

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HCM  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
KHOA KHOA HỌC & KỸ THUẬT MÁY TÍNH**



**BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN TÍNH TOÁN LƯỚI**

**ĐIỆN TOÁN ĐÁM MÂY DI ĐỘNG:  
KIẾN TRÚC, ỨNG DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN**

GVHD : TS. Phạm Trần Vũ

---o0o---

HVTH 1: Phùng Quang Chánh – 10071115

HVTH 2: Cao Trọng Thân – 10070497

Tp. HCM, Tháng 05/2012

*Trang i*

# MỤC LỤC

MỤC LỤC .....	ii
I. GIỚI THIỆU .....	1
II. TỔNG QUAN VỀ MCC (Mobile Cloud Computing) .....	2
A. MCC là gì ? .....	2
B. Kiến trúc của MCC .....	6
C. Các ưu điểm của MCC .....	8
III. ỨNG DỤNG CỦA MCC .....	11
A. Thương mại di động (Mobile Commerce) .....	11
B. Học tập di động (Mobile learning) .....	12
C. Chăm sóc sức khỏe di động (Mobile healthcare) .....	13
D. Trò chơi di động (Mobile Gaming) .....	15
E. Các ứng dụng thực tế khác .....	16
IV. CÁC VẤN ĐỀ VÀ PHƯƠNG PHÁP CỦA MCC .....	18
A. Các vấn đề trong truyền thông di động. ....	18
B. Các vấn đề ở phía tính toán. ....	21
V. CÁC VẤN ĐỀ MỞ VÀ CÁC HƯỚNG NGHIÊN CỨU TRONG TƯƠNG LAI .....	28
A. Băng thông thấp (Low Bandwidth) .....	28
B. Quản lý truy cập mạng (Network Access Management) .....	29
C. Chất lượng dịch vụ .....	29
D. Giá cả .....	31
E. Giao diện chuẩn .....	31
F. Hội tụ dịch vụ .....	31
VI. KẾT LUẬN .....	32
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	33

# **ĐIỆN TOÁN Đám Mây DI ĐỘNG: KIẾN TRÚC, ỨNG DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN**

Cùng với sự bùng nổ của các ứng dụng di động và sự nổi lên của khái niệm điện toán đám mây, MCC (Mobile Cloud Computing) đã được giới thiệu là một công nghệ tiềm năng cho các dịch vụ di động. MCC tích hợp điện toán đám mây vào môi trường di động và vượt qua những trở ngại liên quan đến hiệu suất (ví dụ như, tuổi thọ pin, lưu trữ và băng thông), môi trường (ví dụ, tính không đồng nhất, khả năng mở rộng, và tính sẵn có), và an ninh (ví dụ như độ tin cậy, và riêng tư) được thảo luận trong điện toán di động. Bài viết này đưa ra một khảo sát về MCC, giúp chúng ta có một cái nhìn tổng quan về MCC, bao gồm các định nghĩa, kiến trúc, và các ứng dụng. Các vấn đề, giải pháp hiện có và phương pháp tiếp cận cũng được trình bày. Ngoài ra, các hướng nghiên cứu trong tương lai của MCC sẽ được thảo luận.

## **I. GIỚI THIỆU**

Các thiết bị di động (ví dụ như điện thoại thông minh, máy tính bảng, ...) đang ngày càng trở thành một phần thiết yếu của cuộc sống con người như các công cụ truyền thông hiệu quả và thuận tiện nhất, không giới hạn bởi thời gian và địa điểm. Người dùng di động được tận hưởng những trải nghiệm phong phú các dịch vụ khác nhau từ các ứng dụng (các ứng dụng iPhone, Google...), chạy trên các thiết bị và / hoặc trên các máy chủ từ xa thông qua mạng không dây. Các tiến bộ nhanh chóng của điện toán di động (MC) [1] sẽ trở thành một xu hướng mạnh mẽ trong sự phát triển của công nghệ thông tin cũng như kinh doanh và công nghiệp. Tuy nhiên, các thiết bị đang phải đối mặt với nhiều thách thức trong vấn đề tài nguyên (tuổi thọ pin, lưu trữ và băng thông) và truyền thông (di động và bảo mật) [2]. Các nguồn lực hạn chế đáng kể cản trở việc cải thiện chất lượng dịch vụ. Điện toán đám mây (CC) đã được công nhận rộng rãi là cơ sở hạ tầng máy tính thế hệ tiếp theo. CC cung cấp một số lợi ích bằng cách cho phép người dùng sử dụng hạ tầng (máy chủ, mạng, và

lưu trữ), các nền tảng (dịch vụ trung gian và hệ điều hành), và phần mềm (chương trình ứng dụng) được cung cấp bởi các nhà cung cấp dịch vụ điện toán đám mây (ví dụ, Google, Amazon, và Salesforce) với chi phí thấp. Ngoài ra, CC cho phép người dùng sử dụng nguồn tài nguyên trong một thời gian theo yêu cầu. Kết quả là, các ứng dụng di động có thể được cung cấp và phát hành một cách nhanh chóng với nỗ lực quản lý tối thiểu. Với sự bùng nổ của các ứng dụng và hỗ trợ CC cho một loạt các dịch vụ cho người sử dụng, điện thoại di động (MCC) được giới thiệu như là một sự tích hợp của điện toán đám mây vào môi trường di động. MCC mang đến dịch vụ và tiện ích mới cho người sử dụng điện thoại di động để có đầy đủ lợi thế của điện toán đám mây.

Bài này trình bày một cuộc khảo sát toàn diện về MCC. Phần II cung cấp một bản tóm tắt tổng quan về MCC bao gồm định nghĩa, kiến trúc, và lợi thế của nó. Phần III thảo luận về việc sử dụng MCC trong các ứng dụng khác nhau. Sau đó, Mục IV trình bày một số vấn đề phát sinh trong MCC và phương pháp tiếp cận để giải quyết các vấn đề. Tiếp theo, các hướng nghiên cứu trong tương lai được nêu tại Mục V. Cuối cùng, chúng tôi tóm tắt và kết luận các cuộc tại mục VI. Danh sách các từ viết tắt trong bài báo này được đưa ra trong bảng 1.

## **II. TỔNG QUAN VỀ MCC (Mobile Cloud Computing)**

Thuật ngữ "điện toán đám mây di động" đã được giới thiệu không lâu sau khái niệm "điện toán đám mây" ra mắt vào giữa năm 2007. Nó đã thu hút được sự chú ý của các doanh nhân như một lựa chọn kinh doanh có lợi nhuận, làm giảm các chi phí phát triển và chạy các ứng dụng di động, của người sử dụng di động như là một công nghệ mới để trải nghiệm một loạt các dịch vụ di động với chi phí thấp, và các nhà nghiên cứu như một hứa hẹn cho giải pháp IT xanh [3]. Phần này cung cấp một cái nhìn tổng quan của MCC, bao gồm định nghĩa, kiến trúc, và lợi thế của MCC.

### **A. MCC là gì ?**

Điển đàn MCC xác định MCC như sau [4]:

"MCC đề cập đến một cơ sở hạ tầng lưu trữ và xử lý dữ liệu xảy ra bên ngoài thiết bị di động. Ứng dụng đám mây di động di chuyển sức mạnh tính toán và lưu trữ dữ liệu từ điện thoại di động và vào các đám mây, các ứng dụng và tính toán di động

của không phải chỉ người dùng điện thoại thông minh mà phạm vi rộng hơn nhiều các thuê bao di động".

Aepona [5] mô tả MCC là một mô hình mới cho các ứng dụng di động, theo đó việc xử lý dữ liệu và lưu trữ được chuyển từ thiết bị di động vào các nền tảng mạnh mẽ và tập trung đặt trong các đám mây. Các ứng dụng này sau đó được truy cập qua kết nối không dây dựa trên trình duyệt web trên các thiết bị di động.

Ngoài ra, MCC có thể được định nghĩa là một sự kết hợp của web di động và điện toán đám mây [6], [7], là công cụ phổ biến nhất cho người sử dụng di động để truy cập vào các ứng dụng và dịch vụ trên Internet.

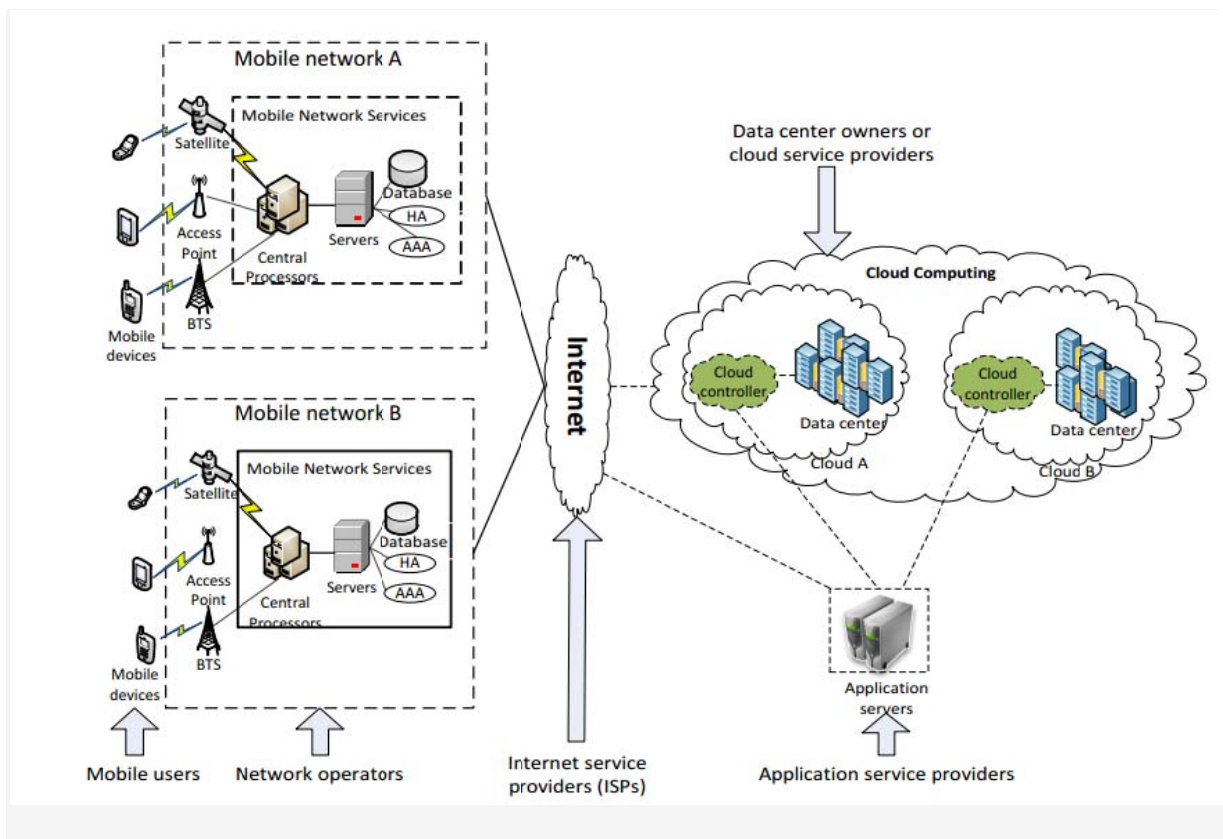
Tóm lại, MCC cung cấp cho người sử dụng di động với việc xử lý dữ liệu và các dịch vụ lưu trữ trong các đám mây. Các thiết bị di động không cần một cấu hình mạnh mẽ (ví dụ, CPU tốc độ và dung lượng bộ nhớ) vì tất cả các mô-đun tính toán phức tạp có thể được xử lý trong những đám mây.

