

## 모바일 클라우드 환경에서 퍼지 모델을 이용한 자원 프로비저닝

김희재, 윤찬현,  
한국과학기술원 전기및전자공학과  
e-mail : kim881019@kaist.ac.kr

# Resource Provisioning based on Fuzzy Model in Mobile Cloud Environment

Heejae Kim, Chan-Hyun Youn  
Dept. of Electrical Engineering, KAIST

### 요 약

모바일 클라우드란 클라우드 컴퓨팅을 모바일 기기의 영역까지 확장시킨 것으로 모바일 기기의 특수성을 고려하여 클라우드 서비스를 제공하는 서비스를 말한다. 모바일 기기의 특수성에는 하드웨어 제한, 이동성, 모바일 환경에 최적화된 응용 등이 있고, 본 연구에서는 모바일 기기의 특수성을 반영하기 위해서 기기와 클라우드를 중계하는 브로커와 그 브로커에서의 퍼지 모델을 이용한 자원 프로비저닝 방법을 다룬다.

### 1. 서론

클라우드 컴퓨팅이란 로컬에서 이용하는 소프트웨어, 플랫폼, 인프라 등을 인터넷 상의 서버에 저장하여 이용하는 기술이다. 클라우드 컴퓨팅은 비용 절감, 에너지 절약 등 많은 장점들로 인하여 국가 기관, 회사 등에서 많이 사용하고 있다.

최근 클라우드 컴퓨팅은 모바일 기기의 영역까지 확장하여 모바일 기기에서 사용하는 서비스를 클라우드 환경에서 이용하는 기술이 연구되고 있고, 이 기술을 일컬어 모바일 클라우드라고 한다.

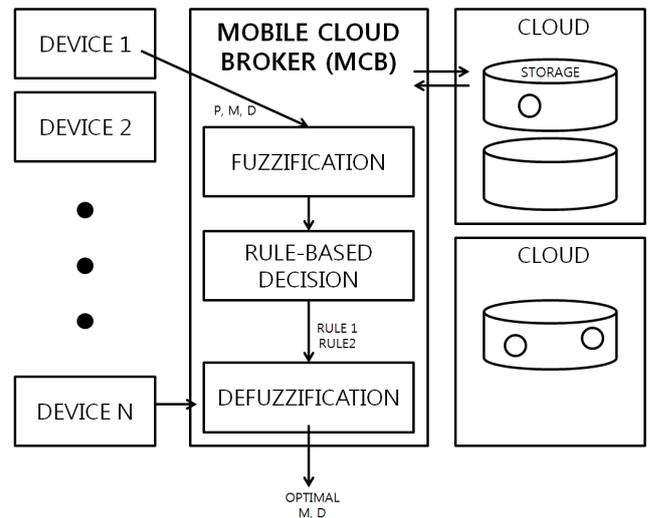
모바일 클라우드는 모바일 기기가 갖고 있는 여러 한계 또는 특수성을 고려하여 설계되어야 하는데 여기서 모바일 기기의 특수성에는 하드웨어 제한, 이동성, 모바일 환경에 최적화된 응용 등이 있다.

따라서 본 연구는 하드웨어 제한, 이동성, 모바일 환경에 최적화된 응용 등의 특수성을 고려한 모바일 클라우드 환경에서의 효과적인 자원 프로비저닝을 제안한다. 본 연구에서는 자원 프로비저닝 방법으로 퍼지 모델링을 제안하는데 퍼지 모델은 Crisp Set 과 달리 Continuous-like 의 집합을 여러 단계로 나눠 처리하여 Dynamic 환경에 잘 적응할 수 있는 모델이기 때문에 예측의 정확도를 향상시킬 수 있다. 따라서 본 논문은 위의 모바일 기기의 특수성을 고려하기 위한 방법으로 모바일 클라우드 브로커(Mobile Cloud Broker, MCB)를 제안하고 MCB 안에서의 퍼지 모델을 이용한 효과적인 자원 프로비저닝 방법을 다룬다.

### 2. 모바일 클라우드 브로커(Mobile Cloud Broker)

모바일 기기에서의 특수성을 고려하기 위해 본 연구

에서는 그림 1 과 같이 MCB 를 제안한다. MCB 는 모바일 기기와 클라우드 서버 사이에 존재하여 그 둘을 중재하는 역할을 한다. 하나의 MCB 는 여러 기기들을 함께 관리할 수 있고 MCB 안에서 그 기기들에 대한 자원 프로비저닝이 일어나게 된다.



(그림 1) 모바일 클라우드 브로커와 그 환경

여기서 MCB 는 모바일 기기의 특수성을 다음과 같이 처리한다.

- 이동성: 모바일 기기는 일반 컴퓨터와는 달리 이동성이 높다. 모바일 기기는 클라우드 서버와 지역적으로 멀고 모바일 기기의 개수는 엄청나므로 클라우드 서버에서 모바일 기기의 이동을 고려하기는 어렵다.

