

논문 2008-45CI-3-1

인터넷 구조 기반의 동적 데이터 그리드 복제 정책

(A Dynamic Data Grid Replication Strategy Based on Internet Architecture)

김 준 상*, 이 원 주**, 전 창 호***

(Jun Sang Kim, Won Joo Lee, and Chang Ho Jeon)

요 약

데이터 그리드는 지리적으로 분산된 대용량의 데이터 자원을 광대역 통신망을 통해 공유한다. 이러한 그리드 환경은 물리적 네트워크인 인터넷 상에서 구현되기 때문에 대용량의 데이터를 전송하는데 많은 시간이 소요된다. 이러한 문제를 극복하기 위해서 여러 가지 복제 정책들이 제안되었는데, 기존의 데이터 그리드 복제 정책은 실제 인터넷의 구조를 고려하지 않고 논리적인 토폴로지를 바탕으로 제안되었기 때문에 실제 구축된 데이터 그리드에서 최적의 성능을 기대할 수 없다. 그리드에서 데이터 접근시간은 물리적 네트워크인 인터넷의 구조에 의해 가장 큰 영향을 받기 때문이다. 본 논문에서는 인터넷 구조 기반의 새로운 데이터 그리드 복제 정책으로 RSIA(Replication Strategy based on Internet Architecture) 복제 정책을 제안한다. 이 정책은 인터넷의 각 요소들 사이에 존재하는 구조적인 계층성을 고려하여 데이터 복사본을 배치하고, 데이터 전송 시 대역폭의 병목 구간을 피함으로써 시스템의 성능 저하를 줄인다. 본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 제안하는 RSIA가 기존의 복제 정책에 비해 데이터 그리드의 성능 향상 면에서 우수함을 보인다.

Abstract

Data grid shares distributed large data via wide-band network. Such grid environment consumes much time for large data transmission. Because it is implemented on internet as physical network. Many replication strategies were proposed for solving this problem, but they are not optimal in real Data grid environments. Because they were proposed that based on logical topology without consideration of real internet architecture. Grid data access time is largely influenced by internet architecture as physical network of Data grid. In this paper, we propose a new data replication strategy RSIA(Replication Strategy based on Internet Architecture) based on internet architecture. The RSIA places replicas considering structural hierarchy in each element of internet, and avoid the performance bottlenecks to reduce system performance degradation when a data transfer. Through simulation, we show that the proposed RSIA data replication strategy improves the performance of Data Grid environment compared with previous strategies.

Keywords : 데이터 그리드(Data Grid), 복제 정책(Replication Strategy), RSIA

I. 서 론

광대역 네트워크인 인터넷이 발전하면서 전 세계 컴

퓨터들을 하나의 네트워크로 연결하고 있다. 인터넷에 연결된 컴퓨팅 자원과 대용량 저장장치, 다양한 고성능 장비들이 서로 정보를 공유할 수 있는 통합 환경을 그리드(Grid)라고 한다^[1~2].

그리드는 병렬컴퓨팅, 분산컴퓨팅을 넘어 더 큰 컴퓨팅 자원을 제공해 줄 수 있는 새로운 대안으로 제시되고 있다. 전 세계에 흩어진 유휴 컴퓨팅 자원을 묶어 대용량의 컴퓨팅 자원을 제공할 뿐만 아니라 통합 환경 및 협업 솔루션까지 제공함으로써 완벽한 공유의 개념을 실현하고 있다. 그리드는 공유 자원에 따라서 데이터 그리드, 계산 그리드, 협업 그리드로 분류할 수 있다.

* 정회원, 해군사관학교 교수부
(Faculty of Naval Academy)

** 정회원-교신저자, 인하공업전문대학 컴퓨터정보
공학부 컴퓨터정보과
(Department of Computer Science, Inha Technical
College)

*** 평생회원, 한양대학교 전자컴퓨터공학부
(School of Electrical and Computer Engineering,
Hanyang University)

접수일자: 2008년4월26일, 수정완료일: 2008년5월6일

데이터 그리드는 분산된 대용량 데이터들을 효율적으로 공유하고, 사용할 수 있는 환경이다. 데이터 그리드에서 데이터 전송은 인터넷을 사용하기 때문에 대용량의 데이터를 전송하면 많은 시간이 소요되어 그리드 성능 저하의 주요인이 된다. 따라서 그리드의 성능 향상을 위해서는 각 사이트마다 복제 서버를 사용하여 데이터 복사본을 유지, 관리함으로써 전송속도를 줄일 수 있는 효율적인 데이터 복제 정책이 필요하다^[3]. 그리드 환경에서 데이터의 전송속도는 인터넷의 대역폭과 구조에 따라 결정된다^[4]. 특히 대용량의 데이터를 이용하는 데이터 그리드의 경우 그 영향은 더욱 크다. 하지만 기존의 데이터 복제 정책은 인터넷의 구조를 제대로 고려하지 않거나, 논리적인 토폴로지를 대상으로 하기 때문에 실제 그리드 환경에서는 적합하지 않으므로 그리드의 성능을 저하시킨다.

