mạng như trong Hình 1. Lúc này, cuộc gọi chuyển giao của A2 sẽ được duy trì như sau. Thông thường, khi A2 chuyển giao từ cell A sang cell B thì kênh vô tuyến bị chiếm bởi A2 sẽ được giải phóng và trả lại cho cell A. Cell A sẽ dùng chính kênh này để chuyển tiếp cho thuê bao By bên cell B, đổi lại, cell B sẽ dùng kênh vô tuyến vừa được By giải phóng để phục vụ cho thuê bao A2. Đây là đặc điểm nổi bật của HCRS-CS để nâng cao tỷ lệ chuyển giao thành công trong điều kiện mạng bị nghẽn.

III. MÔ HÌNH HỆ THỐNG

Xét mô hình mạng gồm 7 cell như trong Hình 2. Giả sử rằng mạng phải làm việc dưới áp lực của mật độ thuê bao tập trung cao làm cho tất cả các cell trong mạng đều nóng và lưu lượng cuộc gọi mới trong mạng lớn đến mức duy trì trạng thái nóng của mạng trong một khoảng thời gian nhất định nào đó. Trong khoảng thời gian này, tất cả các kênh được cấp cho các cell đều bị chiếm để phục vụ cho các yêu cầu gọi mới xuất phát từ chính các cell đó và nếu bất kỳ một kênh nào được giải phóng ra mà không phải đang trong điều kiện thực hiện hoán đổi kênh cho HCRS thì sẽ bị chiếm ngay cho các cuộc gọi mới. Điều này để bảo đảm rằng các cell không còn một kênh nào thực sự rảnh để phục vụ cuộc gọi chuyển giao đến chúng mà không cần phải sử dụng HCRS-CS.



Hình 2. Mô hình mạng sử dụng HCRS

Giả sử rằng lúc này có một thuê bao $C_{1,j}$ đang thực hiện cuộc gọi chuyển giao từ cell C_1 sang cell C_4 . Nhắc lại rằng $C_{1,j}$ sẽ di chuyển ra ngoài vùng phủ sóng của RS_3 và RS_4 để không thể thực hiện được việc duy trì kênh mà cell C_1 cấp cho nó thông qua các trạm chuyển tiếp này. Đồng thời, khi không thể tiếp tục kết nối với cell C_1 thì $C_{1,j}$ sẽ giải phóng kênh mà nó đang chiếm và tạm thời trả về cho cell C_1 và coi như C_1 đang có 1 kênh để thực hiện việc hoán đổi. Các khả năng mà HCRS kết hợp hoán đổi kênh sẽ được sử dụng để phục vụ cuộc gọi của $C_{1,j}$ được tính toán như trong các trường hợp (TH) sau [6]:

- TH1: có một thuê bao $C_{4,j}$ của cell C_4 đang thực hiện cuộc gọi và đứng trong vùng phủ sóng của RS_3 hoặc RS_4 . Lúc này, các kết nối sẽ là: $C_1 \rightarrow RS_3/RS_4 \rightarrow C_{4,j}$ và $C_4 \rightarrow C_{1,j}$.
- TH2: $C_{4,j}$ không đứng trong vùng phủ sóng của RS_3 và RS_4 , nhưng có một thuê bao của cell C_2 (hoặc cell C_3) đứng trong vùng phủ sóng của RS_1 hoặc RS_4 (hoặc RS_2 và RS_3). Việc hoán đổi kênh sẽ được thực hiện vòng qua các cell C_2 (hoặc C_3) để tới cell C_4 nếu $C_{4,j}$ đứng trong vùng phủ sóng của RS_5 (hoặc RS_8) tương ứng.
- TH3: $C_{4,j}$ không đứng trong vùng phủ sóng của RS_3 , RS_4 , RS_5 và RS_8 , nhưng có một thuê bao của cell C_2 (hoặc cell C_3) đứng trong vùng phủ sóng của RS_1 hoặc RS_4 (hoặc RS_2 và RS_3) và một thuê bao của cell C_5 (hoặc C_6) và C_7 đứng trong vùng phủ sóng của RS_5 hoặc RS_6 (hoặc RS_7 hoặc RS_8) và RS_9 hoặc RS_{10} . Việc hoán đổi kênh sẽ được thực hiện vòng qua các cell C_2 (hoặc C_3) và C_5 (hoặc C_6) và C_7 để tới cell C_4 nếu $C_{4,j}$ đứng trong vùng phủ sóng của RS_9 (hoặc RS_{10}) tương ứng.