4G	Fourth Generation
AAA	Authentication, Authorization, Accounting
APDV	Application Protocol Data Unit
API	Application Programing Interface
ARM	Advanced RISC Machine
AV	Anti-Virus
B2B	Business to Business
B2C	Business to Customer
BTS	Base Transceiver Station
CC	Cloud Computing
CSP	Cloud Service Provider
EC2	Elastic Compute Cloud
GPS	Global Positioning System
HA	Home Agent
IaaS	Infrastructure as a Service
IA	Integrated Authenticated
ID	Identifier
IMERA	French acronym for Mobile Interaction in Augmented Reality Environment

LTS	Location Trusted Server
MAUI	Memory Arithmetic Unit and Interface
MC	Mobile Computing
MCC	Mobile Cloud Computing
MDP	Markov Decision Process
MSC	Mobile Service Cloud
P2P	Peer-to-Peer
PaaS	Platform as a Service
QoS	Quality of Service
RACE	Resource-Aware Collaborative Execution
REST	Representational State Transfer
RFS	Random File System
RTP	Real-time Transport Protocol
S3	Simple Storage Service
SaaS	Software as a Service
TCC	Truster Crypto Coprocessor
URI	<a href="http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wcm.1203/abstract">http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wcm.1203/abstract</a> Uniform Resource Identifier

Bảng 1. Các từ viết tắt

## B. Kiến trúc của MCC

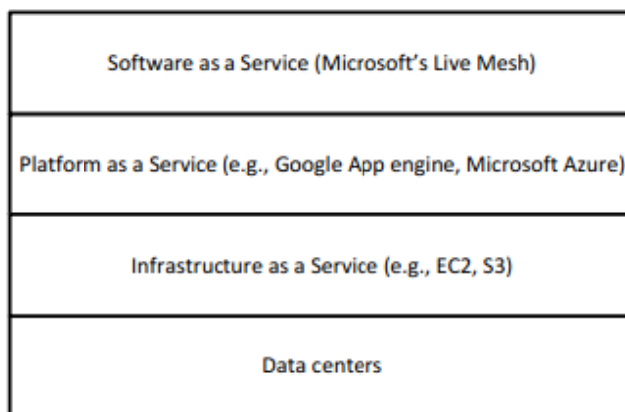


Hình 1. Kiến trúc MCC

Từ khái niệm của MCC, kiến trúc chung của MCC có thể được hiển thị trong hình 1. Trong hình 1, các thiết bị di động được kết nối với các mạng di động thông qua các trạm (ví dụ, cơ sở trạm thu phát (BTS), điểm truy cập (access point), hoặc vệ tinh) được thiết lập và kiểm soát các kết nối và giao diện chức năng giữ mạng và các thiết bị di động. Yêu cầu của người dùng di động và thông tin (ví dụ như ID và vị trí) được truyền đến các bộ vi xử lý trung tâm được kết nối với máy chủ cung cấp dịch vụ mạng di động. Ở đây, nhà khai thác mạng di động có thể cung cấp dịch vụ cho người sử dụng di động là AAA (authentication, authorization, and accounting) dựa trên các home agent(HA) và dữ liệu của thuê bao được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu. Sau đó, yêu cầu của thuê bao được chuyển giao cho một đám mây thông qua Internet. Trong đám mây, các bộ điều khiển điện toán đám mây(cloud controller) xử lý các yêu cầu để cung cấp cho người sử dụng di động với các dịch vụ đám mây tương ứng. Những dịch vụ này được phát triển với các khái niệm tiện ích tính toán, ảo hóa và kiến trúc hướng dịch vụ (ví dụ web, ứng dụng, và máy chủ cơ sở dữ liệu).



Kiến trúc chi tiết của điện toán đám mây có thể khác nhau trong các ngữ cảnh khác nhau. Ví dụ, kiến trúc bốn lớp (4-layers) được giải thích trong [8] để so sánh điện toán đám mây với điện toán lưới (grid computing). Ngoài ra, một kiến trúc hướng dịch vụ, được gọi là Aneka, được giới thiệu để cho phép các nhà phát triển xây dựng ứng dụng .NET với sự hỗ trợ các giao diện lập trình ứng dụng (API) và nhiều mô hình lập trình [9]. [10] trình bày một kiến trúc để tạo ra các đám mây hướng thị trường (market-oriented). Trong bài báo này, chúng tôi tập trung vào một kiến trúc được phân lớp (layered architecture) của điện toán đám mây (Hình 2). Kiến trúc này thường được sử dụng để chứng minh hiệu quả của mô hình điện toán đám mây trong việc đáp ứng yêu cầu của người sử dụng [12].



Hình 2. Kiến trúc điện toán đám mây hướng dịch vụ

Nói chung, điện toán đám mây là một hệ thống mạng phân bố quy mô lớn dựa trên một số lượng máy chủ tại các trung tâm dữ liệu. Dịch vụ đám mây được phân loại dựa trên khái niệm lớp (Hình 2). Trong các tầng trên của cơ sở hạ tầng này, hạ tầng như một Dịch vụ (IaaS), nền tảng như một dịch vụ (PaaS), và Phần mềm như một dịch vụ (SaaS) được xếp chồng lên nhau.

- *Lớp trung tâm dữ liệu:* Lớp này cung cấp các thiết bị phần cứng và cơ sở hạ tầng cho các đám mây. Trong lớp trung tâm dữ liệu, một số máy chủ được liên kết với các mạng tốc độ cao để cung cấp các dịch vụ cho khách hàng. Thông thường, các trung tâm dữ liệu được xây dựng ở những nơi ít dân cư, hiệu năng cao và ổn định và ít có nguy cơ thiên tai.
- *Cơ sở hạ tầng như một dịch vụ (IaaS):* IaaS được xây dựng trên đỉnh của lớp trung tâm dữ liệu. IaaS cho phép cung cấp dung lượng lưu trữ, phần cứng,

máy chủ và các thành phần mạng. Khách hàng thường trả tiền cho mỗi lần sử dụng. Như vậy, khách hàng có thể tiết kiệm chi phí khi thanh toán khi chỉ được dựa trên các nguồn tài nguyên họ thực sự sử dụng. Cơ sở hạ tầng có thể được mở rộng hoặc thu nhỏ tự động khi cần thiết. Các ví dụ của IaaS là Amazon EC2 (Elastic Cloud Computing) và S3 (Simple Storage Service).

- *Nền tảng như một dịch vụ (PaaS)*: PaaS cung cấp môi trường tích hợp nâng cao cho việc xây dựng, kiểm tra và triển khai các ứng dụng. Các ví dụ về PaaS là Google App Engine, Microsoft Azure, và Amazon Map Reduce/Simple Storage Service.
- *Phần mềm như một dịch vụ (SaaS)*: SaaS hỗ trợ phân phối phần mềm với yêu cầu cụ thể. Trong lớp này, người dùng có thể truy cập một ứng dụng và thông tin từ xa thông qua Internet và chỉ trả tiền cho những thứ họ sử dụng. Salesforce là một trong những người tiên phong trong việc cung cấp mô hình dịch vụ này. Microsoft<sup>TM</sup> s Live Mesh cũng cho phép chia sẻ tập tin và thư mục trên nhiều thiết bị cùng một lúc.

Mặc dù kiến trúc điện toán đám mây có thể được chia thành bốn lớp như hình 2, nó không có nghĩa là các lớp trên phải được xây dựng trên lớp trực tiếp bên dưới nó. Ví dụ, các ứng dụng SaaS có thể được triển khai trực tiếp trên IaaS, thay vì PaaS. Ngoài ra, một số dịch vụ có thể được coi như một phần của nhiều hơn một lớp. Ví dụ, dịch vụ lưu trữ dữ liệu có thể được xem như là một trong IaaS hoặc PaaS. Vì vậy, người dùng có thể sử dụng các dịch vụ linh hoạt và hiệu quả.

### C. Các ưu điểm của MCC

Điện toán đám mây được biết đến như là một giải pháp đầy hứa hẹn cho điện toán di động do nhiều lý do (ví dụ, khả năng thông tin liên lạc, tính di động [13]). Sau đây, chúng tôi sẽ mô tả đám mây có thể được sử dụng như thế nào để vượt qua những trở ngại trong tính toán di động, từ đó chỉ ra các lợi thế của MCC.

- 1) *Mở rộng đời pin*: Pin là một trong những mối quan tâm chính cho các thiết bị di động. Một số giải pháp đã được đề xuất để nâng cao hiệu suất của CPU [14], [15] và để quản lý đĩa và màn hình một cách thông minh [16], [17] để giảm tiêu thụ điện năng. Tuy nhiên, các giải pháp này yêu cầu thay đổi trong cấu trúc của thiết bị di động, hoặc họ yêu cầu một phần cứng mới mà kết quả có thể làm gia tăng chi phí và có thể không khả thi cho tất cả các thiết bị di

động. Kỹ thuật dỡ tải tính toán (computation offloading) được đề xuất để di chuyển các tính toán lớn và phức tạp từ các thiết bị có nguồn lực hạn chế (tức là, các thiết bị di động) cho các máy tính tháo vát (tức là, các máy chủ trong các đám mây). Điều này tránh được một ứng dụng có thời gian thực hiện lâu trên các thiết bị di động làm cho chúng tiêu hao một số lượng lớn điện năng tiêu thụ.

