

# 클라우드 서비스 브로커를 통한 응용 실행에서의 가상 머신 할당 기법 분석

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

## An analysis of VM allocation schemes for application executing via a cloud service broker

Heejae Kim, Chan-Hyun Youn  
 Dept. of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology

### 요 약

클라우드(cloud)를 이용한 응용 실행에서 클라우드 서비스 브로커(cloud service broker, CSB)는 효과적인 자원 사용 및 서비스 수준 협약(service level agreement, SLA) 보장 등의 장점을 가진다. 따라서 본 논문에서는 CSB 를 통한 응용 실행에서의 가상 머신(virtual machine, VM) 할당 기법들을 소개하며 BestFit (BF), WorstFit (WF), Modified BestFit (MBF), Modified WorstFit (MWF), Reserved instance-aware Modified BestFit (M-MBF)의 평균 VM 사용률을 비교한다.

### 1. 서론

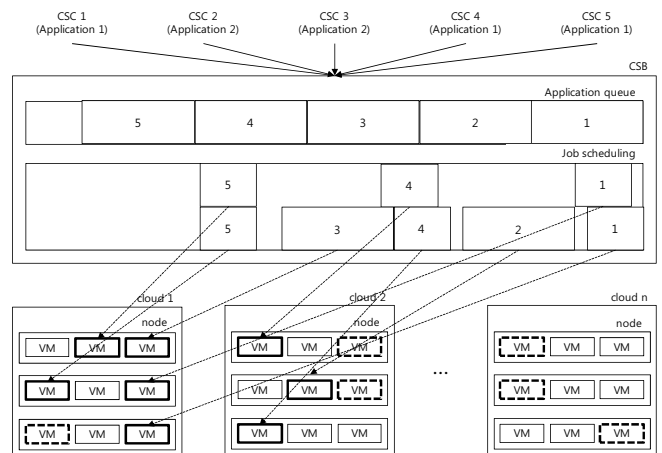
NIST 에서는 클라우드 서비스 브로커(cloud service broker, CSB)를 다음과 같이 세 가지로 구분한다 [1].

- 서비스 중계(intermediation): 기존 서비스의 개선 및 기능 추가.
- 서비스 결합(aggregation): 다양한 서비스를 결합.
- 서비스 아비트리지(arbitrage): 차익 거래를 통한 서비스 제공.

본 논문에서는 그림 1 과 같이 클라우드 서비스 사용자(cloud service consumer, CSC)들에게 응용 실행 서비스를 제공하기 위한 CSB 를 고려한다. 해당 CSB 는 CSC 및 클라우드 서비스 제공자(cloud service provider, CSP)들과 독립적으로 존재하며 클라우드의 자원을 이용하여 CSC 들의 요청을 처리한다. 이는 CSC 들이 직접 클라우드의 자원을 이용하여 응용을 실행하는 경우와 비교하여 최적의 작업 스케줄링 및 자원 할당을 통한 효과적인 자원 사용 및 서비스 수준 협약(service level agreement, SLA)를 보장 등의 장점을 가진다.

해당 CSB 는 CSP 의 자원을 가상 머신(virtual machine, VM) 단위로 임대하게 되는데 Amazon EC2 [2] 등 여러 CSP 들에서는 이를 크게 온디맨드 인스턴스(on-demand instance) 및 예약 인스턴스(reserved instance)로 분류하여 서비스하고 있으며 여기서의 VM 할당은 CSB 의 이득에 큰 영향을 미친다.

따라서 본 논문에서는 CSB 를 통한 응용 실행에서의 VM 할당 기법들을 소개하며 BestFit (BF), WorstFit (WF), Modified BestFit (MBF), Modified WorstFit (MWF), Reserved instance-aware Modified BestFit (R-MBF)의 평균 VM 사용률을 비교한다.



(그림 1) CSB 를 통한 응용 실행 서비스 제공.

### 2. CSB 를 통한 응용 실행에서의 VM 할당 기법

본 절에서는 CSB 를 통한 응용 실행에서의 VM 할당 기법들을 소개한다.

Genaud et al. [3]은 VM 할당 전략을 다음과 같이 네 가지로 구분한다.

- 1VM4ALL: 모든 응용들을 하나의 VM 에 할당.
- 1VMPerJob: 하나의 응용을 하나의 VM 에 할당.
- Bin-Packing: FirstFit (FF), BF, WF 등의 Bin-Packing 휴리스틱(heuristics)를 이용하여 각 응용을 VM 들에 할당.
- Relax: 응용 큐(application queue)에서의 대기 시간(waiting time)이 허용 되는 경우의 FF, EarliestFit (EF), LastestFit (LF) 등의 Bin-Packing 휴리스틱을

이용하여 각 응용을 VM 들에 할당.

