하이브리드 클라우드 환경에서 운영 비용을 고려한 가상머신 배치 기술

장한이, 나랑토야 자르갈사이흥, 임 혁
광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부

{hanizang, jargalsaikhan.n, hlim}@gist.ac.kr

Cost Efficient Placement of Multiple Virtual Machines in Hybrid Cloud Environment

Hannie Zang, Jargalsaikhan Narantuya, and Hyuk Lim,
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요 약

클라우드 환경에서 단일 서비스를 제공하기 위해 사용되는 가상머신들은 다른 서비스를 위해 사용되는 가상머신들에 비해 서로간의 트래픽 종속성이 높다. 만약 상호 종속성이 높은 가상머신들이 서로 다른 클라우드에 배치되면, 가상 머신들 간의 통신에 지연이 생겨 해당 서비스 사용자의 요청에 응답하는 시간이 느려질 수 있다. 본 논문에서는 하이브리드 클라우드 환경에서 트래픽 종속성이 높은 가상머신들을 그룹화하고, 각 가상머신 그룹을 클라우드에 배치할 때 총 운영비용을 최소화하는 가상 머신 배치 알고리즘을 제안한다.

Ⅰ. 서 론

클라우드 컴퓨팅 환경은 구축 방법에 따라 크게 공용 클라우드(public cloud)와 사설 클라우드(private cloud)로 나눌 수 있다. 공용 클라우드는 제 3자가 소유하고 운영하는 데이터 센터를 통해 네트워크, 스토리지, 어플리케이션 등의 서비스를 받게 되는 클라우드를 말한다. 사설 클라우드는 사내에 설치하여 직접 유지, 관리되는 클라우드를 뜻한다. 위의 두 가지 구축 방식을 혼합하여 사용하는 것이 하이브리드 클라우드(hybrid cloud)이다. 하이브리드 클라우드 환경에서는 공용 클라우드와 사설 클라우드의 서비스를 동시에 사용하여 중요한 업무는 사설 클라우드에서 처리하고, 테스트 및 개발 작업과 같이 상대적으로 중요하지 않은 작업은 공용 클라우드에서 처리할 수 있다.

하이브리드 클라우드 환경에서 생기는 문제는 다수의 가상 머신이 하나의 서비스를 이루는 경우가 많다는 점이다. 같은 서비스 그룹에 속한 가상 머신들이 서로 다른 클라우드에 배치되면 가상 머신 간의 통신 지연 시간이 늘어나 서비스 품질이 낮아질 것이다. 사용자 SLA(Service Layer Agreement)를 만족하는 서비스 품질과 적은 운용 비용으로 서비스를 유지하기 위해서는 가상 머신들을 서비스별로 분류하고, 클라우드별 가격을 비교하여 하나의 서비스에 속하는 가상 머신들을 특정 클라우드에 배치해야 한다.

다양한 클라우드 구축 방식과 각기 다른 가격 정책을 제시하는 클라우드 서비스 제공자들 사이에서, 사용자들은 자신에게 적합한 클라우드를 선택하고 시스템을 구축하는 일이 어려워졌다. 같은 수준의 시스템 성능을 갖으면서도 유지 비용이 적게 드는 방안을 모색해주는 클라우드 컨설팅업체의 등장은 이 같은 현실을 반영한다. 본 논문에서 제안하는 다중 가상 머신 최적 배치 기술은 가상 머신 간의 종속성 분석 결과를 토대로 가상 머신 그룹을 결정하고, 각 그룹을 어떤 클라우드에 배치하는 것이 운영 비용을 최소화하는지를 결정한다.