[18] [19] đánh giá hiệu quả của kỹ thuật giảm tải thông qua một số thí nghiệm. Các kết quả chứng minh rằng việc thực hiện ứng dụng từ xa có thể tiết kiệm năng lượng đáng kể. Đặc biệt, [18] đánh giá số tính toán quy mô lớn và cho thấy có đến 45% năng lượng tiêu thụ cho tính toán ma trận lớn có thể được giảm. Ngoài ra, nhiều ứng dụng di động tận dụng lợi thế từ di chuyển nhiệm vụ và xử lý từ xa. Ví dụ, giảm tải cho chương trình tối ưu hóa trình biên dịch [20] cho xử lý hình ảnh có thể làm giảm 41% tiêu thụ năng lượng của một thiết bị di động. Ngoài ra, sử dụng bộ nhớ số học đơn vị (memory arithmetic unit) và giao diện (MAUI - memory arithmetic unit and interface) để di chuyển các thành phần trò chơi di động [21] đến các máy chủ trong các đám mây có thể tiết kiệm 27% tiêu thụ năng lượng cho các trò chơi máy tính và 45% cho các trò chơi cờ vua.

- 2) *Cải thiện khả năng lưu trữ dữ liệu và sức mạnh xử lý*: Dung lượng lưu trữ cũng là một hạn chế cho thiết bị di động. MCC được phát triển để cho phép người sử dụng di động có thể lưu trữ / truy cập dữ liệu lớn trên đám mây thông qua mạng không dây. Ví dụ đầu tiên là Amazon Simple Storage Service (Amazon S3) [22], dịch vụ hỗ trợ lưu trữ tập tin. Một ví dụ khác là Image Exchange sử dụng không gian lưu trữ lớn trong các đám mây cho người sử dụng di động [31]. Dịch vụ chia sẻ ảnh trên di động cho phép người sử dụng di động để tải hình ảnh lên những đám mây ngay lập tức sau khi chụp. Người dùng có thể truy cập tất cả các hình ảnh từ bất kỳ thiết bị nào. Với đám mây, người dùng có thể tiết kiệm số tiền đáng kể cho năng lượng và không gian lưu trữ trên các thiết bị di động của họ vì tất cả các hình ảnh được gửi đi và xử lý trên những đám mây. Flickr [23] và ShoZu [24] cũng thành công trong việc cung cấp các ứng dụng chia sẻ ảnh qua di động dựa trên MCC. Facebook [25] là thành công nhất cho ứng dụng mạng xã hội ngày hôm nay, và nó cũng là một ví dụ điển hình của việc sử dụng điện toán đám mây trong chia sẻ hình ảnh.

MCC cũng giúp giảm chi phí hoạt động cho các ứng dụng tính toán chuyên sâu mà phải mất thời gian dài và tiêu hao số lượng lớn năng lượng khi thực hiện trên các thiết bị hạn chế tài nguyên. Điện toán đám mây có thể hiệu quả trong việc hỗ trợ các nhiệm vụ khác nhau cho kho dữ liệu, quản lý và đồng bộ hóa nhiều tài liệu trực tuyến. Ví dụ, những đám mây có thể được sử dụng để chuyển mã (transcoding) [26], chơi cờ vua [21], [27], hoặc dịch vụ phát thanh truyền hình đa phương tiện [28] với các thiết bị di động. Trong những trường hợp này, tất cả các tính toán phức tạp để chuyển mã hoặc cung cấp một cờ di chuyển tối ưu mà phải mất một thời gian dài khi thực hiện trên các thiết bị di động sẽ được xử lý một cách nhanh chóng trên các đám mây. Ứng dụng di động cũng không bị hạn chế bởi dung lượng lưu trữ trên các thiết bị bởi vì dữ liệu được lưu trữ trên đám mây.

- 3) *Cải thiện độ tin cậy*: Lưu trữ dữ liệu hoặc chạy các ứng dụng trên đám mây là một cách hiệu quả để cải thiện độ tin cậy vì các dữ liệu và ứng dụng được lưu trữ và sao lưu trên nhiều máy tính. Điều này làm giảm nguy cơ bị mất dữ liệu và ứng dụng trên các thiết bị di động. Ngoài ra, MCC có thể được thiết kế như là một mô hình bảo mật toàn diện dữ liệu cho các nhà cung cấp dịch vụ và người sử dụng. Ví dụ, các đám mây có thể được sử dụng để bảo vệ bản quyền nội dung số (ví dụ, video, clip, và âm nhạc) không bị lạm dụng và phân phối trái phép [29]. Ngoài ra, các đám mây từ xa có thể cung cấp cho người sử dụng di động với dịch vụ bảo vệ chẳng hạn như quét virus, phát hiện mã độc hại, và xác thực [30]. Ngoài ra, bảo mật dựa trên dịch vụ đám mây có thể nâng cao hiệu quả các dịch vụ bằng việc sử dụng hiệu quả các dữ liệu thu thập được từ nhiều người dùng khác nhau.

Ngoài ra, MCC cũng được thừa hưởng một số ưu điểm của các đám mây cho các dịch vụ di động như sau:

- *Khả năng cung cấp động*: động trong việc cung cấp theo yêu cầu các nguồn tài nguyên, dịch vụ là một cách linh hoạt cho các nhà cung cấp dịch vụ và người sử dụng di động để chạy các ứng dụng của họ.

Application Classes	Type	Examples
Mobile financial applications	B2C, B2B	Banks, brokerage firms, mobile-user fees
Mobile advertising	B2C	Sending custom made advertisements according to user's physical location
Mobile shopping	B2C,B2B	Locate/order certain products from a mobile terminal

B2C: Business to Customer, B2B: Business to Business

Bảng 2. Các lớp ứng dụng của m-commerce

- *Khả năng mở rộng*: Việc triển khai các ứng dụng di động có thể được thực hiện và mở rộng để đáp ứng nhu cầu số lượng yêu cầu không đoán trước được của người dùng do cung cấp nguồn tài nguyên rất linh hoạt. Các nhà cung cấp dịch vụ có thể dễ dàng thêm và mở rộng một ứng dụng và dịch vụ không có hoặc có ít hạn chế về việc sử dụng tài nguyên.
- *Đa sở hữu*: nhà cung cấp dịch vụ (ví dụ, nhà điều hành mạng và chủ sở hữu trung tâm dữ liệu) có thể chia sẻ lại nguồn và chi phí để hỗ trợ một loạt các ứng dụng và số lượng lớn người sử dụng.
- *Dễ dàng tích hợp*: Nhiều dịch vụ từ các nhà cung cấp dịch vụ khác nhau có thể được tích hợp dễ dàng thông qua các đám mây và Internet để đáp ứng nhu cầu người dùng.

### III. ỨNG DỤNG CỦA MCC

Ứng dụng di động được chia sẻ trong thị trường di động toàn cầu ngày càng tăng. Các ứng dụng di động khác nhau đã thừa hưởng những lợi thế của MCC. Trong phần này, một số ứng dụng MCC điển hình được giới thiệu.

#### A. Thương mại di động (Mobile Commerce)

Thương mại di động (m-commerce) là một mô hình kinh doanh thương mại bằng cách sử dụng các thiết bị di động. Ứng dụng m-commerce thường thực hiện một số nhiệm vụ đòi hỏi tính di động (ví dụ, giao dịch và thanh toán qua di động, nhắn tin di động và bán vé qua di động). Các ứng dụng m-commerce có thể được phân loại thành một vài lớp bao gồm quảng cáo, tài chính và mua sắm (Bảng II).

Các ứng dụng m-commerce phải đối mặt với những thách thức khác nhau (ví dụ, băng thông thấp, cấu hình thiết bị di động mang tính phức tạp cao, và an ninh). Vì vậy, các ứng dụng m-commerce được tích hợp vào môi trường điện toán đám mây để giải quyết những vấn đề này. [32] đề xuất một nền tảng thương mại điện tử 3G dựa trên điện toán đám mây. Mô hình này kết hợp những lợi thế của cả hai mạng 3G và điện toán đám mây giúp tăng tốc độ xử lý dữ liệu và [33] mức độ bảo mật dựa trên PKI (cơ sở hạ tầng khóa công khai - public key infrastructure). Các PKI sử dụng cơ chế điều khiển truy cập dựa trên mã hóa (encryption-based access control) và over-encryption để đảm bảo sự riêng tư của người dùng khi truy cập vào các dữ liệu bên ngoài.

## **B. Học tập di động (Mobile learning)**

Học tập qua di động (m-learning) được thiết kế dựa trên học tập điện tử (e-learning) và di động. Tuy nhiên, các ứng dụng m-learning truyền thống có những hạn chế về chi phí cao của các thiết bị và mạng, mạng lưới truyền dẫn tốc độ thấp, và các nguồn lực giáo dục hạn chế [35], [36], [37]. Các ứng dụng m-learning dựa trên đám mây được giới thiệu để giải quyết những hạn chế đó. Ví dụ, sử dụng một đám mây với không gian lưu trữ lớn, năng lực và khả năng xử lý mạnh mẽ, các ứng dụng cung cấp cho người học với các dịch vụ phong phú hơn nhiều về kích thước dữ liệu (thông tin), tốc độ xử lý nhanh hơn, và pin lâu hơn.

[38] trình bày lợi ích của việc kết hợp m-learning và điện toán đám mây để tăng cường giao tiếp chất lượng giữa học sinh và giáo viên. Trong trường hợp này, một phần mềm cho điện thoại thông minh dựa trên mã framework nguồn mở JavaME UI và Jaber cho khách hàng được sử dụng. Thông qua một trang web được xây dựng trên Công cụ Google Apps, học sinh giao tiếp với giáo viên của họ bất cứ lúc nào. Ngoài ra, các giáo viên có thể có được các thông tin về mức độ kiến thức của học sinh của khóa học và có thể trả lời các câu hỏi của học sinh một cách kịp thời. Ngoài ra, hệ thống m-learning theo ngữ cảnh dựa trên nền tảng IMERA [39] cho thấy một hệ thống m-learning dựa trên đám mây giúp học viên có thể truy cập các tài nguyên học tập từ xa.

Một ví dụ khác của MCC ứng dụng trong học tập là "Cornucopia" được hiện thực cho các nghiên cứu của học sinh học di truyền và "Plantations Pathfinder" được thiết kế để cung cấp thông tin và cung cấp một không gian cộng tác cho du khách khi họ truy cập vào những khu vườn [40]. Mục đích của việc triển khai các ứng dụng này là giúp học sinh nâng cao hiểu biết của họ về thiết kế thích hợp của điện toán đám mây di động trong việc hỗ trợ kinh nghiệm thực địa. Trong [41], một công cụ giáo dục được phát triển dựa trên điện toán đám mây để tạo ra một khóa học về xử lý hình ảnh / video. Thông qua điện thoại di động, người học có thể hiểu và so sánh các thuật toán khác nhau được sử dụng trong các ứng dụng di động (ví dụ, làm mờ, phát hiện khuôn mặt, và nâng cao chất lượng hình ảnh).