Leitner et al. [4]은 임대 비용 변화량과 SLA 비용 변화량의 합이 최소가 되는 VM 을 선택하여 각 응용을 할당하기 위한 기법을 다루며 이 때 각 VM 의 임대 비용 변화량을 (1)과 같이 표현한다. 여기서  $T_k^{execution}$  는 VM  $k$  에서의 해당 응용 실행 시간을 의미하며  $T_k^{residual}$ ,  $BTU_k$ ,  $p_k$  는 각각 해당 VM 의 잔여 사용 시간(residual time), 단위 임대 기간(billing time unit, BTU), 해당 BTU 동안의 임대 가격을 의미한다.

$$\Delta I c_k = \begin{cases} \left| \frac{T_k^{execution} - T_k^{residual}}{BTU_k} \cdot p_k \right|, & \text{if } T_k^{execution} > T_k^{residual} \\ 0, & \text{if } T_k^{execution} \leq T_k^{residual} \end{cases} \quad (1)$$

VM 할당에서 임대 비용 변화량 만을 고려하여 최소가 되는 VM 을 선택하는 것은 해당 응용을 잔여 사용 시간 내로 실행할 수 있는 VM 들이 존재할 경우 BF 를 수행하고 해당 VM 들이 존재하지 않을 경우 현재 할당할 수 있는 VM 들이 존재하는 지 확인하여 해당 VM 들이 존재할 경우 새로운 VM 을 임대하는 대신 해당 VM 들 중 잔여 사용 시간이 가장 긴 VM 을 선택하는 것으로써 본 논문에서는 해당 기법을 MBF 라고 칭하며 그에 상응하는 WF 를 MWF 라고 칭한다.

Shen et al. [5]은 정수 계획법(integer programming problem, IPP) 및 다양한 휴리스틱들의 포트폴리오(portfolio)를 이용한 방법을 다룬다. 즉, 제한된 시간 내에서 IPP 및 응용 큐에서의 응용 선택, 응용을 할당하기 위한 VM 선택, 새로운 VM 임대 시 VM 종류 선택 각각에 대한 휴리스틱들을 통합적으로 고려하여 가장 적합한 기법들을 선택함으로써 효과적인 VM 할당이 이루어지도록 한다. 이와 더불어 온디맨스 인스턴스와 예약 인스턴스들을 함께 사용할 때의 VM 할당을 고려하여 이를 위한 예약 인스턴스 개수 및 종류를 결정하기 위한 방법을 다룬다.

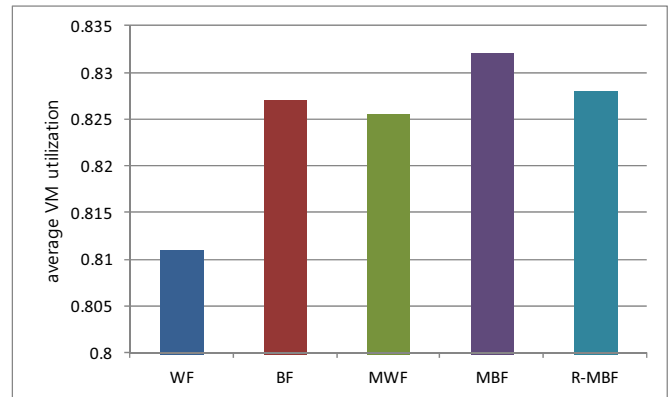
Deng et al. [6]은 VM 공급(provisioning), 응용 선택, VM 선택 각각에 대한 휴리스틱들을 통합적으로 고려한 포트폴리오(portfolio) 기반 VM 할당 기법을 다루며 예측되는 응용 실행 요청 패턴(pattern)에 따라 가장 적합한 휴리스틱들을 선택하는 온라인 시뮬레이터(online simulator)를 통하여 VM 할당을 수행한다.

### 3. 시뮬레이션

본 절에서는 시뮬레이션을 통하여 BF, WF, MBF, MWF, R-MBF 의 평균 VM 사용률을 비교한다. 여기서 R-MBF 는 MBF 를 수행할 때 할당 가능한 예약 인스턴스들이 있는 경우 해당 예약 인스턴스들에 우선적으로 응용들을 할당하는 기법을 뜻한다. 표 1 은 시뮬레이션에 사용된 파라미터(parameter)들을 나타낸다. 본 시뮬레이션에서는 응용 큐에서의 대기 시간 및 VM 공급 시간이 없다고 가정하였으며 실행 요청된 각 응용의 실행 시간은 시뮬레이션 전에 임의로 선택되었다.