본 논문은 인터넷 구조의 특성을 이용해 네트워크를 분할하고 각 분할된 네트워크의 대역폭 특성을 이용하여 전송지연시간을 줄이는 정책을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존의 데이터 그리드 복제 정책에 대하여 설명한다. 그리고 III장에서는 제안하는 데이터 그리드 복제 정책인 RSIA 정책에 대하여 상세히 기술한다. IV장에서는 시뮬레이션을 통하여 제안하는 데이터 복제 정책이 기존의 복제 정책에 비해 우수함을 검증하고, V장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. 인터넷의 구조

인터넷은 전 세계의 로컬 네트워크들을 서로 연결하여 만든 거대한 네트워크이다. 각 로컬 네트워크를 인터넷에 연결하려면 먼저 ISP(Internet Service Provider)에 연결해야 한다. ISP는 국내 망과 해외 망을 연결하는 회선을 가진 네트워크이다. ISP는 AS(Autonomous System) 번호를 가지고 있다.

AS는 일정 이상 규모의 자율적인 네트워크 정책으로 운영되는 네트워크를 말한다. 로컬 네트워크 중에서도 앞의 요건을 충족하면 AS번호를 부여하고 ISP와 별개의 네트워크로 관리한다. 현재 대부분의 정부기관, 대기업, 중견기업, 대형 연구기관, 대학에 AS번호를 부여하여 독립적인 네트워크로 관리하고 있다. 그 외의 개인 회선 사용자들이나 벤처회사 등의 소형 네트워크들은 ISP의 AS로 묶여져 ISP의 네트워크 정책을 따르게 된

다. 그러므로 ISP는 다수의 AS와 연결되어 있으며 각 AS에 인터넷 서비스를 제공한다. ISP는 국내·외의 다른 ISP들이나 IX (Internet Exchange)와 연결하여 각 AS에서 요청하는 네트워크 연결을 제공한다. 현재 국내에는 4개의 IX와 78개의 ISP, 538개의 AS가 인터넷을 이루고 있다^[5].

AS번호를 가진 로컬 네트워크는 보통 기가비트급 이상의 고대역폭의 백본 네트워크로 구성되어 있기 때문에 내부 전송속도가 빠르다. 하지만 외부 네트워크와의 통신을 위해서는 ISP와 연결되는 외부라인을 경유해야 하는데, 외부로 연결되는 전용선에서는 내부 네트워크에 비해 훨씬 낮은 대역폭으로 인한 병목현상 때문에 전송속도가 저하된다. 외부 네트워크에 데이터를 전송하는 경우, 같은 ISP에 연결된 네트워크와 다른 ISP에 연결된 네트워크일 경우가 있다. 다른 ISP에 연결된 경우에는 더 많은 ISP들 간의 경로를 경유해야 한다. ISP의 네트워크는 다른 AS의 트래픽도 같이 집중되기 때문에 병목현상이 발생한다. 따라서 다른 ISP에 있는 네트워크의 경우 전송속도 저하가 더욱 크다.

2. BHR 정책

BHR(Bandwidth Hierarchy based Replication) 정책은 앞서 설명한 네트워크 내·외부의 대역폭 차이를 고려하여 설계한 복제 정책이다^[6]. 이 복제 정책은 네트워크가 특정 기준으로 묶여져 있을 때 내부 네트워크에 중복된 데이터를 삭제하고 최대한 많은 복사본들을 보유하여 외부 네트워크 참조를 줄임으로써 병목현상을 최소화한다. BHR 정책에서 제시하는 네트워크 토폴로