### C. Chăm sóc sức khỏe di động (Mobile healthcare)

Mục đích của việc áp dụng MCC trong các ứng dụng y tế là để giảm thiểu những hạn chế của điều trị y tế truyền thống (ví dụ, lưu trữ vật lý nhỏ, an ninh và riêng tư ... [42], [43]). Điện thoại di động chăm sóc sức khỏe (m-healthcare) cung cấp cho người sử dụng di động sự thuận tiện trong việc truy cập tài nguyên (ví dụ, hồ sơ y tế bệnh nhân) một cách dễ dàng và nhanh chóng. Bên cạnh đó, m-healthcare cung cấp cho các bệnh viện và các tổ chức chăm sóc sức khỏe nhiều loại dịch vụ theo yêu cầu trên những đám mây chứ không phải là sở hữu ứng dụng độc lập trên các máy chủ địa phương.

Có một vài đề án của MCC ứng dụng trong lĩnh vực y tế. Ví dụ, [44] trình bày năm ứng dụng m-healthcare phổ biến.

- *Dịch vụ theo dõi sức khỏe toàn diện* (comprehensive health monitoring services): bệnh nhân được theo dõi bất cứ lúc nào và bất cứ nơi nào thông qua thông tin liên lạc bằng thông rộng không dây.
- *Hệ thống quản lý khẩn cấp thông minh* (Intelligent emergency management system) có thể quản lý và phối hợp các đội xe cấp cứu hiệu quả và kịp thời khi nhận được cuộc gọi từ các tai nạn hoặc sự cố.
- *Nhận biết sức khỏe di động* (Health-aware mobile devices) phát hiện tỷ lệ xung, huyết áp, và nồng độ rượu để cảnh báo hệ thống chăm sóc sức khỏe khẩn cấp.

- *Truy cập rộng khắp thông tin chăm sóc sức khỏe* (Pervasive access to healthcare information) cho phép bệnh nhân hoặc nhà cung cấp dịch vụ chăm sóc sức khỏe truy cập vào thông tin y tế hiện tại và quá khứ.
- *Quản lý khuyến khích lối sống phổ biến* (Pervasive lifestyle incentive management) có thể được sử dụng để thanh toán các khoản chi phí y tế và quản lý khác liên quan đến phí một cách tự động.

Tương tự như vậy, [45] đề xuất @ HealthCloud, thực hiện nguyên mẫu của hệ thống quản lý thông tin m-healthcare dựa trên điện toán đám mây và một khách hàng điện thoại di động chạy hệ điều hành Android (OS). Nguyên mẫu này trình bày ba dịch vụ sử dụng dịch vụ lưu trữ đám mây S3 của Amazon để quản lý hồ sơ sức khỏe của bệnh nhân và hình ảnh y khoa.

- *Kết nối liền mạch đến kho lưu trữ của mây* (seamless connection to cloud storage) cho phép lấy, sửa đổi, và tải lên các nội dung y tế (ví dụ như, hình ảnh y tế, hồ sơ sức khỏe bệnh nhân và biosignals) sử dụng dịch vụ web và một bộ có sẵn các API được gọi là REST.
- *Hệ thống quản lý hồ sơ y tế bệnh nhân* (Patient health record management system) hiển thị các thông tin liên quan đến tình trạng bệnh nhân, có liên quan đến biosignals và nội dung hình ảnh thông qua giao diện ứng dụng.
- *Hỗ trợ xem ảnh* (Image viewing support) cho phép người sử dụng di động giải mã các tập tin hình ảnh ở độ phân giải khác nhau.

Đối với hệ thống thực tế, hệ thống quản lý Homecare y học từ xa (telemedicine homecare management system) [46] được thực hiện tại Đài Loan tham gia giám sát, đặc biệt là đối với bệnh nhân tăng huyết áp và tiểu đường. Hệ thống giám sát 300 người bệnh và lưu trữ hơn 4.736 hồ sơ về huyết áp và các dữ liệu đo độ đường trên đám mây. Khi một người tham gia đo đường huyết / áp lực thông qua thiết bị chuyên ngành, thiết bị có thể gửi các thông số đo được tới hệ thống tự động, hoặc người tham gia có thể gửi các thông số bằng tin nhắn SMS thông qua các thiết bị di động của họ. Sau đó, đám mây sẽ thu thập và phân tích thông tin của người tham gia và trả kết quả. Sự phát triển của y tế di động rõ ràng giúp đỡ rất nhiều cho những người tham gia. Tuy nhiên, thông tin được thu thập và quản lý liên quan đến sức khỏe cá nhân là nhạy cảm. Do đó, [47], [48] đề xuất các giải pháp để bảo vệ thông tin sức khỏe của người tham gia, do đó tăng tính bảo mật của các dịch vụ.



Trong khi [47] sử dụng mô hình P2P để giải quyết an ninh, vấn đề bảo vệ dữ liệu và quyền sở hữu, các mô hình trong [48] cung cấp bảo mật như là một dịch vụ trên đám mây để bảo vệ các ứng dụng di động. Vì vậy, các nhà cung cấp ứng dụng y tế di động và người sử dụng sẽ không phải lo lắng về vấn đề an ninh kể từ khi nó được đảm bảo bởi nhà cung cấp an ninh.

#### **D. Trò chơi di động (Mobile Gaming)**

Trò chơi di động (m-game) là một thị trường tiềm năng tạo ra doanh thu cho các nhà cung cấp dịch vụ. M-game có thể giảm tải cho động cơ đòi hỏi tài nguyên tính lớn (ví dụ, vẽ đồ họa) đến máy chủ trong các đám mây, và game thủ chỉ tương tác với giao diện màn hình trên thiết bị của họ.

[49] chứng minh rằng giảm tải (mã đa phương tiện) có thể tiết kiệm năng lượng cho các thiết bị di động, do đó tăng thời gian chơi game trên các thiết bị di động. [21] đề xuất MAUI (bộ nhớ đơn vị số học và giao diện), một hệ thống cho phép nhận biết năng lượng chuyển tải của mã di động đến một đám mây. Ngoài ra, một số thí nghiệm được tiến hành để đánh giá năng lượng được sử dụng cho các ứng dụng trò chơi với mạng 3G và mạng WiFi. Nó phát hiện rằng thay vì giảm tải tất cả các mã để đám mây xử lý, MAUI phân vùng các mã ứng dụng lúc thực thi (runtime) dựa trên các chi phí truyền thông mạng (network communication) và CPU trên các thiết bị di động để tiết kiệm tối đa năng lượng cho kết nối mạng. Kết quả chứng minh rằng MAUI không chỉ giúp giảm năng lượng đáng kể cho các thiết bị di động (tức là, MAUI tiết kiệm 27% năng lượng sử dụng cho các trò chơi video và 45% cho trò chơi cờ vua), nhưng cũng cải thiện hiệu suất của các ứng dụng di động (tức là, tỷ lệ làm mới (refresh) của trò chơi tăng từ 6 đến 13 khung hình mỗi giây).

[50] trình bày m-game mới dựa trên đám mây bằng cách sử dụng một kỹ thuật gọi là thích ứng hình (rendering adaptation) để tự động điều chỉnh các trò chơi và vẽ các thông số theo nhu cầu của game thủ. Các kỹ thuật thích ứng chủ yếu căn cứ trên ý tưởng giảm số lượng các đối tượng trong danh sách hiển thị vì không phải tất cả các đối tượng trong danh sách hiển thị được tạo ra bởi công cụ trò chơi là cần thiết để chơi các trò chơi và quy mô phức tạp của các hoạt động vẽ. Mục tiêu là để tối đa hóa trải nghiệm người dùng qua thông tin liên lạc và chi phí tính toán.

## E. Các ứng dụng thực tế khác

Một đám mây trở thành một công cụ hữu ích để giúp người dùng chia sẻ hình ảnh di động và video clip một cách hiệu quả và gắn thẻ (tag) bạn bè của họ trong các mạng xã hội phổ biến như Twitter và Facebook. MeLog [51] là một ứng dụng MCC cho phép người sử dụng điện thoại di động để chia sẻ kinh nghiệm thời gian thực (ví dụ, du lịch, mua sắm, và sự kiện) trên những đám mây thông qua một blog tự động. Người sử dụng di động (ví dụ, khách du lịch) được hỗ trợ bởi một số dịch vụ đám mây như hướng dẫn chuyến đi của họ, hiển thị bản đồ, ghi lại hành trình, và lưu trữ hình ảnh và video.

[52] giới thiệu một dịch vụ định vị di động (mobile locationing service) cho phép người dùng chụp một video clip ngắn về các tòa nhà xung quanh. Các thuật toán phù hợp chạy trên một đám mây có thể sử dụng một lượng lớn thông tin để tìm kiếm vị trí của các tòa nhà này. Ngoài ra, One Hour Translation [53] cung cấp một dịch vụ dịch thuật trực tuyến đang chạy trên đám mây của Amazon Web Services. One Hour Translation giúp người sử dụng di động, đặc biệt là du khách nước ngoài, nhận được các thông tin được dịch trong ngôn ngữ của họ thông qua các thiết bị di động của họ.

Đám mây trở thành công cụ hiệu quả nhất khi người dùng di động yêu cầu dịch vụ tìm kiếm (ví dụ, tìm kiếm thông tin, vị trí, hình ảnh, giọng nói, hoặc video clip).

- *Tìm kiếm dựa trên từ khoá* (Keyword-based Searching): [54] đề xuất một mô hình tìm kiếm di động thông minh bằng cách sử dụng ngữ nghĩa trong đó nhiệm vụ tìm kiếm sẽ được thực hiện trên máy chủ trong một đám mây. Mô hình này có thể phân tích ý nghĩa của một từ, một cụm từ, hoặc một giai đoạn phức tạp để tạo ra các kết quả một cách nhanh chóng và chính xác. [55] trình bày một ứng dụng bằng cách sử dụng các đám mây để thực hiện nhiệm vụ tìm kiếm dữ liệu cho người sử dụng di động. [55] sử dụng hệ thống Dessy [56] để tìm các dữ liệu người dùng, siêu dữ liệu, và thông tin ngữ cảnh thông qua tìm kiếm máy tính để bàn (ví dụ, lập chỉ mục (indexing), truy vấn, xếp hạng tìm kiếm liên quan - search relevance ranking) và các kỹ thuật đồng bộ hóa.
- *Tìm kiếm dựa trên giọng nói* (Voice-based Searching): [57] đề xuất một dịch vụ tìm kiếm thông qua nhận dạng giọng nói trong đó người dùng di động chỉ

nói chuyện với micro trên thiết bị của họ thay vì gõ trên bàn phím hoặc màn hình cảm ứng.

