

# 고성능 자원정보서비스 구축을 위한 복합 모델 기반 분산 디렉토리의 성능 분석

권 성호, 김 희철  
대구대학교 정보통신공학부  
e-mail : [ch@lactt.taegu.ac.kr](mailto:ch@lactt.taegu.ac.kr), [hckim@daegu.ac.kr](mailto:hckim@daegu.ac.kr)

## Performance Analysis of the Composite Distributed Directories for High Performance Grid Information Services

Cheng-Hao Quan, Hie-Cheol Kim  
School of Computer and Communication Engineering, Daegu University

### Abstract

In this paper, we conduct a performance analysis for the composite scheme that is obtained by combining the data distribution and the data replication schemes usually used for the implementation of distributed directory service systems. The analysis results reveal that the composite model is a viable option to overcome the performance trade-off between the data distribution and the data replication model. In this paper, we present the performance model developed for the composite model by applying queuing modelling. Using the performance model, performance values for a variety of system execution environments are suggested which enable us to bring an efficient design for high performance distributed directories.

### I. 서론

그리드는 지리적으로 분산된 고성능 컴퓨터, 대용량 DB 및 첨단 장비 등의 정보통신 자원을 고속 네트워크로 연동하여 상호 공유할 수 있도록 하는 컴퓨팅 방식이다[1,2]. 그리드정보서비스(GIS, Grid Information Service)는 그리드 미들웨어 내의 핵심 소프트웨어 컴포넌트로서 다양한 연구가 이루어지고 있다[4,5,6,7]. Globus는 대표적인 그리드 미들웨어로서 전 세계 관련 연구기관에서 그리드 환경 구축을 위한 프로젝트에 널리 활용하고 있다[3]. Globus에서 자원정보서비스 시스템 역할을 하고 있는 MDS는 대표적인 인터넷 디렉토리 프로토콜인 LDAP (Lightweight Directory Access Protocol)에 기반으로 구현되어 있다.

기존 단일 디렉토리 기반의 그리드정보서비스 시스템은 대규모 그리드 환경에서 요구되는 성능 제공에 대한 해결책이 되기에는 많은 문제점을 지니고 있다. 먼저 LDAP와 같은 디렉토리 프로토콜은 일반적으로 그 용도가 단순한 데이터 집합과 읽기(Read) 중심의 액세스 환경에 주안점을 두고 설계되었다는 점이다. 두 번째는 대규모 그리드 환경에서 사용자가 요구하는 성능을 위하여 분산 디렉토리 기반 자원정보서비스의 구현

이 필수적으로 수반되어야 하며 이에 따른 분산 디렉토리 서비스의 구축 기법에 대한 연구의 수행이 필요하다. 본 연구에서는 위에서 지적한 문제점을 보다 구체적으로 이해하고 그리드정보서비스에 대한 성능향상을 위한 분산 디렉토리 서비스 구축 기법들에 대한 성능 분석을 수행한다.

본 연구의 주제와 관련하여 [8]에서는 분산 디렉토리 시스템의 설계에서 복제 메커니즘이 성능에 미치는 영향과 성능향상을 위한 적절한 복제비율이 제시하고 있고 [9]에는 LDAP 기반 디렉토리 시스템에 대하여 성능평가를 통해서 성능향상을 위한 다양한 파라미터의 설정에 관한 결과를 제시하였다. 하지만 이러한 연구의 목표는 읽기 동작이 대부분을 차지하고 있는 디렉토리 서비스 본래의 응용 도메인에 대한 성능향상에 주안점을 두고 있다는 점이 본 연구와 구별되는 점이다. 즉 이러한 연구결과는 쓰기 동작이 대부분을 차지하는 그리드 환경에 적용하기에는 부적합하다. 한편 그리드정보서비스 환경에서 자원정보서비스 구축에 사용된 LDAP 기반 디렉토리 서비스 시스템에 대한 성능분석 결과를 제시하였다[10]. 하지만 주된 결과가 부하(Workload)에 대한 분석이란 점과 단일 서버 환경에