<표 1> 시뮬레이션 파라미터

| 파라미터              | 값  |
|-------------------|--|
| 응용 실행 요청 도착 시간 간격 | 3 분  |
| 응용 실행 시간          | 6 분, 9 분, 12 분, 15 분, 18 분, 21 분, 24 분, 27 분, 30 분, 33 분 |
| 초기 예약 인스턴스 수      | 5 개  |
| 온디맨드 인스턴스 BTU     | 1 시간   |
| 예약 인스턴스 BTU       | > 150 시간   |
| 실험 시간             | 150 시간   |



(그림 2) WF, BF, MWF, MBF, R-MBF 를 적용했을 때의 평균 VM 사용률.

그림 2 는 각 VM 할당 기법에 따른 평균 VM 사용률을 나타낸다. 여기서 MWF 와 MBF 는 각각 WF 와 BF 보다 높은 평균 VM 사용률을 보인다. 이는 MWF 와 MBF 가 각각 WF 와 BF 에 비하여 VM 들의 잔여 사용 시간을 더 효과적으로 이용하여 자원 낭비를 감소시키기 때문이다. 또한 BF 와 MBF 는 각각 WF 와 MWF 및 R-MBF 보다 높은 평균 VM 사용률을 보인다. 이는 본 시뮬레이션에서는 BF 와 MBF 와 같이 온디맨드 인스턴스를 우선적으로 사용하는 것이 WF 와 MWF 및 R-MBF 와 같이 예약 인스턴스를 우선적으로 사용하는 것 보다 자원 낭비를 감소시킬 수 있다는 것을 나타낸다. 하지만 이는 응용 실행 시간들이 고정된 이상적인 경우를 가정하여 시뮬레이션을 수행한 결과로써 실제 클라우드 환경에서는 함께 동작하는 VM 들의 영향 등으로 인하여 일반적으로 응용 실행 시간들이 고정되지 않는다. 따라서 각 응용의 실제 응용 실행 시간이 표 1 에서의 응용 실행 시간보다 짧을 경우 잔여 사용 시간이 실제 응용 실행 시간과 가장 가까운 VM 이 선택되지 않을 수 있으며 반대의 경우 잔여 사용 시간이 실제 응용 실행 시간보다 짧음에도 불구하고 해당 VM 을 선택하여 추가적인 VM 임대 비용이 발생할 수 있다. 따라서 이 경우 BF 와 WF, MBF 와 MWF 및 R-MBF 의 평균 VM 사용률 차이가 감소할 수 있으며 오히려 WF 와 MWF 및 R-MBF 가 더 높은 평균 VM 사용률을 보일 수도 있을 것이다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 클라우드 서비스 브로커를 통한 응용 실행에서의 가상 머신 할당 기법들을 소개하며 시뮬레이션을 통하여 BF, WF, MBF, MWF, R-MBF의 평균 VM 사용률을 비교하였다. 시뮬레이션 결과 MWF와 MBF는 각각 WF와 BF보다 높은 평균 VM 사용률을 보였으며 BF와 MBF는 각각 WF와 MWF 및 R-MBF보다 높은 평균 VM 사용률을 보였다. 하지만 이는 응용 실행 시간이 고정된 이상적인 경우를 가정하여 시뮬레이션을 수행한 결과로써 응용 실행 시간이 고정되지 않는 경우 오히려 BF와 WF, MBF와 MWF 및 R-MBF의 평균 VM 사용률 차이가 감소할 수 있으며 오히려 WF와 MWF 및 R-MBF가 더 높은 평균 VM 사용률을 보일 수 있음을 설명하였다.

#### Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 한국방송통신전파진흥원의 방송통신인프라원천기술 개발사업의 일환으로 수행하였음. [2013-005-021-001, 다수의 이중 클라우드 자원을 통합 관리하는 서비스 브로커 및 개방형 빅데이터 분석·협업 플랫폼 개발]

#### 참고문헌

- [1] R. B. Bohn, John Messina, F. Liu, J. Tong, and J. Mao, "NIST Cloud Computing Reference Architecture," in *Proc. SERVICE*, 2011.
- [2] Amazon EC2, Available: <http://aws.amazon.com/ec2/>.
- [3] S. Genaud and J. Gossa, "Cost-wait Trade-offs in Client-side Resource Provisioning with Elastic Clouds," in *Proc. CLOUD*, 2011.
- [4] P. Leitner, W. Hummer, B. Satzger, C. Inzinger, and S. Dustdar, "Cost-Efficient and Application SLA-Aware Client Side Request Scheduling in an Infrastructure-as-a-Service Cloud," in *Proc. CLOUD*, 2012.
- [5] S. Shen, K. Deng, A. Iosup, and D. Epema, "Scheduling Jobs in the Cloud Using On-demand and Reserved Instances," in *Proc. Euro-Par*, 2013.
- [6] K. Deng, J. Song, K. Ren, and A. Iosup, "Exploring Portfolio Scheduling for Long-Term Execution of Scientific Workloads in IaaS Clouds," in *Proc. SC*, 2013.