Như vậy, cuộc gọi của $C_{1,j}$ chỉ bị rớt khi xảy ra một trong các khả năng (KN) sau:

- KN1: không có một thuê bao nào của cell C_4 đứng trong vùng phủ sóng của các trạm chuyển tiếp nên không thể thực hiện được việc hoán đổi kênh với cell này để C_4 có thể rảnh 1 kênh cho $C_{1,j}$.
- KN2: cell C_1 không thể thực hiện việc hoán đổi kênh với bất kỳ cell nào ở xung quanh nó; tức

là không có bất kỳ một thuê bao nào của các cell C_2 , C_3 , hoặc C_4 đứng trong vùng phủ sóng của RS_1 hoặc RS_4 , RS_2 hoặc RS_3 , hoặc RS_3 hoặc RS_4 tương ứng.

Giả sử các thuê bao được phân bố ngẫu nhiên và đồng nhất trong các cell thì xác suất của các khả năng này là:

$$P(KN1) = (1 - P_1)^{N_c} \quad (2)$$

$$P(KN2) = [(1 - P_2)^{N_c}]^3 \quad (3)$$

Với N_c là dung lượng của cell và P_1 là xác suất mà 1 thuê bao không đứng trong vùng phủ sóng của bất kỳ một RS nào, P_2 là xác suất mà 1 thuê bao không đứng trong vùng phủ sóng của 2 RS nào liên quan và:

$$P_1 = \frac{6 \cdot S_{RS}(cell)}{S_{cell}} = \frac{6 \cdot \frac{1}{3} \cdot \pi R^2}{\pi R^2} = \frac{1}{2} \quad (4)$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot S_{RS}(cell)}{S_{cell}} = \frac{1}{3} P_1 = \frac{1}{6} \quad (5)$$

Vậy, xác suất rớt cuộc gọi của $C_{1,j}$ là:

$$P_{drop} = (2) + (3) = (1 - \frac{1}{2})^{N_c} + (1 - \frac{1}{6})^{3N_c} \quad (6)$$

Từ (6), xác suất chuyển giao thành công được tính toán với các giá trị khác nhau của N_c như trong Bảng I.

Bảng I. Xác suất chuyển giao thành công

N_c	10	15	20	25	30	35	40
$P_{cate}(\%)$	99,5	99,9	99,9	99,9	99,9	100	100

Với dung lượng cell N_c đủ lớn, có thể thấy rằng P_{drop} gần như bằng 0, tức là cuộc gọi được chuyển giao thành công với xác suất gần bằng 1.

IV. CÁC KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Mô hình mạng sử dụng để tính toán gồm 7 cell như mô tả trong Hình 2 với các giả thiết như trong Phần III ở trên. Các tham số mô phỏng được cho như trong Bảng II.

Ở đây, vận tốc di chuyển của thuê bao được tính cho hai trường hợp di chuyển trung bình và di chuyển nhanh với phân bố ngẫu nhiên từ [0 – 15] m/s và [0 – 25] m/s tương ứng. Hơn nữa, khi di

chuyển nhanh thì thời gian đàm thoại trung bình là (90, 120 và 150) giây so với giá trị (120, 150 và 180) giây của di chuyển trung bình.

Bảng II. Tham số mô phỏng

Ký hiệu	Giá trị
R	1.500 m
N_c	[20:5:40]
V	[0 – 15] m/s và [0 – 25] m/s
t	[120:30:180]s và [90:30:150]s

Chương trình Matlab được sử dụng để mô phỏng cho các trạng thái của mạng như sau:

- Chiếm kênh (OCCUPATION): tất cả các kênh đều bị chiếm ngay khi thiết lập; và ở điều kiện hoạt động bình thường của mạng, các kênh này luôn bận.
- Kết thúc cuộc gọi (TERMINATION): là trạng thái thuê bao chủ động kết thúc cuộc gọi trong 1 cell bất kỳ.
- Chuyển giao (HANDOVER): là trạng thái xảy ra khi tính toán xác suất thuê bao vượt ra khỏi vùng phủ sóng của một cell với các thông số đã được gán một cách ngẫu nhiên cho các thuê bao như: vị trí ban đầu trong cell, tốc độ di chuyển, hướng di chuyển và thời gian đàm thoại. Trạng thái này của mạng lại được chia thành ba trạng thái con như sau đây.
 - Chuyển giao thành công (HANDOVER SUCCESS): khi HCRS kết hợp hoán đổi kênh được áp dụng thành công.
 - Chuyển giao thất bại (DROP): khi không thể tìm được một cơ hội nào cho cuộc gọi chuyển giao của thuê bao.
 - Kết thúc bắt buộc (DEATH): là trạng thái các thuê bao di chuyển ra khỏi 1 cell đang phục vụ nó và đi ra ngoài khu vực phủ sóng của mạng (vùng chết - death zone).