- *Tìm kiếm dựa trên thẻ* (Tag-based Searching): [58] giới thiệu một kỹ thuật tìm kiếm hình ảnh dựa trên thẻ bản thể học ngữ nghĩa (ontological semantic tags). Người sử dụng di động chỉ gọi lại những thông số được gắn thẻ vào hình ảnh trước khi hình ảnh này gửi đến một đám mây. Điện toán đám mây được sử dụng để lưu trữ và xử lý hình ảnh cho các thiết bị nguồn lực hạn chế. Các dịch vụ hiện tại được thiết kế cho những hình ảnh được lưu trữ trên môi trường điện toán đám mây riêng (private cloud). Trong tương lai, dự kiến sẽ mở rộng để tìm kiếm hình ảnh trong một môi trường đám mây công cộng (public cloud).

Ngoài ra, có một ứng dụng điện toán đám mây di động hợp tác (mobile-cloud collaborative application) [59] để phát hiện đèn giao thông cho người mù, framework điện toán đám mây [60] để theo dõi các góc khác nhau trong một ngôi nhà thông qua một thiết bị di động, và một số nỗ lực tích hợp các dịch vụ hiện tại (ví dụ như BitTorrent, và mạng xã hội di động) vào những đám mây như trong [61], [62]. Qua đó, chúng ta có thể nhận ra rằng MCC có thể là một xu hướng công nghệ hiện hành với nhiều ứng dụng trong tương lai gần.

## IV. CÁC VẤN ĐỀ VÀ PHƯƠNG PHÁP CỦA MCC

Như đã thảo luận trong phần trước, MCC có nhiều thuận lợi cho người sử dụng điện thoại di động và nhà cung cấp dịch vụ. Tuy nhiên, do sự tích hợp của hai lĩnh vực khác nhau, tức là, điện toán đám mây và các mạng di động, MCC phải đối mặt với nhiều thách thức kỹ thuật. Phần này liệt kê một số vấn đề nghiên cứu trong MCC, liên quan đến các thông tin liên lạc di động và điện toán đám mây. Sau đó, các giải pháp có sẵn để giải quyết những các vấn đề được xem xét.

### A. Các vấn đề trong truyền thông di động.

1. Băng thông thấp: Băng thông là một trong những vấn đề lớn trong MCC vì các nguồn tài nguyên vô tuyến cho mạng không dây là rất khan hiếm so với các mạng có dây truyền thống. đề xuất một giải pháp để chia sẻ băng thông hạn chế trong số người sử dụng điện thoại di động những người đang nằm trong cùng một khu vực ( ví dụ, một nơi làm việc, nhà ga, và một sân vận động ) và tham gia vào cùng một nội dung ( ví dụ, một đoạn video tập tin). Các tác giả mô hình tương tác giữa người sử dụng như một trò chơi liên minh. Ví dụ, người sử dụng hình thành một liên minh mà mỗi thành viên chịu trách nhiệm cho một phần của file video ( ví dụ như âm thanh, hình ảnh, và chú thích ) và truyền / trao đổi nó cho các thành viên liên minh khác. Kết quả này cải tiến chất lượng video. Tuy nhiên, giải pháp được đề xuất chỉ áp dụng trong trường hợp khi người sử dụng trong một khu vực nhất định quan tâm đến nội dung tương tự. Ngoài ra, nó không xem xét một chính sách phân phối ( ví dụ, người nhận được bao nhiêu và một phần của nội dung ) dẫn đến sự thiếu công bằng về sự đóng góp của mỗi người sử dụng một liên minh.

Xem xét chính sách phân phối dữ liệu mà quyết định khi nào và bao nhiêu phần của băng thông có sẵn được chia sẻ giữa người sử dụng từ các mạng ( ví dụ, WiFi và WiMAX ).

Nó thu thập hồ sơ người dùng ( ví dụ, gọi hồ sơ, hồ sơ cá nhân cường độ tín hiệu, và sức mạnh hồ sơ cá nhân ) theo định kỳ và tạo ra các bảng quyết định bằng cách sử dụng thuật toán Process Quyết định Markov ( MDP ).

Dựa trên các bảng, người dùng quyết định có hay không để giúp những người dùng khác tải về một số nội dung mà họ không thể nhận được tự do băng thông giới hạn, và làm thế nào cần giúp đỡ ( ví dụ, 10 % các nội dung). Các tác giả xây dựng một kiến trúc, được đặt tên RACE ( Tài nguyên - Aware Thực hiện hợp tác )

các đám mây để mất lợi thế của máy tính nguồn lực cho việc duy trì các hồ sơ người dùng . Cách tiếp cận này là thích hợp cho người dùng chia sẻ các giới hạn băng thông, cân bằng sự thỏa hiệp giữa các lợi ích của sự hỗ trợ và chi phí năng lượng.

## 2. Tính sẵn sàng:

Dịch vụ sẵn có trở thành những vấn đề quan trọng trong MCC hơn trong các điện toán đám mây với mạng có dây. Người dùng di động có thể không thể kết nối với các đám mây để có được dịch vụ do tắc nghẽn giao thông , mất mạng , và bị tắc tín hiệu .

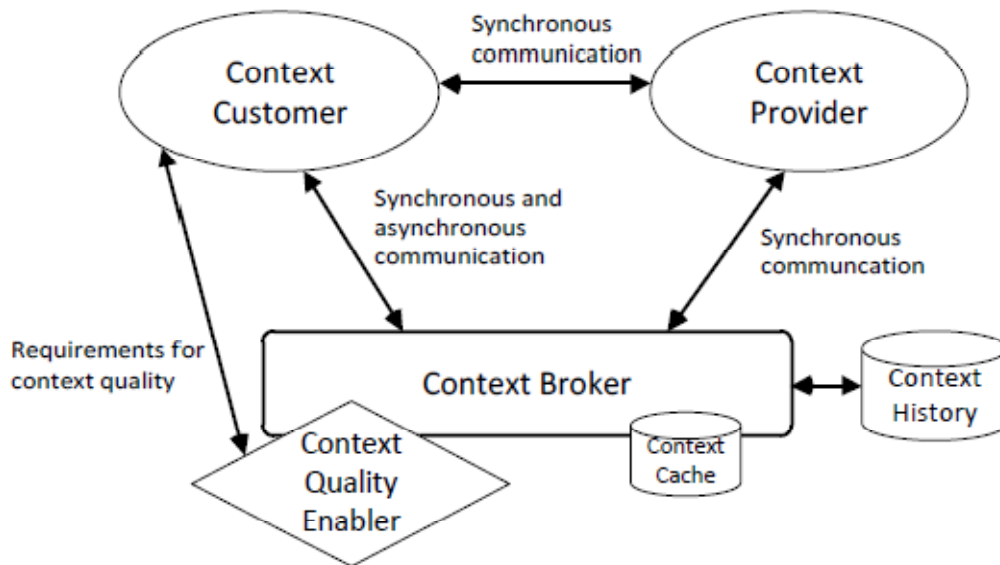
Đề xuất các giải pháp để giúp người dùng di động trong trường hợp ngắt kết nối từ các đám mây, các tác giả mô tả một cơ chế phát hiện để tìm các nút trong vùng lân cận của một người sử dụng có liên kết đến điện toán đám mây là không có giá trị. Sau khi phát hiện các nút gần đó là trong một chế độ ổn định , các nhà cung cấp mục tiêu cho các ứng dụng được thay đổi. Bằng cách này , thay vì có một liên kết trực tiếp đến các đám mây , người dùng điện thoại di động có thể kết nối với các đám mây thông qua các nút lân cận một cách đặc biệt . Tuy nhiên , nó không xem xét đến tính linh động, khả năng của các thiết bị , và bảo mật của các nút lân cận.

Bên cạnh đó , nhóm tác giả cũng xem xét vấn đề bảo mật dành cho điện thoại di động khách hàng khi họ chia sẻ thông tin bằng cách sử dụng thông tin tài khoản ( để xác thực và mã hóa nội dung tin ) , người bạn quan trọng ( để đảm bảo kênh giữa hai người bạn ) , và nội dung quan trọng ( để bảo mật điều khiển truy cập ) . 2 ứng dụng được giới thiệu, tức là , WiFace và WiMarket là hai đồng vị trí mạng xã hội . Phương pháp này tiếp cận hiệu quả hơn nhiều so với các hệ thống mạng xã hội hiện nay , đặc biệt là trong ase sự kiện ngắt kết nối .

## 3. Tính không đồng nhất:

MCC sẽ được sử dụng trong các mạng không đồng nhất. Các nút di động khác nhau truy cập đến các đám mây thông qua các công nghệ truy cập vô tuyến khác nhau như WCDMA , GPRS , WiMAX, CDMA2000 , và WLAN . Kết quả là, một vấn đề làm thế nào để xử lý kết nối không dây trong khi đáp ứng yêu cầu của MCC phát sinh (ví dụ, luôn luôn giữ kết nối, theo yêu cầu khả năng mở rộng kết nối không dây, và sự hiệu quả về năng lượng của thiết bị di động).

Đề xuất một kiến trúc để cung cấp một chiến lược truy cập mạng thông minh cho người sử dụng điện thoại di động đáp ứng các yêu cầu ứng dụng. Kiến trúc này được xây dựng dựa trên một khái niệm về Intelligent Radio Network Access (IRNA). IRNA là một mô hình hiệu quả để đối phó với sự biến đổi động và tính không đồng nhất của khả năng truy xuất mạng. Để áp dụng IRNA trong môi trường MCC, các tác giả đề xuất một ngữ cảnh quản lý kiến trúc (CMA) với mục đích để có giành được, quản lý, và phân phối một thông tin ngữ cảnh. Như hình.3, kiến trúc này bao gồm ba thành phần chính: ngữ cảnh nhà cung cấp, ngữ cảnh môi giới, và ngữ cảnh người tiêu dùng. Tuy nhiên, ngữ cảnh tạo ra chất lượng cũng được yêu cầu để tạo điều kiện thuận lợi cho hoạt động của các thành phần khác. Trong kiến trúc này, khi một người tiêu dùng muốn giao tiếp với một nhà cung cấp, người tiêu dùng sẽ yêu cầu URI (Uniform Resource Identifier) của nhà cung cấp ở các nhà môi giới. Sử dụng URI này, người tiêu dùng có thể giao tiếp trực tiếp với nhà cung cấp và yêu cầu các dữ liệu. Do đó, quá trình này làm tăng tốc độ phân phối dữ liệu.