따라서 MCB 는 위치하고 있는 MCB 주변에 있는 모바일 기기 정보를 수집하여 관리하고 모바일 기기 정보는 일정 간격에 따라 MCB 에 수집하게 된다. 이러한 방법으로 MCB 는 모바일 기기의 이동을 확인할 수 있다.

- 모바일 환경에 최적화된 응용: 응용 중에서는 일반 컴퓨터에는 별로 사용되지 않지만 모바일 기기에서는 많이 쓰이는 것들이 있다. 따라서 MCB 는 모바일 기기에 특성화 되어있는 응용들의 실행들을 가상화, Cloning 등을 통해 제공해줄 수 있다.

- 하드웨어 제한: 하드웨어 제한은 모바일 기기가 복잡한 응용을 돌리기에 알맞은 하드웨어를 갖추고 있지 못함으로써 생기는 것으로 이 것은 응용을 모바일과 클라우드가 나눠서 실행함으로써 극복할 수 있다. 따라서 MCB 는 모바일 기기와 실행을 나눠서 하는 ‘작은 클라우드’의 역할을 수행할 수 있다.

### 3. 모바일 클라우드를 위한 자원 프로비저닝

MCB 는 특정 시간 간격에 따라서 지역 별로 모바일 기기 정보를 수집하고 관리하게 되는데 여기서 자원을 효과적으로 관리하기 위하여 본 논문에서는 퍼지 모델을 이용한 예측 프로비저닝을 제안한다.

#### 3.1 퍼지 모델

퍼지 로직은 0 과 1 로 표현되는 Boolean 로직과는 달리 Continuous 한 수치를 0 과 1 사이의 값으로 나눠 Membership function 으로 단계를 표현하여 0 과 1 로 구분 짓지 않고 그 사이의 여러 단계를 표현하는 개념이다. 이러한 퍼지 로직을 이용하여 퍼지 모델링은 입력값에 대해 IF-THEN Rule 등을 통한 Rule-Based Decision 을 거쳐 퍼지 간섭(Fuzzy Interference)을 이용하여 결과 값을 도출한다. 즉, 입력 값이 0 과 1 사이 여러 단계로 표현되는 퍼지화(Fuzzification)을 통하여 Membership function 으로 인코딩 되었을 때 이 값들은 Rule-Based Decision 을 거치면서 특정 값을 얻게 되고 이 값들은 역퍼지화(Defuzzification)을 통하여 디코딩되어 결과값이 도출된다.

#### 3.2 2 차원 퍼지 모델링을 이용한 자원 프로비저닝

본 논문에서 2 차원 퍼지 모델이라 함은 두 가지 종류의 수치를 하나의 Membership function 으로 나타내어 사용하는 퍼지 모델을 뜻한다. 본 논문에서는 퍼지 모델의 입력값으로 현재 성능, MCB 의 하드웨어 자원 사용량과 해당 모바일 기기의 하드웨어 자원 사용량을 고려하고 결과값은 MCB 하드웨어 자원 사용량과 해당 모바일 기기 하드웨어 자원 사용량을 고려한다. 여기서 하드웨어 자원 사용량은 CPU 사용량, 메모리 사용량, 배터리 정도 등을 전체적으로 나타내는 것으로 하드웨어 전체 사용량을 표시하는 척도로 쓰인다. MCB 는 현재 응용의 성능, 자신의 하드웨어 자원 사용량, 해당 모바일 기기의 하드웨어 자원 사

용량을 파악하고 퍼지 모델링 및 간섭을 통하여 MCB 에서 실행될 부분과 해당 모바일 기기에서 실행될 부분을 나누고 이에 따른 MCB 와 해당 모바일 기기의 최적 하드웨어 자원 사용량을 예측한다.

그림 2 는 MCB 의 하드웨어 자원 사용량, 해당 모바일 기기 하드웨어 자원 사용량 각각의 Membership function 이고, 그림 3 은 MCB 의 하드웨어 자원 사용량의 Membership function, 해당 모바일 기기 하드웨어 자원 사용량의 Membership function 을 카티전곱(Cartesian Product) 한 2 차원 Membership function 이다. 그림 2 의 해당 모바일 기기 하드웨어 자원 사용량의 Membership function 에서는 high, medium, low 상태가 균등히 나눠져 있지 않다. 이것은 하드웨어 자원 중에서도 배터리의 영향 때문이다. 배터리가 20% 정도 남았을 때부터는 응용을 실행하는데 상당한 방해가 되기 때문이다. 또한 배터리는 20% 정도로 떨어지기 전에는 응용을 실행하는데 별로 영향을 미치지 않으므로 배터리는 아주 적게 남았을 때를 제외하고는 하드웨어 자원 사용량에 별로 영향을 주지 않는다.