Chương trình được xây dựng trên cơ sở như sau:

```
Set up the simulation parameters.
For STATUS := 1 to EVENT (= 10^6).
Generate traffic loads in the simulated network.
```

Determine the target time t_{cross} that users will cross the coverage boundary of the current cell.

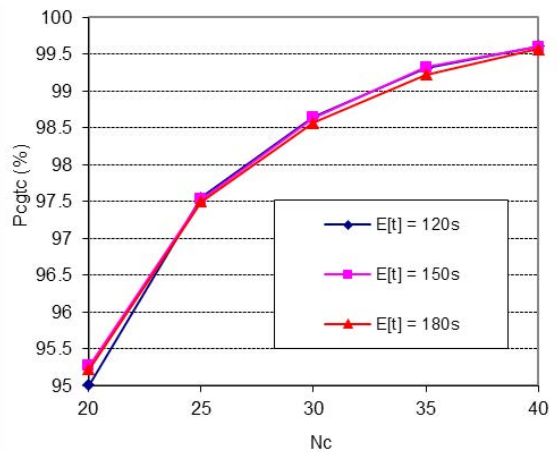
If $(\min(t) < \min(t_{cross}))$, then user terminates conversation in his home cell. $TERMINATION = TERMINATION + 1$.

Else

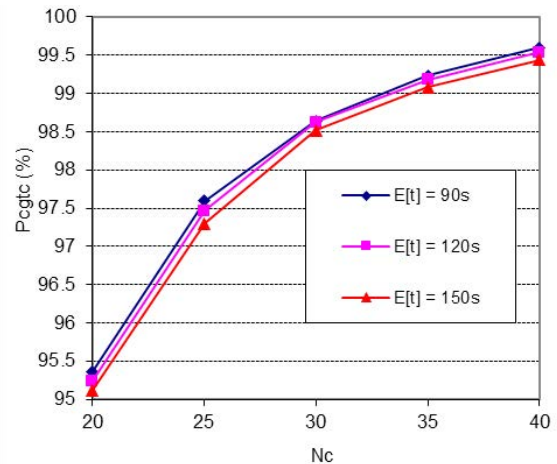
$HANDOVER$ is activated. Meanwhile, $EVENT = EVENT + 1$.

Do HCRS - CS.

End



Hình 3. Xác suất chuyển giao thành công khi thuê bao di chuyển trung bình



Hình 4. Xác suất chuyển giao thành công khi thuê bao di chuyển nhanh

Tỷ lệ chuyển giao thành công là tỷ số của số chuyển giao thành công và tổng số các yêu cầu chuyển giao. Các kết quả về tỷ lệ chuyển giao thành công P_{cgic} được trình bày trong Hình 3 và Hình 4.

Có thể nhận thấy rằng với dung lượng đủ lớn (khi $N_c = 40$ kênh/cell), HCRS kết hợp hoán đổi kênh đã đáp ứng được đến 99.5% các yêu cầu chuyển giao trong điều kiện mạng nghẽn cục bộ rất cao khi mà không có một kênh nào trong các cell được dự trữ cho chuyển giao. Điều này đã chứng tỏ khả năng vượt trội của CRS trong bài toán xử lý nghẽn cho các hệ thống thông tin di động.

V. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã phân tích nguyên lý chuyển tiếp kênh CRS, đặc biệt là HCRS áp dụng cho việc bảo đảm kết nối cho các cuộc gọi chuyển giao trong điều kiện xảy ra nghẽn cục bộ ở một hệ thống thông tin di động. Các phân tích đã tính đến xác suất chuyển giao thành công trong một mạng nghẽn rất cao, khi mà không còn một kênh dự trữ nào cho các cuộc gọi chuyển giao. Các kết quả mô phỏng đã khẳng định được các ưu điểm của HCRS trong việc bảo đảm tỷ lệ chuyển giao thành công trong các mạng này. Tuy nhiên, bài báo mới chỉ dừng lại ở việc tính toán cho các cuộc gọi thoại thời gian thực mà chưa tính đến các cuộc gọi số liệu thời gian thực với băng thông và thời gian chiếm kênh lớn hơn nhiều. Ngoài ra, mô hình nghẽn mới chỉ dừng lại ở phạm vi 7 cell. Như vậy, căn cứ vào các kết quả trong bài này, hoàn toàn có thể phát triển theo các hướng mở rộng như đã đề cập. Hơn nữa, vấn đề dự trữ kênh trong thông tin di động cũng cần phải được tính toán và đưa vào bài toán CRS để nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Theodore S.Rappaport, "Wireless Communications: Principles and Practice", Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey 07458, 1996.
- [2] GSMA Intelligent Report, "THE MOBILE ECONOMY 2015", GSM Association, 2015.
- [3] H. Wu, et al., "Integrated cellular and ad hoc relaying systems: iCAR," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 19, pp. 2105-2115, 2001.
- [4] H. Wu, et al., "Hand-off performance of the Integrated Cellular and Ad Hoc Relaying (iCAR) system," Wireless Networks, vol. 11, pp. 775-785, 2005.
- [5] T. A. Ngo, et al., "Releasing Congestion in Next Generation Cellular Networks by using Static Channel Relaying Strategy: Analytical Approach," in 2005 IEEE 7th Malaysia International Conference on Communication Jointly held with the 13th IEEE International Conference on Networks (MICC-ICON 2005), 2005, pp. 87-92.
- [6] The-Anh Ngo, "Releasing congestion in cellular networks using relay stations", master thesis, UniSA, 2012.
- [7] Vũ Đức Hiệp và Trần Xuân Nam, "Kết hợp mã hóa mạng lớp vật lý và lựa chọn nút chuyển tiếp cho kênh vô tuyến chuyển tiếp hai chiều", Các công trình nghiên cứu, phát triển và ứng dụng CNTT-TT, Tập V-1, Số 10 (30), trang 14-22, tháng 12/2013.
- [8] Ho Van Khuong and Vo Nguyen Quoc Bao, "Symbol Error Rate of Underlay Cognitive Relay Systems over Rayleigh Fading Channel", IEICE Trans. Communications, vol. E95-B, No. 05, pp. 1873-1877, May 2012.
- [9] Vo Nguyen Quoc Bao, T. T. Thanh, T. D. Nguyen., and T. D. Vu, "Spectrum Sharing-based Multihop Decode-and-Forward Relay Networks under Interference Constraints: Performance Analysis and Relay Position Optimization", Journal of Communications and Networks, vol. 15, no. 3, pp. 266-275, Jun. 2013.
- [10] Eunsung Oh et al., "Dynamic Base Station Switching-on/off Strategies for Green Cellular Networks", IEEE Trans. on Wireless Comm. Vol.12 Issue.5, pp.2126-2136, May 2013.
- [11] Zhiguo Ding et al., "Power Allocation Strategies in Energy Harvesting Wireless Cooperative Networks", IEEE Trans. on Wireless Comm., Vol.13, Issue 2, pp.846-860, Feb.2014.
- [12] Ehsan Moeen Taghavi and Ghosheh Abed Hodtani, "Extension of the Coverage Region of Multiple Access Channels by using a Relays", Journal of Communication Engineering, Vol. 4, No. 1, pp.1-22, June 2015.

INCREASING SUCCESSFUL RATE OF HANDOVER IN WIRELESS CELLULAR NETWORKS WITHOUT RESERVED CHANNELS BY CHANNEL RELAYING STRATEGY

Abstract: In this paper, we analyse a network model in which using the Relay Station (RS) to relay available channels in *cold cell* to *hot cell* for Grade of Service (GoS) improvement. Then, we develop the analyses for the case of heavy congested in the network. In this case, all of channels assigned to cells in a certain area have been occupied to serve the new calls, therefore, there is not any channel reserved for handover call. This leads to the very high rate of call dropping probability in that area. However, the successful rate of handover in this heavy congested area will be improved significantly when Channel Relaying Strategy (CRS) has been applied. The numerical results shown that the network using CRS can satisfy over 99% of handover channel requests.

Keyword: Channel Relaying Strategy (CRS), handover, reserved channel.



Ngô Thế Anh, nhận học vị Thạc sĩ năm 2012. Hiện công tác tại Phân hiệu Trường Đại học Giao thông Vận tải tại Thành phố Hồ Chí Minh và là nghiên cứu sinh tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Lĩnh vực nghiên cứu: truyền thông vô tuyến (cải thiện hiệu năng các hệ thống thông tin di động), truyền thông bước sóng milimet, truyền thông giữa các thiết bị.



Hoàng Đăng Hải, PGS.TSKH., TS. (1999), TSKH. (2003) tại Đại học Tổng hợp Kỹ thuật Ilmenau, CHLB Đức. Hiện công tác tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông. Lĩnh vực nghiên cứu: chất lượng dịch vụ, giao thức truyền thông, hiệu năng mạng, mạng và hệ thống thông tin, an ninh mạng, viễn thông



Nguyễn Cảnh Minh, nhận học vị Tiến sĩ năm 1997. Hiện công tác tại Trường Đại học Giao thông Vận tải. Lĩnh vực nghiên cứu chính: mạng di động thế hệ mới, công nghệ IoT