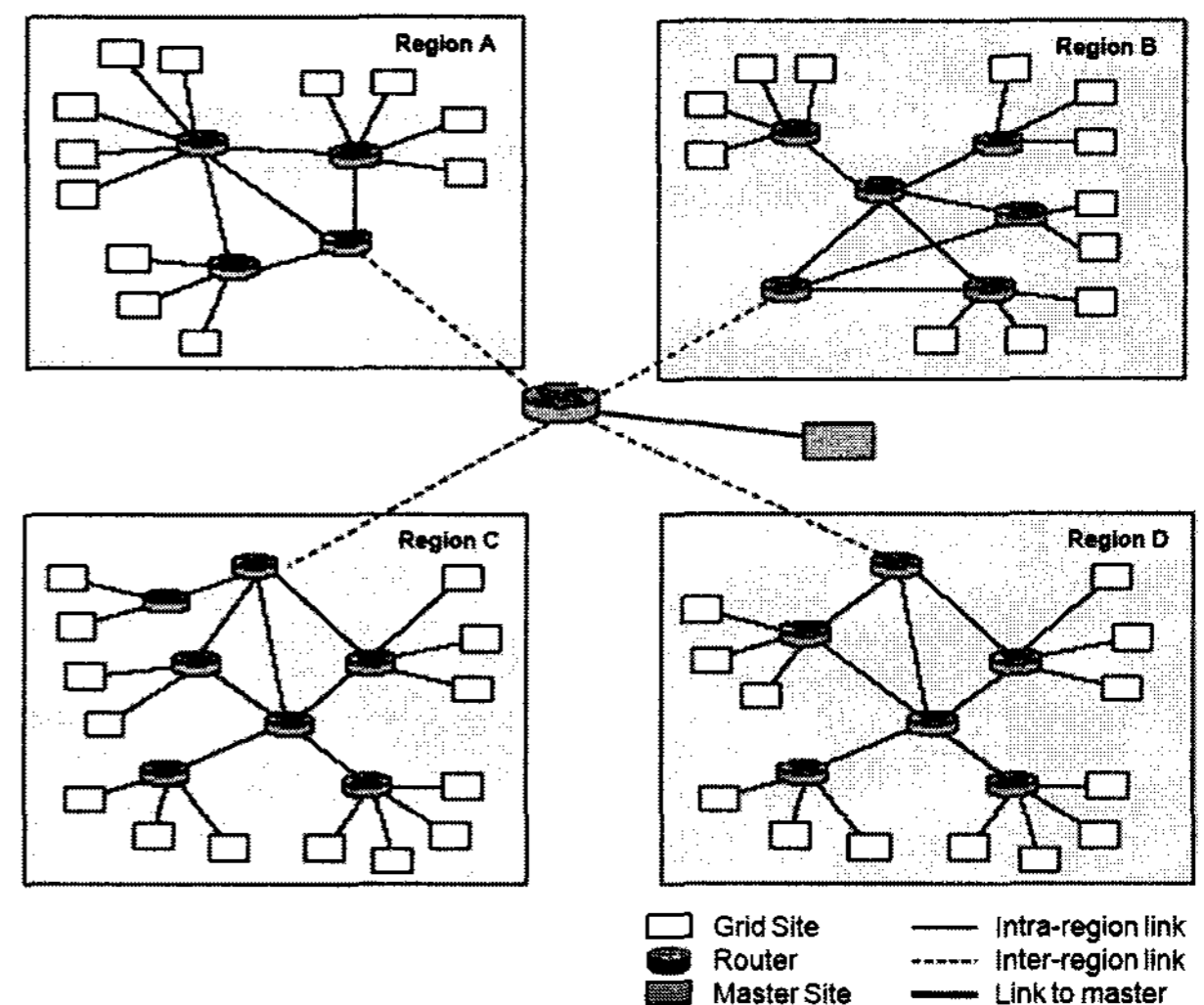


그림 1. BHR 정책의 네트워크 토폴로지
Fig. 1. Network topology from BHR strategy.

지는 그림 1과 같다.

그림 1에서는 네트워크를 지역(Region)으로 분할한다. 하지만 실제 인터넷에 BHR을 적용하려면 인위적으로 지역을 분할해주어야 한다는 문제점이 있다. 만약 BHR이 적용되는 그리드가 전 세계의 네트워크를 대상으로 한다면 인위적으로 지역을 나누는 것 자체가 거의 불가능하다.

III. 제안하는 데이터 복제 정책

본 논문에서는 인터넷 구조를 고려한 데이터 복제 정책으로 RSIA(Replication Strategy based on Internet Architecture)를 제안한다. 이 정책은 복사본 복제 알고리즘과 복사본 재배치 알고리즘으로 구성된다.