MCB 하드웨어 자원 사용량과 해당 모바일 기기의 하드웨어 자원 사용량의 2 차원 Membership Function 은 이 둘을 퍼지화 한 값이다. 따라서 이것은 Rule1, Rule2 에 따라서 퍼지 간섭을 이용하여 최적의 MCB 와 해당 모바일 기기에서의 하드웨어 자원 사용량을 예측하게 된다. 여기서 퍼지 모델의 Rule1 과 Rule2 는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Rule1: } & \text{If } P(t) < Th, \text{ then, } M(t)=M(t)+\alpha; D(t)=D(t)-\beta \\ \text{Rule2: } & \text{If } D(t) > D\_Th, \text{ then, } M(t)=M(t)+\alpha; D(t)=D(t)-\beta \end{aligned}$$

P(t): Performance

M(t): Hareware Resource Usage of MCB

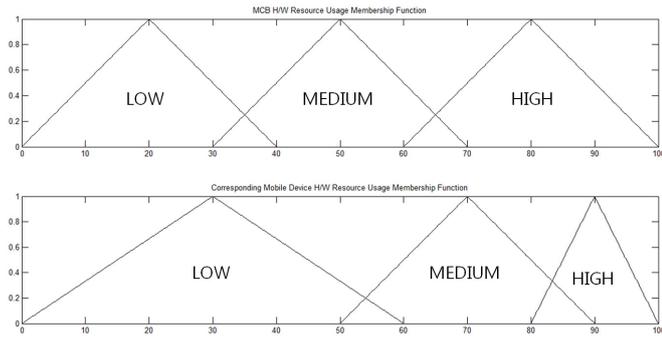
D(t): Hareware Resource Usage of Mobile Device

Th: Threshold performance

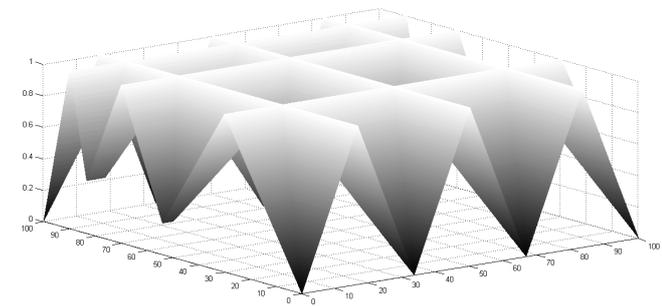
D\_Th: Hardware Resource Usage Threshold

Rule1 에서 성능이 성능 한계치(Lower Bound)보다 낮게 나왔을 때 MCB 의 하드웨어 자원 사용량을 증가시키고 해당 모바일 기기의 하드웨어 자원 사용량을 감소시키는데, 여기서 MCB 의 하드웨어 자원 사용량 증가율( $\alpha$ )은 해당 모바일 기기의 하드웨어 자원 사용량 증가율( $\beta$ )보다 훨씬 높다.

Rule2 는 해당 모바일 기기의 하드웨어 자원 사용량이 하드웨어 자원 사용량 한계치(Upper Bound)보다 높게 나왔을 때 Rule1 과 같이 MCB 하드웨어 자원 사용량을 증가시키고 해당 모바일 기기의 하드웨어 자원 사용량을 감소시킨다.



(그림 2) MCB 하드웨어 자원 사용량 Membership Function (위), 해당 모바일 기기 하드웨어 자원 사용량 Membership Function (아래)



(그림 3) MCB 와 해당 모바일 기기 하드웨어 자원 사용량 Membership function 을 카티전 곱 (Cartesian Product) 한 2 차원 Membership function

#### 4. 결론

본 논문에서는 모바일 기기의 특수성을 고려하기 위한 모바일 클라우드 브로커를 제안하고 그 안에서의 퍼지 모델을 이용한 효과적인 자원 프로비저닝 방법을 제안한다. 여기서 모바일 기기의 특수성이란 하드웨어 제한, 이동성, 모바일 환경에 최적화된 응용 등을 뜻하고 자원 프로비저닝은 이들을 고려하여 진행된다. 즉, 본 연구에서의 자원 프로비저닝은 모바일 클라우드에 특성화된 방법이다.

하지만 본 연구에서 고려한 특수성들은 모바일 기기가 갖고 있는 특수성들 중 일부이기 때문에 더 많은 특수성을 고려해야 할 것이고 다양한 모바일 클라우드 서비스 모델에 최적화 될 수 있는 알고리즘이 필요할 것이다.

#### Acknowledgement

본 논문은 2012년도 지식경제부의 재원으로 개인 및 기업 맞춤형 서비스를 위한 개방형 모바일 클라우드용 통합개발환경 및 이기종 단말-서버 간 협업 기술 개발[2012-10039260]과 BK21 사업의 지원을 받아 수행된 연구임

#### 참고문헌

- [1] J. Xu, M. Zhao, R. Carpenter, M. Yousif, “ One the Use of Fuzzy Modeling in Virtualized Data Center Management” , ICAC’ 07, June, 2007
- [2] J. Wang, J. Xu, M. Zhao, J. Fortes, “ Adaptive Virtual Resource Management with Fuzzy Model Predictive Control” , ICAC’ 11, June, 2011
- [3] B. G. Chun, P. Maniatis, “ Augmented Smartphone Applications Through Clone Cloud Execution” , HotOS’ 09.