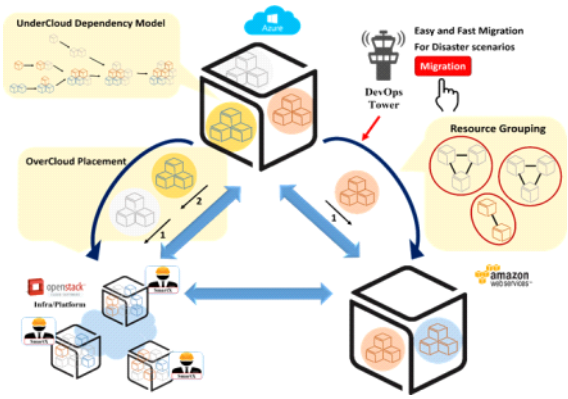

그림 1 하이브리드 클라우드 환경에서 가상 머신 배치

Ⅱ. 가상 머신 종속성 분석

본 논문에서는 [1]에서와 같이 가상 머신들 간의 트래픽 정보를 이용해 종속성을 분석한다. n개의 가상머신들이 있을 때 가상머신들 간의 트래픽 정보를 이용해 n x n 트래픽 정보 행렬 W를 만든다. 트래픽 정보 행렬 W의 요소 $w_{i,j}$는 i 번째 및 j 번째 가상머신들 간의 트래픽 양을 나타낸다. 만든 n x n 행렬 W를 PCA (Principle Component Analysis, 주성분 분석) 기법을 활용해 n x m 행렬을 만든다. PCA는 고차원의 데이터를 저차원의 데이터로 환원시키는 기법이다. 주성분의 차원수는 원래 표본의 차원수보다 작거나 같다.

그림 2는 PCA를 이용해 가상 머신들을 총 4개의 종속성 그룹으로 분리한 것이다. 분석을 위해 먼저 트래픽 정보 행렬 W의 공분산 행렬을 계산한다. 그 다음, 공분산 행렬의 고유값 및 고유벡터들을 계산한다. 마지막으로, 계산한 고유벡터들 중에서 고유값이 가장 큰 고유벡터를 주성분으로 선택한다. 그림 2에서 선택한 고유벡터가 v1으로 표현되어 있다. 따라서, XY 2차원에서 표현되어 있던 데이터가 주성분 분석 결과 v1 1차원

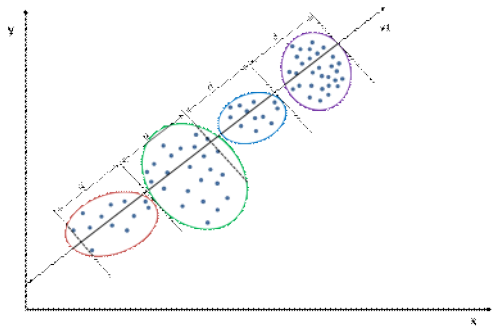

그림 2 PCA를 활용한 종속성 그룹 분석

데이터로 변환된다. v1 벡터에서 1차원으로 변환된 데이터가 데이터 간의 길이 따라 종속성 그룹들로 나누어진다.

Ⅲ. 운영 비용을 고려한 VM 그룹의 클라우드 매핑 결정

퍼블릭 클라우드에 가상머신을 운영할 때 CPU, Memory, Storage 등 가상머신에 필요한 자원 양에 따라 운영비용이 달라진다. 따라서 각 그룹에 있는 가상머신들의 사용하는 자원 및 가상머신들의 개수를 이용해 그 그룹의 클라우드 배치 비용을 계산된다. n 개의 가상머신들이 있을 때 모든 가상머신들을 집합 $V = \{v_1, v_2, v_3 \cdots\cdots v_{n-1}, v_n\}$ 로 정의하고 C 를 모든 클라우드의 집합으로 정의한다. $G_k \subset V$ 를 k 번째 그룹에 해당한 가상머신들의 집합으로, $\lambda_j(v_i)$를 i 번째 가상머신을 j 번째 클라우드에서 운영하는 비용이라 하면, k 번째 그룹을 j 번째 클라우드에 배치할 비용이 아래와 같이 계산된다.

$$P_j(G_k) = \sum_{v_i \in G_k} \lambda_j(v_i) \qquad (1)$$

주성분 분석 결과 n 개의 가상머신들이 m개의 종속성 그룹들로 분리되었다고 정의하면 모든 m 그룹들을 클라우드 배치하는 총 비용 T를 (2)와 같이 계산한다.

$$T(V) = \sum_{k=1}^{m} \sum_{j \in C} P_j(G_k) \cdot X(j,k) \qquad (2)$$

$$X(j,k) = \begin{cases} 1 & k\text{번째 그룹이 } j\text{번째 클라우드에 배치} \\ 0 & \text{다른 경우} \end{cases}$$

m 개의 가상머신들의 종속성 그룹들을 $|C|$ 개의 클라우드에 매핑할 수 있는 총 개수는 $|C|^m$ 과 같다. 본 논문에서, 종속성 그룹들을 클라우드에 배치 할 때 총 운영비용을 최소화하는 $X \in \{0,1\}^{|C| \times m}$ 를 구한다. 총 운영비용 최소화하는 문제를 아래와 같이 공식화한다.