Hình 3. Giới thiệu kiến trúc quản lý ngữ cảnh

## **B. Các vấn đề ở phía tính toán.**

### **1. Giảm tải tính toán:**

Như đã giải thích trong phần trước, giảm tải là một trong những tính năng chính của MCC để cải thiện tuổi thọ pin cho các thiết bị di động và để tăng hiệu suất của các ứng dụng. Tuy nhiên, có nhiều vấn đề liên quan bao gồm giảm tải hiệu quả và linh động dưới môi trường thay đổi.

a. Giảm tải trong môi trường tĩnh: Các thí nghiệm cho thấy giảm tải không phải luôn là cách hiệu quả để tiết kiệm năng lượng. Đối với một trình biên dịch mã, giảm tải có thể tiêu thụ nhiều năng lượng hơn sử lý địa phương khi kích thước của những đoạn mã là nhỏ. Ví dụ, khi kích thước của những đoạn mã thay đổi sau khi biên dịch là 500KB, giảm tải tiêu thụ khoảng 5% pin của thiết bị để giao tiếp nội bộ, trong khi sử lý địa phương tiêu thụ khoảng 10% pin cho việc tính toán của mình. Trong trường hợp này, giảm tải có thể tiết kiệm pin lên đến 50%. Tuy nhiên, khi kích thước của mã thay đổi thành 250KB, hiệu quả giảm xuống còn 30%. Khi kích thước của mã thay đổi nhỏ, giảm tải tiêu thụ pin nhiều hơn so với sử lý địa phương. Về hiệu quả năng lượng, chi phí giảm tải cao hơn cho các ma trận nhỏ (ví dụ, kích thước nhỏ hơn 500x500) trong khi chi phí có thể tiết kiệm được lên đến 45% cho các ma trận lớn.

Vì vậy, điều này là một vấn đề quan trọng cho các thiết bị di động để xác định xem có nên giảm tải và phần mã nào của ứng dụng cần được giảm tải. Ngoài ra, công nghệ truy cập không dây khác nhau tiêu thụ số lượng năng lượng khác nhau và hỗ trợ tốc độ truyền tải dữ liệu khác nhau. Những yếu tố này phải được đưa vào tài khoản.

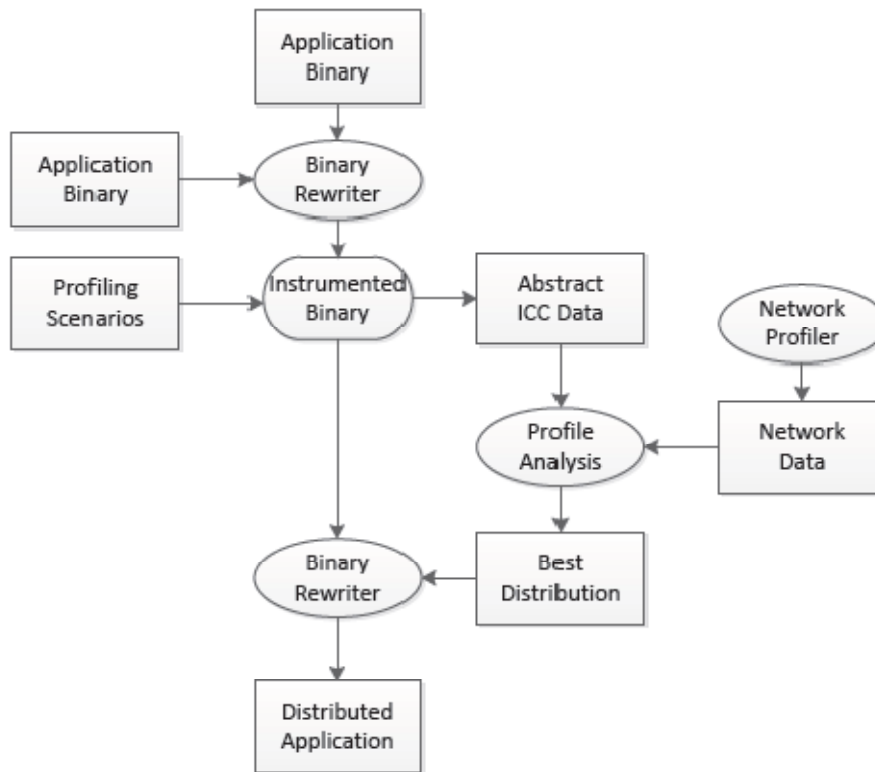
Các tác giả đề xuất một chương trình phân vùng dựa trên các ước tính tiêu thụ năng lượng (năng lượng truyền thông và năng lượng tính toán) trước khi thực hiện chương trình. Chương trình tối ưu phân vùng cho giảm tải được tính toán dựa trên sự cân bằng giữa chi phí kết nối và tính toán. Chi phí kết nối phụ thuộc vào kích thước của dữ liệu truyền và băng thông mạng, trong khi chi phí tính toán bị ảnh hưởng bởi thời gian tính toán. Tuy nhiên, thông tin như các yêu cầu kết nối và / hoặc khối lượng công việc tính toán có thể thay đổi trong các trường hợp thực hiện khác nhau. Do đó, quyết định tối ưu của một phân vùng chương trình phải được tính toán động tại thời gian chạy.

Một số giải pháp được đề xuất để tìm ra quyết định tối ưu cho các ứng dụng phân vùng trước khi giảm tải. Các tác giả trình bày một mô hình phân vùng để giảm tải công việc tính toán trên các thiết bị di động. Mô hình được dựa trên các thông tin hồ sơ về thời gian tính toán và chia sẻ dữ liệu ở cấp độ các cuộc gọi. Chương trình này xây một đồ thị chi phí. Sau đó áp dụng giải thuật nhánh và cận (branch-and-bound algorithm) cho đồ thị chi với một mục tiêu giảm thiểu tiêu thụ năng lượng tính toán và tổng chi phí truyền dữ liệu. Ý tưởng của thuật toán này là cắt tĩa bớt không tìm kiếm để có 1 lời giải xấp xỉ. Tuy nhiên, các tác giả không cho ra được các kết quả thí nghiệm trong một môi trường thay đổi động như ngắt kết nối mạng và thay đổi băng (băng thông thấp).

Các tác giả trình bày một cách tiếp cận để quyết định các thành phần của các chương trình Java nên được giảm tải. Cách tiếp cận này lần đầu tiên phân chia một chương trình Java thành các phương thức và sử dụng các thông số đầu vào (ví dụ kích thước của phương thức) để tính toán chi phí thực hiện cho các phương thức này. Sau đó, phương pháp này so sánh chi phí thực hiện của từng phương pháp địa phương với chi phí thực hiện từ xa được ước tính dựa trên trạng thái hiện tại của các điều kiện kênh truyền không dây để tạo ra các quyết định thực thi tối ưu.

Các tác giả trình bày một hệ thống tự động phân vùng phân phối (ADPS) gọi là Coign, mà tự động chuyển đổi một chương trình vào các ứng dụng phân phối mà không cần truy cập vào mã nguồn. Như hình.4, Coign xây dựng một mô hình đồ thị thông tin liên lạc giữa các thành phần của ứng dụng thông qua các hồ sơ dựa trên kịch bản (ví dụ dữ liệu mạng) để tìm phân phối tốt nhất.





Hình 4 - ADPS Coign: Một ứng dụng được chuyển đổi thành một ứng dụng được phân phối bằng cách chèn thời gian chạy Coign

Hầu hết các phương pháp tiếp cận ở trên sử dụng kích thước dữ liệu và thời gian thực hiện tính toán để tìm phân vùng chương trình tối ưu để giảm tải và giả định rằng các thông tin được biết đến trước khi thực hiện. Tuy nhiên, rất khó để có được thời gian thực hiện chính xác của tính toán vì có sự khác nhau về thời gian trong các lần tính toán, và kết quả thông tin không chính xác trong việc thực hiện giảm tải không hiệu quả. Do đó các tác giả đã có đề xuất một phương pháp giảm tải mà không yêu cầu ước lượng về thời gian thực hiện cho từng trường hợp tính toán. Thống kê trực tuyến của thời gian tính toán được sử dụng để tính toán thời gian chờ tối ưu và nếu tính toán không được hoàn thành sau thời gian chờ, tính toán này sẽ được chuyển tới máy chủ. Thông qua thí nghiệm, nó chỉ ra rằng phương pháp này không chỉ giải quyết sự thiếu chính xác trong việc ước tính thời gian thực hiện tính toán mà còn tiết kiệm năng lượng nhiều hơn 17% so với phương pháp tiếp cận hiện có.

b. Giảm tải trong môi trường động

Phần này giới thiệu một vài phương pháp tiếp cận để đối phó với giảm tải trong một môi trường mạng động (ví dụ như thay đổi trạng thái kết nối và băng thông). Những thay đổi môi trường có thể gây ra thêm nhiều vấn đề khác. Ví dụ, việc truyền dữ liệu không thể đạt đến đích, hoặc các dữ liệu được thực hiện trên máy chủ sẽ bị mất khi nó đã được trả lại cho người gửi.

Phân tích hiệu suất của hệ thống giảm tải hoạt động trong môi trường không dây. Trong công việc này, các tác giả đưa vào ba trường hợp thực hiện một ứng dụng, qua đó ước tính hiệu quả của giảm tải. Đó là những trường hợp khi ứng dụng được thực hiện tại địa phương (mà không giảm tải), ứng dụng được thực hiện trong hệ thống giảm tải lý tưởng (không có thất bại), và ứng dụng được thực hiện với sự giảm tải và quá trình khôi phục lại thất bại. Trong trường hợp cuối cùng, khi thất bại xảy ra, ứng dụng sẽ giảm tải trở lại. Cách tiếp cận này chỉ giảm tải lại cho các tác vụ con bị thất bại, qua đó cải thiện thời gian thực hiện. Tuy nhiên, giải pháp này có một số hạn chế. Đó là, môi trường di động được xem như là một mạng không dây (tức là không được hỗ trợ kết nối băng thông rộng). Ngoài ra, trong quá trình thực hiện giảm tải, ngắt kết nối của một thiết bị di động được coi là một thất bại.