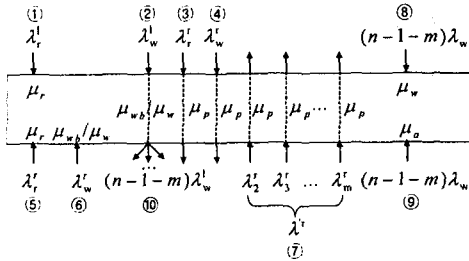


그림 1. 복합모델

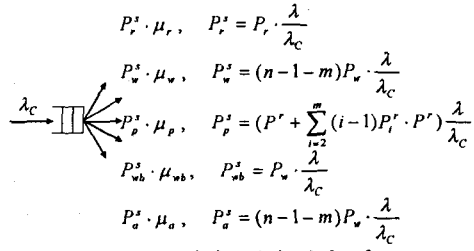


그림 2. 복합모델의 서비스율

서의 성능 향상에 방향을 제시할 뿐 구체적인 성능분석의 결과는 제시하지 못하고 있다. 본 논문에서는 고성능 자원정보서비스의 구축을 위하여 데이터 분산 기법과 데이터 복제 기법을 혼용한 복합 기법을 적용한 분산 디렉토리 시스템 설계와 그 성능분석의 결과를 제시하고 최적의 성능을 얻기 위한 설계 방향을 제시한다. 이를 위하여 M/M/1 큐잉 모델을 적용한 LDAP 기반 분산 디렉토리 시스템에 대한 분석모델을 도출하였고, 이 분석모델을 기반으로 수행한 성능분석의 결과를 제시한다. 마지막으로 최적의 성능을 위한 노드수(n)와 복제비율에 따른 레퍼럴 개수(m)의 값을 제시함으로 분산 디렉토리 기반 고성능 자원정보서비스 시스템의 설계 방향을 제시한다.

본 논문의 구성은 아래와 같다. 2절에서는 성능분석을 위한 분석모델을 도출을 하고, 3절에서는 도출된 분석모델을 기초로 성능분석의 결과를 제시하고 마지막으로 4절에서는 결론을 맺는다.

## II. 성능 분석 모델

본 절에서는 제안하는 복합 기법을 적용한 분산 디렉토리 시스템의 성능분석 모델에 대하여 설명한다.

### 2.1 복합 기법 기반 분산 디렉토리 모델

본 논문에서는 분산과 복제에 기반한 기존의 LDAP 시스템에 대한 성능분석을 위하여 분산 디렉토리 시스템을 구성하는 각각의 노드들을 M/M/1 시스템으로 간주하고 노드사이의 지연시간을 무시한다. 본 논문에서 제안한 분석모델은 아래와 같은 특징을 가지고 있다. 대부분 성능분석에서 최대 허용 레퍼럴 개수를 하나로 제한하여 분석한 것과는 대조적으로 제안한 복합모델에서는 복제비율에 따라 서로 다른 값을 갖는 m개의 레퍼럴을 갖도록 설계하였다. 그리고 쓰기 동작이 다른 노드들로부터 쓰기 동작에 대한 응답을 모두 받을 때까지 지연되는 lock-step operation을 고려함으로써 실제 분산 디렉토리 시스템에 더 근접한 결과를 얻을 수 있도록 설계하였다. <표 1>에는 본 분석모델에서 사용한 여러 가지의 파라미터에 대하여 설명하였다.