1. 복사본 복제 알고리즘

클라이언트가 사이트 내의 복제 서버에게 데이터를 요청하면 복제 서버는 자신이 가지고 있는 데이터를 전송하거나 다른 사이트에서 데이터를 받아서 전송한다. 그리고 복제 서버는 그 데이터의 저장 여부를 결정한다. 저장 공간이 있는 경우에는 복사본을 저장 하지만, 부족한 경우에는 기존의 복사본을 삭제한 후 저장한다.

기존의 복사본을 삭제할 때 1순위는 AS 내에 중복되는 복사본이고, 2순위는 ISP 내에 중복되는 복사본이다. 그리고 중복되는 복사본이 많을 경우에는 보유지수가 낮은 복사본을 먼저 삭제한다. AS내 복사본의 보유지수는 AS내에서의 접근빈도수와 파일 용량의 곱으로 구한다. ISP내 복사본의 보유지수는 ISP내에서의 접근빈도수와 파일 용량의 곱으로 구한다. 그리고 외부 복사본의 보유지수는 외부 AS에서 호출한 접근빈도수와 파일 용량의 곱으로 구한다.

복사본 복제 알고리즘은 그림 2와 같다. 복사본 복제 알고리즘은 AS와 ISP 단위의 2단계 복제 및 삭제 과정을 수행하기 때문에 데이터들이 저대역폭 구간을 통한 전송을 줄인다.

그림 2의 복제 알고리즘에서 복사본 저장 공간이 존재하면 바로 복사본을 저장한다. 하지만 복사본 저장 공간이 부족한 경우에는 복제 유형을 3가지로 분류할 수 있다.

첫째, 동일 AS 내에 있는 복사본을 전송 받은 경우에는 동일한 네트워크 내에 존재하기 때문에 데이터를 복제하지 않는다.

둘째, 동일한 ISP에 있는 다른 AS에서 복사본을 전

```

데이터전송;
if (사이트에 전송받은 데이터 저장 공간이 있는 경우)
    • 데이터 저장 후 종료
else { //저장 공간 부족
    if (동일 AS 내의 데이터를 전송 받은 경우)
        • 데이터 복제 없이 종료;
    else if (동일 ISP 내의 다른 AS의 데이터를 전송 받은 경우)
    {
        if (AS 내에 복사본 존재) {
            • 보유지수가 낮은 복사본을 탐색하여 삭제;
        }else {
            • 다른 AS의 복사본을 탐색;
            • 보유지수가 낮은 복사본 삭제;
        }
    }
    if (저장 공간 확보)
        • 데이터 저장 후 종료;
    else
        • 데이터 저장하지 않고 종료;
}
else if (다른 ISP의 데이터를 전송 받은 경우) {
    if (AS 내에 복사본 존재) {
        • 보유지수가 낮은 복사본을 탐색하여 삭제;
    }else {
        • 다른 AS의 복사본을 탐색;
        • 보유지수가 낮은 복사본 삭제;
    }
}
if (저장 공간 확보)
    • 데이터 저장 후 종료;
else {
    • 보유지수가 낮은 다른 복사본을 삭제
    • 저장 공간 확보 후 종료;
}
}
    
```

그림 2. 복제 알고리즘
Fig. 2. Replication algorithm.

송 받은 경우에는 자신이 속한 AS 내에 중복되는 복사본을 찾아 보유지수가 낮은 순서대로 삭제하여 저장 공간을 확보한다. 하지만 복사본이 존재하지 않으면 ISP 내의 다른 AS 내에 중복되는 복사본을 찾아 삭제한다. 그래도 저장 공간을 확보하지 못하면 복사본을 저장하지 않는다.

셋째, 다른 ISP에서 복사본을 전송받은 경우에는 자신이 속한 AS 내에 중복되는 복사본을 찾아 보유지수가 낮은 순서대로 삭제하여 저장 공간을 확보한다. 하지만 복사본이 존재하지 않으면 ISP 내의 다른 AS 내에 중복되는 복사본을 찾아 삭제한다. 그래도 저장 공간을 확보하지 못하면 저장할 복사본 보다 낮은 보유지수를 가진 기존의 다른 복사본을 보유지수 낮은 순서에 따라 삭제한다.