Xem xét thay đổi phổ biến về môi trường thể hiện trong Bảng III và giải thích các giải pháp phù hợp để giảm tải trong các môi trường khác nhau. Ví dụ, trong trường hợp tình trạng kết nối (ví dụ ngắt kết nối trong quá trình thực hiện chương trình) thay đổi, máy chủ sẽ định kỳ kiểm tra tình trạng kết nối với khách hàng và duy trì thông tin của những tác vụ đặc biệt đang hoạt động. Khi ngắt kết nối được giải quyết, máy chủ sẽ gửi kết quả thực hiện cho khách hàng. Nếu máy chủ không thể kết nối trở lại với khách hàng, máy chủ sẽ đợi trong khoảng thời gian được xác định trước và các tác vụ sẽ bị xóa. Tuy nhiên, hạn chế của những phương pháp tiếp cận là chúng chỉ là giải pháp chung và họ không đề cập đến một phương pháp chi tiết để giải quyết vấn đề phân vùng động, tức là làm thế nào để phân vùng ứng dụng.

TABLE III  
COMMON MOBILE COMPUTING ENVIRONMENTAL CHANGES.

Changes	Priority level	Description
Client side power level	1	Power can be divided into sufficient and insufficient power levels, which will depend on the particular situation.
Connection status	2	The connection status can be faded, disconnected from the mobile network, or re-connected to the mobile network
Bandwidth	3	The bandwidth varies from time to time, and depends on several factors, such as the network traffic condition, etc.

## 2. Bảo mật

Bảo vệ sự riêng tư cho người sử dụng và dữ liệu / ứng dụng khỏi những kẻ tấn công là một chìa khóa để thiết lập và duy trì lòng tin của người tiêu dùng trong nền tảng điện thoại di động, đặc biệt là ở MCC. Trong phần sau đây, các vấn đề liên quan đến bảo mật trong MCC được giới thiệu trong hai loại: bảo mật cho người sử dụng điện thoại di động và bảo mật cho dữ liệu. Ngoài ra, xem xét một số giải pháp để giải quyết những vấn đề này.

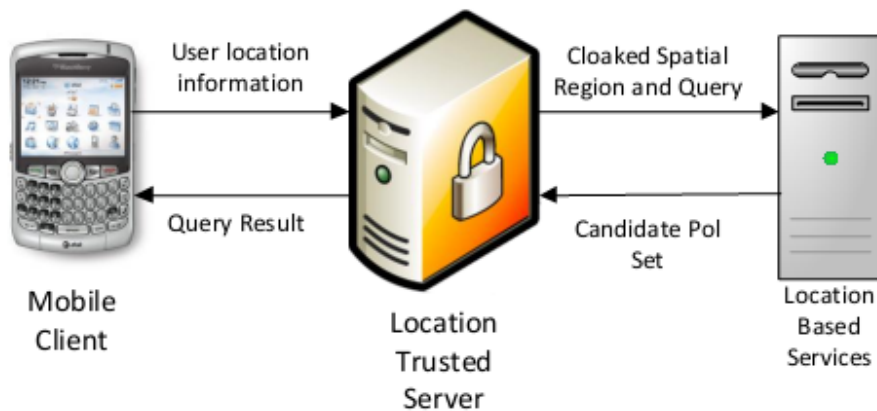
### a. Bảo mật cho người sử dụng di động

Các thiết bị di động như điện thoại di động, PDA, và điện thoại thông minh được tiếp xúc với nhiều mối đe dọa bảo mật như mã độc hại (ví dụ như virus, Trojan). Ngoài ra, điện thoại di động tích hợp hệ thống định vị toàn cầu (GPS) có thể gây ra các vấn đề riêng tư cho các thuê bao. Hai vấn đề chính như sau:

Bảo mật cho ứng dụng di động: Cài đặt và chạy phần mềm bảo mật như Kaspersky, McAfee và AVG là những chương trình chống virus trên các thiết bị di động đó là những cách đơn giản để phát hiện các mối đe dọa an ninh (ví dụ như virus, các mã độc hại) trên các thiết bị.

Tính riêng tư: Với những lợi thế của các thiết bị định vị GPS, số lượng người sử dụng điện thoại di động bằng cách sử dụng dịch vụ dựa trên địa điểm Location based services (LBS) tăng. Tuy nhiên, LBS phải đối mặt với một vấn đề riêng tư khi người sử dụng điện thoại di động cung cấp thông tin cá nhân như vị trí hiện tại của họ. Vấn đề này trở nên tồi tệ hơn nếu đối thủ biết thông tin quan trọng của

người sử dụng. Vị trí máy chủ đáng tin cậy (LTS) được trình bày để giải quyết vấn đề này. Như hình.5, sau khi nhận được yêu cầu từ người sử dụng di động, LTS tập hợp thông tin vị trí của họ trong một khu vực nhất định và che giấu các thông tin này gọi là "khu vực được che giấu" để che giấu thông tin của người sử dụng. "khu vực che giấu" được gửi đến LBS, vì vậy LBS chỉ biết thông tin chung về người sử dụng nhưng không thể xác định chúng.



Hình 5. Kiến trúc tổng thể của không gian che giấu

b. Bảo mật data trên Clouds

Mặc dù cả người sử dụng điện thoại di động và các nhà phát triển ứng dụng hưởng lợi từ việc lưu trữ một số lượng lớn dữ liệu / ứng dụng trên một đám mây, họ nên cẩn thận đối phó với các dữ liệu / ứng dụng về tính toàn vẹn, chứng thực của họ, và chữ ký điện tử.

3. Nâng cao hiệu quả truy cập dữ liệu:

Với một số lượng ngày càng tăng của các dịch vụ đám mây, nhu cầu truy cập vào tài nguyên dữ liệu (ví dụ hình ảnh, tập tin, và các văn bản) tăng lên. Kết quả là, một phương pháp để đối phó với nghĩa là, lưu trữ, quản lý, và truy cập tài nguyên dữ liệu trên đám mây sẽ trở thành một thách thức đáng kể. Tuy nhiên, xử lý các nguồn tài nguyên dữ liệu trên đám mây không phải là một vấn đề dễ dàng do băng thông thấp, di động, và giới hạn của khả năng nguồn tài nguyên của thiết bị di động.

#### 4. Nhận biết ngữ cảnh các dịch vụ mobile cloud

Điều quan trọng là các nhà cung cấp dịch vụ để đáp ứng sự hài lòng của người sử dụng điện thoại di động bằng cách theo dõi sở thích của họ và cung cấp các dịch vụ phù hợp với mỗi người sử dụng. Rất nhiều công việc nghiên cứu cố gắng sử dụng các bối cảnh địa phương (ví dụ, các kiểu dữ liệu, trạng thái mạng, thiết bị môi trường, và sở thích của người sử dụng) để cải thiện chất lượng dịch vụ (QoS)

## V. CÁC VẤN ĐỀ MỞ VÀ CÁC HƯỚNG NGHIÊN CỨU TRONG TƯƠNG LAI

Một số công trình nghiên cứu đóng góp vào sự phát triển của MCC nhằm giải quyết các vấn đề như trình bày trong phần trước đây. Tuy nhiên, vẫn còn một số vấn đề cần được giải quyết. Phần này trình bày một số vấn đề và hướng nghiên cứu có thể có trong sự phát triển của MCC.

### A. Băng thông thấp (Low Bandwidth)

Mặc dù nhiều nhà nghiên cứu đề xuất các cách tối ưu và hiệu quả phân bổ băng thông, băng thông hạn chế vẫn còn là một mối quan tâm lớn bởi vì số lượng người sử dụng di động và điện toán đám mây đã tăng lên đáng kể.

Chúng tôi xem xét rằng mạng 4G và Femtocell đang nổi lên như là công nghệ hứa hẹn khắc phục hạn chế và mang lại một cuộc cách mạng trong việc cải thiện băng thông.

- 1) *Mạng 4G* : mạng 4G là một công nghệ đáng kể làm tăng khả năng băng thông cho các thuê bao. Mạng 4G có khả năng cung cấp lên đến 100 Mbit/s (cho LTE nâng cao) và 128 Mbit/s (cho "WirelessMAN-Advanced") cho người sử dụng di động, trong khi mạng 3G hiện nay hỗ trợ tối đa 14,4 Mbit / s. Hơn nữa, mạng 4G cũng hứa hẹn những lợi thế khác như mở rộng vùng phủ sóng di động, dịch vụ đa dạng, vv [109]. Tuy nhiên, mạng lưới không dây 4G vẫn còn tồn tại một số vấn đề liên quan đến kiến trúc mạng, giao thức truy cập, hoặc chất lượng dịch vụ [110].
- 2) *Femtocell*: Femtocell [111] là một trạm gốc di động (small cellular base station), sử dụng trong một khu vực nhỏ. HSL [112] phát triển một dịch vụ kết hợp Femtocell và điện toán đám mây để cung cấp một mạng lưới kinh tế cao, khả năng mở rộng và an toàn cho các nhà khai thác di động. Điều này cho phép các nguồn lực được sử dụng trong việc cung cấp dịch vụ di động qua mạng Femtocell để mở rộng hoặc hợp đồng theo nhu cầu người sử dụng cho các dịch vụ tăng hoặc giảm. Tài nguyên bổ sung được tự động thêm vào khi cần thiết để đáp ứng nhu cầu. Tài nguyên dư thừa tự động loại bỏ. Kết quả là một mạng lưới Femtocell kinh tế cao với chỉ có đủ nguồn lực

được sử dụng tại bất kỳ điểm nào, mà không ảnh hưởng đến khả năng ngay lập tức mở rộng để đáp ứng nhu cầu. Trong mô hình này, các femtocell nằm trong nhà và văn phòng của người sử dụng, kết nối thông qua Internet để các đám mây để được truy cập nhà điều hành mạng của họ. Nhà khai thác di động kết nối với điện toán đám mây thông qua các tiêu chuẩn A và Gb giao diện liên kết, cho phép thuê bao của họ được truy cập vào mạng của họ khi sử dụng một Femtocell kết nối với đám mây. Tuy nhiên, [112] chỉ cho thấy rằng Femtocell là thực tế hữu ích khi được sử dụng với những đám mây.