표 1. 파라미터 설명

Parameter	Description	
Scale	n	number of node
	m	number of referral
Arrival rate	λ	for single node
	λ^n	for system
	λ_i^r	for a request has i referrals
Service Rate	μ_r	for read
	μ_w	for write
	μ_p	for referral
	μ_wb	for write + broadcast
	μ_n	for acknowledge
Probability	P_i^r	for λ_i^r
	P^l	for local
	P^r	for remote
	P_r	for read
	P_w	for write
	P_i^l	for local read
	P_i^w	for local write
P_r^r	for remote read	
P_w^r	for remote write	

표 2. 파라미터 값

Parameter	Value	Parameter	Value
μ_r	125	m	0 < m <= n-1
μ_w	60	P^l	(n-m)/n
μ_p	125	P^r	m/n
μ_wb	50	P_r	5%, 35%
μ_a	330	P_w	95%, 65%

### 2.2 복합 기법에 대한 성능분석 모델

(그림 1)과 같이 m개의 레퍼럴을 갖는 분산과 복제 기반의 복합모델에서 사용자로부터 도착한 요구율은 다음과 같이 정리가 된다.

$$\lambda_c = (1 + P^r + \frac{(m-1)}{2} (P^r)^2 + 2(n-1-m)P_w) \lambda \quad (1)$$

식(1)과 같은 도착율을 가지고 하나의 노드에 도착하는 요구들의 서비스율은 (그림 2)와 같이 나타낼 수 있다. 따라서 서비스율은 다음과 같다.

$$\mu_C = \begin{cases} \left( P_u \cdot \mu_u + (n-m-1)P_w \cdot \mu_w \right. \\ \left. + \left( \frac{m-1}{2} \right) (P^r)^2 + P^r \right) \mu_p \\ \left. + (n-1-m)P_u \cdot \mu_a \right. \\ \left. + P_u \cdot \mu_{ub} \right) \frac{\lambda}{\lambda_C}, \quad 0 \leq m < n-1 \\ \left( P_u \cdot \mu_u + (n-m)P_w \cdot \mu_w \right. \\ \left. + \left( \frac{m-1}{2} \right) (P^r)^2 + P^r \right) \mu_p \\ \left. + (n-1-m)P_u \cdot \mu_a \right. \\ \left. + P_u \cdot \mu_{ub} \right) \frac{\lambda}{\lambda_C}, \quad m = n-1 \end{cases} \quad (2)$$

분산, 복제에 기반한 복합모델에서의 응답시간  $RT_C$ 는 식(1)의 도착율과 식(2)의 서비스율에 의하여 아래와 같이 계산할 수 있다.

$$RT_C = \frac{P_u^i + 3P_w^i + \frac{m+3}{2} ((P^r)^2 + (P_w^r)^2) + 2P_w^r}{\mu_C - \lambda_C} \quad (3)$$

### III. 성능분석

본 절에서는 앞에서 살펴본 복합모델에서의 성능분석의 결과를 제시한다. <표 2>는 실험에서 사용한 파라미터들의 값을 나타내었다.

#### 3.1 $m, \lambda, Pr$ 이 성능에 미치는 영향

(그림 3)에서 보는 바와 같이  $m$ 이 0인 완전복제와  $m$ 이 7인 완전분산사이에서  $m$ 의 증가에 따라 응답시간과 최대처리량이 증가하는 것을 볼 수 있다. 이와 같이 복합모델에서는  $m$ 값을 변화하여 응답시간을 희생하여 최대처리량의 향상을 얻을 수 있고 그 반대로 최대처리량을 희생하여 응답시간의 향상을 얻을 수 있다.

(그림 4)에서 보는 바와 같이 도착율( $\lambda$ )이 낮은 경우  $m$ 에 따른 응답시간의 변화는 크지 않지만 도착율이 증가하면서 응답시간의 변화는 크다. 또한 도착율이 150일 경우  $m$ 은 3이상이어야 시스템이 포화되지 않고 정상적으로 동작한다. 마찬가지로 도착율이 200일 경우  $m$ 은 5이상 등으로 나타났다. 이와 같이 도착율의 증가에 따라  $m$ 을 큰 값을 선택하는 것이 바람직하고 또한 이에 따른 최적의 값도 존재한다.

(그림 5)에서 보는 바와 같이  $m$ 의 변화에 따른 응답시간의 변화는  $Pr$ 의 감소에 따라 커며  $m$ 의 최적지도 커지는 추세이다. 이와 같이 쓰기확률의 증가에 따라  $m$ 을 큰 값을 선택하는 것이 바람직하고 또한 이에 따른 최적의 값도 존재한다.