2. 복사본 재배포 알고리즘

RSIA는 하나의 AS내에 중복되는 복사본을 최소화한다. 하나의 AS에 많은 데이터가 유입되면 복사본들이 AS 내에 유일한 복사본이 되는 경우가 많아진다. 그러므로 한 AS의 규모가 크고 특정 데이터의 요청 빈도가 증가하면 이 사이트에 트래픽이 집중된다. 또한 저장된 복사본은 삭제가 되지 않으면 처음 저장된 서버에서 이동되지 않으므로 최적의 위치에 배치될 수 없다는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 방법이 복사본 재배포 알고리즘이다. 복사본 재배포 알고리즘은 그림 3과 같이 Load_Balancing()과 Replication_Relocation() 모듈로 구성된다.

그림 3에서 Load_Balancing() 모듈은 특정 사이트에 임계치 이상의 트래픽이 집중 될 경우 트래픽을 분산하는 기능을 제공한다. 즉, 특정 사이트의 네트워크 사용률이 임계치를 초과하면 최대의 외부(AS) 트래픽을 유발하는 파일을 요청 빈도수가 많은 AS의 사이트에 복사한다. 이때 저장 공간이 부족하면 복사본 복제 알고리즘을 이용하여 저장 공간을 확보한 후에 저장한다.

Replication_Relocation() 모듈은 복사본이 존재하는 AS내의 사이트에 의해 참조되는 빈도수 보다 다른 AS의 사이트가 참조하는 빈도수가 큰 경우에는 해당 AS로 복사본을 재배포시킨다. 이때 저장 공간이 부족하면 복사본 복제 알고리즘을 이용하여 저장 공간을 확보한 후에 저장한다.

```
// 한 사이트의 트래픽 집중 분산
void Load_Balancing()
{
    if (사이트의 네트워크 사용률 > 임계치) {
        • 서버의 복사본 중 최대 빈도수를 가진 복사본 탐색;
        • 해당 사이트에 복사
        if (저장 공간 부족)
            • 복제 알고리즘에 따라 저장 공간 확보 후 저장;
    }
}

// 최적의 위치에 복사본 재배포
void Replication_Relocation()
{
    if (AS 내의 참조 빈도수 < 외부 AS 참조 빈도 수) {
        • 외부 AS 사이트에 복사본 복사;
        if (저장 공간 부족)
            • 복제 알고리즘에 따라 저장 공간 확보 후 저장;
    }
}
}
```

그림 3. 복사본 재배포 알고리즘
Fig. 3. Replica relocation algorithm.

IV. 성능 평가

본 논문에서는 시뮬레이션을 통하여 제안하는 RSIA 복제 정책이 기존의 복제 정책에 비해 성능이 우수함을 보인다.

1. 시뮬레이션 환경

시뮬레이션에서는 Optorsim(Ver. 2.0)^[7~9]을 시뮬레이터로 사용한다. 각 복제 정책의 성능을 평가하는 척도로 평균작업실행시간을 사용한다. 평균작업실행시간은 각 사이트의 총작업시간을 산출한 후 작업 수로 나눈 값이다. 시뮬레이션에서 사용한 네트워크 토폴로지는 그림 4와 같다.

그림 4의 토폴로지는 실제 국내 인터넷 구조를 반영하도록 설계한다. 이 토폴로지에서는 IX 2개, ISP 4개, AS(ISP 포함) 17개로 구성한다. 그리드 사이트의 수는 55개이고 이를 연결하는 라우터 수는 39개이다. 각 인터넷 요소간의 대역폭은 실제 구축된 인터넷 대역폭을 참조하여 표 1과 같이 설정한다.

또한 작업과 파일의 크기, 사이트의 용량에 대한 파라미터는 표 2와 같이 설정한다.