## **B. Quản lý truy cập mạng (Network Access Management)**

Việc quản lý truy cập hiệu quả không chỉ cải thiện hiệu suất liên kết cho người sử dụng di động mà còn tối ưu hóa băng thông sử dụng. Cognitive radio có thể được dự kiến như một giải pháp để tạo ra các quản lý truy cập mạng không dây trong môi trường thông tin di động [113]. Cognitive radio làm tăng hiệu quả việc sử dụng phổ đáng kể, bằng cách cho phép người sử dụng không có giấy phép (unlicensed users) truy cập phổ tần được phân bổ cho người sử dụng được phép. Khi kỹ thuật này được tích hợp vào MCC, quang phổ có thể được sử dụng hiệu quả, sự khan hiếm phổ tần có thể được giải quyết và do đó hàng triệu đô la cho các nhà cung cấp mạng có thể được tiết kiệm [114]. Tuy nhiên, Cognitive radio được định nghĩa là công nghệ truyền thông không dây, trong đó mỗi nút giao tiếp thông qua một hệ thống không dây tối ưu (optimal wireless system) dựa trên sự nhận biết sóng vô tuyến trong môi trường thông tin liên lạc không dây không đồng nhất. Vì vậy, người sử dụng di động trong MCC phải có khả năng phát hiện nguồn tài nguyên vô tuyến (thông qua cảm biến quang phổ - spectrum sensing) trong khi đảm bảo rằng các dịch vụ truyền thống sẽ không bị can thiệp.

## **C. Chất lượng dịch vụ**

Trong MCC, người dùng di động cần phải truy cập vào máy chủ đặt trong một đám mây khi yêu cầu dịch vụ và các nguồn lực trong các đám mây. Tuy nhiên, người sử dụng di động có thể phải đối mặt với một số vấn đề như tắc nghẽn do hạn chế của băng thông không dây, ngắt kết nối mạng, và sự suy giảm tín hiệu gây ra bởi điện thoại di động của người sử dụng di động. Chúng gây ra sự chậm trễ khi người dùng muốn giao tiếp với đám mây, do

đó, chất lượng dịch vụ bị giảm đáng kể. Hai hướng nghiên cứu mới là CloneCloud và Cloudlets được dự kiến sẽ giảm sự chậm trễ này.

1) *CloneCloud*: CloneCloud mang sức mạnh của điện toán đám mây điện vào điện thoại thông minh của bạn [115]. CloneCloud sử dụng các máy tính gần đó hoặc các trung tâm dữ liệu để tăng tốc độ chạy các ứng dụng điện thoại thông minh. Ý tưởng là để sao lưu toàn bộ các dữ liệu và các ứng dụng từ điện thoại thông minh vào các đám mây và để chọn lọc thực hiện một số hoạt động trên các bản sao đó, tích hợp lại các kết quả trở lại vào điện thoại thông minh. Ta có thể có nhiều bản sao cho cùng một điện thoại thông minh, và các bản sao “giả vờ” là điện thoại thông minh mạnh mẽ hơn. Một hạn chế liên quan đến CloneCloud là không ảo hóa truy cập vào các nguồn tài nguyên gốc (native) chưa ảo hóa và đang không có sẵn trên clone.

2) *Cloudlets*: một cloudlet là máy tính đáng tin cậy và phong phú tài nguyên hoặc cụm các máy tính kết nối tốt với Internet và sử dụng bởi các thiết bị di động gần đó. Vì vậy, khi thiết bị di động không muốn chuyển tải cho các đám mây (có thể do trễ thời gian, chi phí, vv), họ có thể tìm thấy một cloudlet gần đó. Theo cách này, người sử dụng di động có thể đáp ứng nhu cầu cho các tác vụ tương tác thời gian thực bởi độ trễ thấp, one-hop, băng thông truy cập không dây cao vào cloudlet. Nếu cloudlet không có sẵn ở gần đó, các thiết bị di động có thể tham khảo chế độ mặc định và sẽ gửi yêu cầu đến một đám mây xa, hoặc trong trường hợp tồi tệ hơn, chỉ dựa vào duy nhất nguồn lực của mình. [116] xây dựng một kiến trúc thông qua khai thác công nghệ máy ảo để nhanh chóng khởi tạo phần mềm tùy chỉnh dịch vụ trên một cloudlet gần đó và sau đó sử dụng dịch vụ đó trên mạng LAN không dây. Công nghệ này có thể giúp người sử dụng di động vượt qua những giới hạn của điện toán đám mây như độ trễ WAN và băng thông thấp. Tuy nhiên, có một số cân nhắc cần phải được giải quyết trước khi ý tưởng này có thể được áp dụng rộng rãi trong hệ thống thực tế. Ví dụ, làm thế nào để phân phối chế biến, lưu trữ, và kết nối mạng năng lực cho mỗi cloudlet? Làm thế nào để quản lý chính sách cho các nhà cung cấp cloudlet để tối đa hóa trải nghiệm người dùng trong khi vẫn giảm thiểu chi phí? Ngoài ra, sự tin tưởng và an ninh cho cloudlet và những vấn đề khác trong việc thực hiện ý tưởng này vì đối thủ có thể tạo ra một cloudlet giả để ăn cắp thông tin của người sử dụng.



## D. Giá cả

Sử dụng dịch vụ trong MCC liên quan đến với cả nhà cung cấp dịch vụ di động (MSP) và nhà cung cấp dịch vụ điện toán đám mây (CSP). Tuy nhiên, MSP và CSP có dịch vụ quản lý khác nhau, quản lý khách hàng, các phương pháp thanh toán và giá cả. Vì vậy, điều này sẽ dẫn đến nhiều vấn đề, tức là, làm thế nào để thiết lập giá, làm thế nào giá sẽ được chia giữa các thực thể khác nhau, và làm thế nào các khách hàng trả tiền. Ví dụ, khi một người sử dụng điện thoại di động chạy ứng dụng chơi game di động trên đám mây, điều này liên quan đến việc cung cấp dịch vụ trò chơi (cung cấp một trò chơi có bản quyền), nhà cung cấp dịch vụ di động (truy cập vào dữ liệu thông qua các trạm cơ sở), và nhà cung cấp dịch vụ điện toán đám mây (chạy công cụ trò chơi trên trung tâm dữ liệu). Giá thanh toán của người chơi trò chơi được chia cho ba thực thể như vậy mà tất cả đều hài lòng. Rõ ràng là mô hình kinh doanh bao gồm cả giá cả và chia sẻ doanh thu phải được tính toán cẩn thận khi phát triển cho MCC.

## E. Giao diện chuẩn

Khả năng cộng tác (interoperability) trở thành một vấn đề quan trọng khi người dùng di động cần phải tương tác và giao tiếp với các đám mây. Các giao diện giữa người sử dụng di động và điện toán đám mây hiện nay chủ yếu dựa trên các giao diện web.

Tuy nhiên, sử dụng giao diện web có thể không là lựa chọn tốt nhất. Đầu tiên, giao diện web không được thiết kế đặc biệt cho các thiết bị di động. Do đó, giao diện web có thể có chi phí nhiều hơn. Ngoài ra, tính tương thích giữa các thiết bị cho giao diện web có thể là một vấn đề. Trong trường hợp này, các giao thức tiêu chuẩn (standard protocol), tin hiệu, và giao diện cho tương tác giữa người sử dụng di động và điện toán đám mây sẽ được yêu cầu để đảm bảo các dịch vụ liên mạch. Trong tương lai, HTML5 sẽ là một kỹ thuật đầy hứa hẹn để giải quyết vấn đề này. WebSockets HTML5 cung cấp một giao diện. Tuy nhiên, một đánh giá hiệu năng mở rộng và nghiên cứu khả thi phải được thực hiện để đảm bảo rằng nó sẽ làm việc trong MCC hiệu quả.

## F. Hội tụ dịch vụ

Sự phát triển và cạnh tranh của các nhà cung cấp dịch vụ điện toán đám mây có thể dẫn đến một thực tế rằng trong tương lai gần các dịch vụ này sẽ được phân biệt theo các loại, tính sẵn có, chi phí và chất lượng. Hơn nữa, trong một số trường hợp,

một đám mây duy nhất là không đủ để đáp ứng nhu cầu của người sử dụng di động. Vì vậy, đề án mới là cần thiết, trong đó người sử dụng điện thoại di động có thể sử dụng nhiều điện toán đám mây theo một cách thống nhất. Trong trường hợp này, đề án sẽ có thể tự động phát hiện và soạn thảo các dịch vụ cho người sử dụng. Một trong những giải pháp tiềm năng cho vấn đề này là điện toán bầu trời (sky computing), mà sẽ là bước tiếp theo của điện toán đám mây. Điện toán bầu trời là một mô hình tính toán nguồn lực từ nhiều nhà cung cấp dịch vụ đám mây được thừa hưởng để tạo ra một quy mô lớn phân phối cơ sở hạ tầng [117]. Tương tự như vậy, điện toán bầu trời di động, sẽ cho phép các nhà cung cấp có thể hỗ trợ thông tin liên lạc xuyên mây (cross-cloud communication) qua điện toán đám mây và cho phép người dùng thực hiện các dịch vụ và các ứng dụng di động. Tuy nhiên, để cung cấp một dịch vụ cho người sử dụng di động trong một cách thống nhất, tích hợp dịch vụ (tức là, sự hội tụ) sẽ cần phải được khám phá.

## **VI. KẾT LUẬN**

Điện toán đám mây di động là một trong những xu hướng công nghệ di động trong tương lai vì nó kết hợp lợi thế của điện toán di động và điện toán đám mây, do đó cung cấp các dịch vụ tối ưu dành cho người sử dụng di động. Theo một nghiên cứu gần đây của ABI Research, một công ty trụ sở tại New York, hơn 240 triệu doanh nghiệp sẽ sử dụng các dịch vụ đám mây thông qua thiết bị di động vào năm 2015. Đó là lực kéo sẽ đẩy doanh thu điện toán đám mây di động đạt 5,2 tỷ USD. Với tầm quan trọng đó, bài viết này đã cung cấp một cái nhìn tổng quan về điện toán đám mây di động, trong đó định nghĩa, kiến trúc, và lợi thế đã được trình bày.

Các ứng dụng được hỗ trợ bởi điện toán đám mây di động bao gồm thương mại di động, học tập di động, và chăm sóc sức khỏe di động đã được thảo luận rõ ràng đã cho thấy khả năng ứng dụng của điện toán đám mây di động vào một loạt các dịch vụ di động. Sau đó, các vấn đề và phương pháp tiếp cận liên quan đến điện toán đám mây di động (tức là, từ phía truyền thông và máy tính) đã được thảo luận. Cuối cùng, các hướng nghiên cứu tương lai cũng đã được phác thảo.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Hoang T. Dinh, Chonho Lee, Dusit Niyato, and Ping Wang. *A Survey of Mobile Cloud Computing: Architecture, Applications, and Approaches*. Accepted in *Wireless Communications and Mobile Computing – Wiley*.

[2] <http://www.mobilecloudcomputingforum.com/>

[3] White Paper, “Mobile Cloud Computing Solution Brief,” AEPCONA, November 2010.