#### 3.2 $n, m$ 에 따른 성능의 최적화

(그림 6,7,8)에서 보는 바와 같이 도착율이 50일 때  $n$ 이 14,  $m$ 이 4, 도착율이 100일 때  $n$ 이 10,  $m$ 이 5, 도착율이 150일 때  $n$ 이 12,  $m$ 이 8, 도착율이 200일 때  $n$ 이 16,  $m$ 이 12이면 최적의 성능을 얻을 수 있는 것으로

나타났다.

이와 같이 시스템 부하/도착율이 적을 경우  $n$ 은 크게,  $m$ 은 작게 선택하여 높은 최대처리량과 빠른 응답시간을 얻을 수 있고 시스템 부하가 클 경우  $n$ 을 크게 하여 시스템의 최대처리량을 높이고 또한 복제에 따른 오버헤드를 줄이기 위하여서는  $m$ 은 큰 값을 선택하는 것이 바람직하다.

### V. 결론

본 논문은 LDAP시스템의 성능분석을 위한 분석모델을 도출하고, 분석모델에 의한 성능분석의 결과를 제시한다. 이러한 결과를 바탕으로 LDAP시스템의 설계에 있어서 노드수( $n$ )와 복제비율에 의한 레퍼럴 개수( $m$ )에 따른 성능최적화를 위한 구체적인 방법을 제시한다. 복합모델은 노드수( $n$ )의 증가에 따라 최대처리량이 증가하지만 응답시간이 늘어난다는 단점이 있고 반면 레퍼럴 개수( $m$ )의 감소에 따라 응답시간이 향상되고 최대처리량은 감소한다는 문제점도 있다. 따라서 도착율이 50일 때  $n$ 이 14,  $m$ 이 4, 도착율이 100일 때  $n$ 이 10,  $m$ 이 5, 도착율이 150일 때  $n$ 이 12,  $m$ 이 8, 도착율이 200일 때  $n$ 이 16,  $m$ 이 12이면 최적의 성능을 얻을 수 있다. 이와 같이 시스템 부하가 적을 경우  $n$ 은 크게  $m$ 은 작게, 시스템 부하가 클 경우  $n, m$ 을 큰 값을 선택하는 것이 바람직하다. 이러한 성능 분석 결과는 향후 대규모 그리드 환경에 적합한 그리드정보서비스 시스템의 설계방향을 제시한다.

### References

- [1] I. Foster, C. Kesselman, S. Tuecke. The Anatomy of the Grid: Enabling scalable virtual organizations. *Intl. Journal of Supercomputing Applications*. (to appear) 2001.
- [2] I. Foster and C. Kesselman, eds. The GRID : Blueprint for a New Computing Infrastructure, Morgan Kaufmann, 1988.
- [3] The Globus Project homepage <http://www.globus.org>
- [4] K. Czajkowski, S. Fitzgerald, I. Foster, C. Kesselman. Grid Information Service for Distributed Resource Sharing. *Proc. 10th IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computer(HPDC-10)*, IEEE Press. 2001.
- [5] K. Krauter, R. Buyya, and M. Maheswaran, "A taxonomy and survey of grid resource management systems for distributed computing," *Software: Practice and Experience*, 32(2):135-164, February 2002.
- [6] I. Foster and C. Kesselman. Globus: A