$$X^* = \arg\min T(V) \qquad (3)$$
$$\text{subject to} \sum_{j \in C} X(j,k) = 1 \text{ for } \forall k$$

Ⅳ. 시뮬레이션

제안한 가상 머신 배치 결정 알고리즘의 성능 평가를 위하여 오픈스택 기반 클라우드 환경에서 12 개의 가상 머신들을 생성해 시뮬레이션 데이터를 만들었다. 생성한 가상머신들을 $v_1, v_2, v_3 \cdots v_{11}, v_{12}$ 로 정의한다. 종속성 분석을 위해 특정한 시간 동안 가상 머신들간의 네트워크 트래픽을 모니터링해서 종속성 분석할 네트워크 트래픽 정보를 수집하였다. 수집한 트래픽 정보를 PCA를 활용해 분석한 결과, 총 12개의 가상머신들을 2개의 종속성 그룹들로 나눌 수 있었다. 첫 번째 그룹은 $v_1, v_3, v_5, v_8, v_9, v_{10}, v_{11}$ 등 7개의 가상머신들에서 구성되었고 , 두 번째 그룹은 $v_2, v_4, v_6, v_7, v_{12}$ 등 5개의 가상머신들에서 구성된 것을 확인하였다. 본 시뮬레이션에서 첫 번째 그룹을 G1으로, 두 번째 그룹을 G2으로 표현하였다.

따라서 본 논문에서 시뮬레이션을 위해 Type-1, Type-2, Type-3 등 3개의 서로 다른 자원설정(configuration)를 가상 머신들에게 할당하였다. $v_1, v_3, v_4, v_7, v_{10}$ 가상 머신들에 Type-1 종류의 자원설정을, v_2, v_5, v_8, v_9 가상 머신들에 Type-2 종류의 자원설정을, 그리고 v_6, v_{11}, v_{12} 가상 머신들에 Type-3 종류의 자원설정을 각각 할당하였다. 가상 머신들을 배치할 수 있는 Cloud-A, Cloud-B, Cloud-C 등 3개의 다른 클라우드들이 있다고 가정하고, 각 클라우드에서 가상머신들의 한 달 운영비용은 자원설정 별로 테이블 1과 같이 가정하였다. 예를 들면, Cloud-A에서 Type-1 종류의 가상머신의 한 달 운영비용이 $11, 그리고 Cloud-C에서 Type-2 종류의 가상머신의 한 달 운영비용이 $7 된다.

시뮬레이션에서 2개의 그룹들을 3개의 클라우드에 배치할 수 있는 모든 케이스는 9 이다. 각 케이스에서 총 운영비용을 계산한 시뮬레이션 결과가 테이블 2와 같다. Case-1의 경우, 모든 그룹들을 Cloud-A에서 배치할 때 총 운영비용이 $99 된다. 하지만, Case-8의 경우, 그룹 G2를 Cloud-B에, 그룹 G1을 Cloud-C에 배치하였고, 총 운영비용이 $110로 증가하였다. Case3에서 그룹 G1을 Cloud-A에, 그룹 G2를 Cloud-C에 배치했을 때 다른 Case들을 비해 총 운영비용이 줄어든 것을 확인할 수 있었다.

표 1 가상 머신 운영 비용

	Type 1	Type 2	Type 3
Cloud A	$11	$5	$8
Cloud B	$12	$4	$10
Cloud C	$12	$7	$5

표 2 그룹 클라우드 매핑 및 운영비용

	Cloud A	Cloud B	Cloud C	G1 비용($)	G2 비용($)	총 비용($)
Case1	G1, G2			56	43	99
Case2	G1	G2		56	48	104
Case3	G1		G2	56	41	97
Case4	G2	G1		58	43	101
Case5		G1, G2		58	48	106
Case6		G1	G2	58	41	99
Case7	G2		G1	62	43	105
Case8		G2	G1	62	48	110
Case9			G1, G2	62	41	103

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (R7117-16-0218 이종 다수 클라우드 간의 자동화된 SaaS 호환성 지원 기술 개발, 2014-0-00065 실시간 자율복원 사이버물리 시스템 기초 연구(고신뢰 CPS 연구센터))

참 고 문 헌

[1] J. Narantuya et al., “Automated cloud migration based on network traffic dependencies ,” IEEE International Workshop on Open-Source Software Networking (OSSN), Bologna, Italy, July 3-7, 2017.