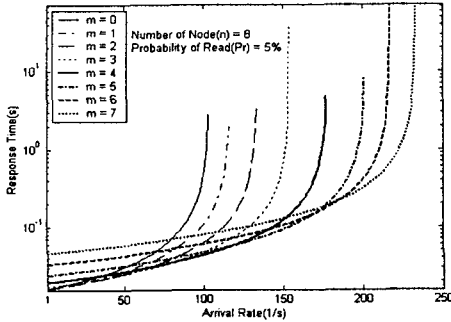


그림 3.  $\lambda, m$ 에 따른 성능의 변화

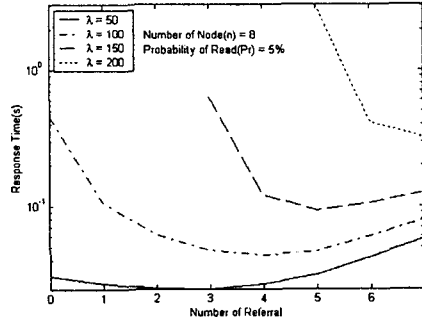


그림 4.  $m, \lambda$ 에 따른 성능의 변화

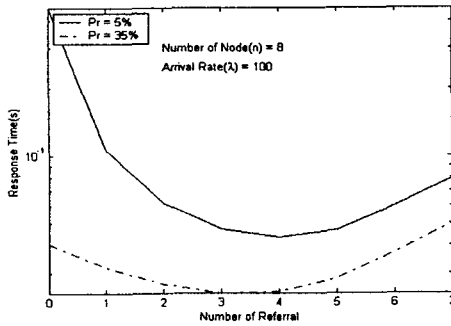


그림 5.  $m, Pr$ 에 따른 성능의 변화

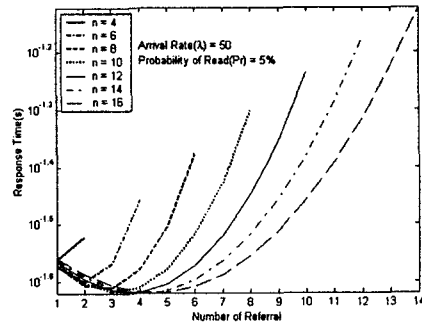


그림 6.  $m, n$ 에 따른 성능의 변화(1)

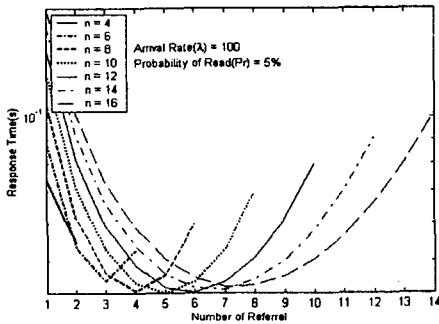


그림 7.  $m, n$ 에 따른 성능의 변화(2)

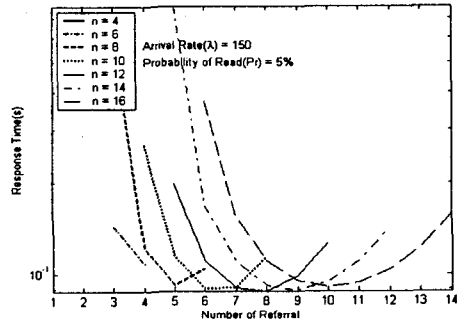


그림 8.  $m, n$ 에 따른 성능의 변화(3)

Meatacomputing Infrastructure Toolkit. *International Journal of Supercomputing applications*. 11(2):115-128, 1997.

- [7] YC. Jang, KS Kim, JS. Woo, SS. An. The Replication Mechanism Analysis of OSI(Open System Interconnection) Directory System. *J. ENG. SCI. & TECH.* Vol. 33, pp. 49~61.
- [8] X. Wang, H. Schulzrine, D. Kandlur, D. Verma. Measurement and Analysis of LDAP Performance. *International Conference on Measurement and Modeling of Computer*

*Systems (SIGMETRICS'2000)*, Santa Clara, CA, pp. 156-165, Jun. 2000.

- [9] W. Smith, A. Waheed, D. meyers, J. Yan. An Evaluation of Alternative Designs for a Grid Information Service. *HPDC 2000, IEEE Press*: 185-192, 2000.
- [10] H. Johner, L. Brown, FS. Hinner, W. Reis, J. Westman. *Understanding LDAP IBM*. June, 1998.
- [11] I. Foster and G. von Laszewski, "Usage of LDAP in Globus."