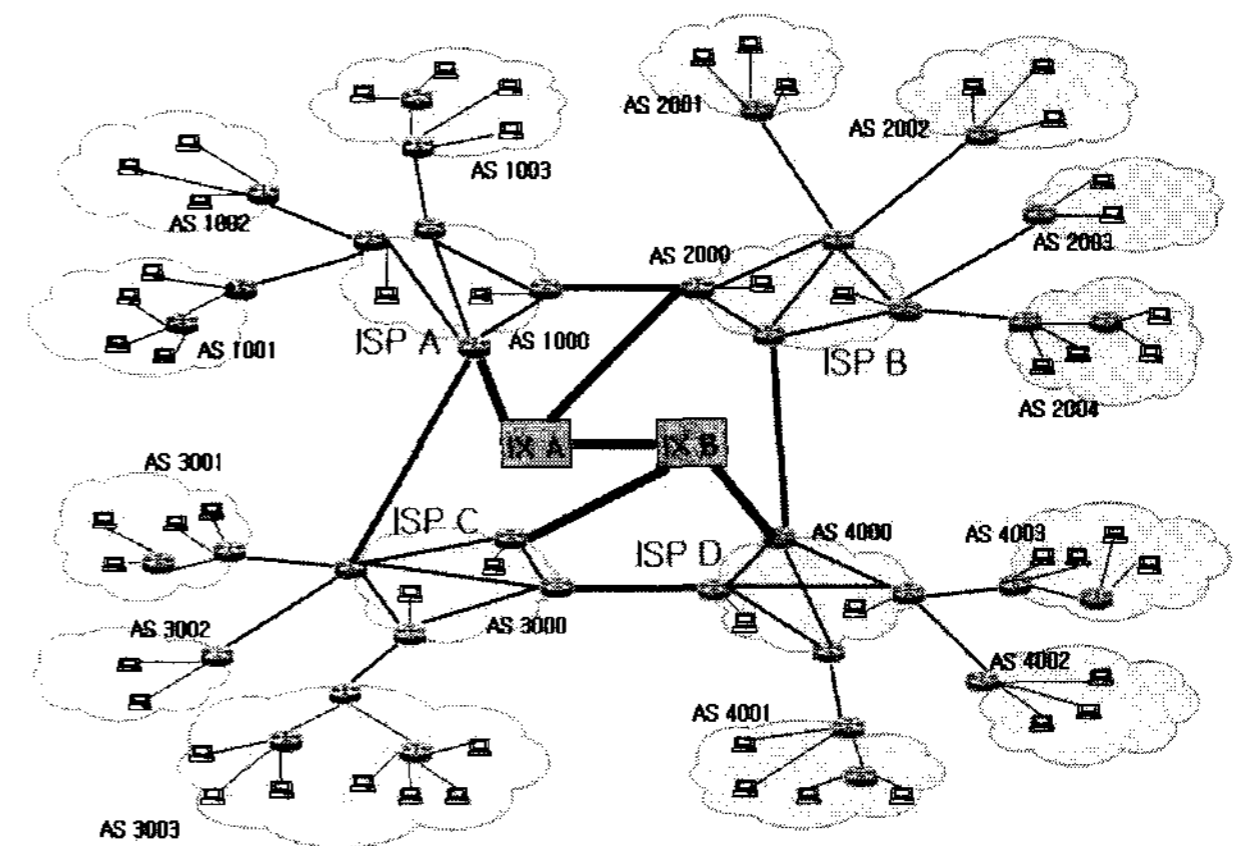


그림 4. 네트워크 토폴로지

Fig. 4. Network topology.

표 1. 인터넷 요소별 대역폭

Table 1. Bandwidth of each Internet element.

파라미터	값
AS 내부 사이트 간 연결	1Gbps
일반 AS 간 연결	90Mbps
ISP 간 연결	155Mbps
IX-ISP 간 연결	1Gbps
IX-IX 간 연결	2Gbps

표 2. 시뮬레이션 파라미터 설정

Table 2. Configuration of simulation parameters.

파라미터	값
작업 수	1000
작업 타입 수	50
작업에 할당된 파일 수	15
파일 크기	1GB
전체 파일의 용량	750GB
각 사이트의 저장 공간	20~100GB

2. 시뮬레이션 결과 분석

그리드 환경 외의 다른 인터넷 서비스에서 발생하는 백그라운드 트래픽의 정도에 따라 평균작업실행시간을 구하면 그림 5와 같다.

그림 5에서 백그라운드 트래픽1은 네트워크 링크에 따라 10~35%의 트래픽을 설정한 것이며, 트래픽2는 20~70%의 트래픽을 설정한 것이다. 그림 5를 살펴보면 무복제 정책과 BHR 복제 정책에 비해 RSIA 복제 정책이 우수함을 알 수 있다. RSIA 복제 정책은 복사본 재배치 알고리즘을 적용함으로써 BHR 복제 정책에 비해 4~11% 정도 성능을 향상시켰다. 그리고 백그라운드 트래픽이 증가할수록 RSIA의 성능이 우수함을 알 수 있다. 이것은 병목구간의 대역폭이 줄어들면서 기존의 복제 정책의 지연시간이 증가했기 때문이다.

저장 공간의 크기가 성능에 미치는 영향을 알아보기 위해 저장용량에 따른 평균작업실행시간을 구한 결과는 그림 6과 같다.

그림 6을 살펴보면 각 사이트의 저장 공간이 증가할

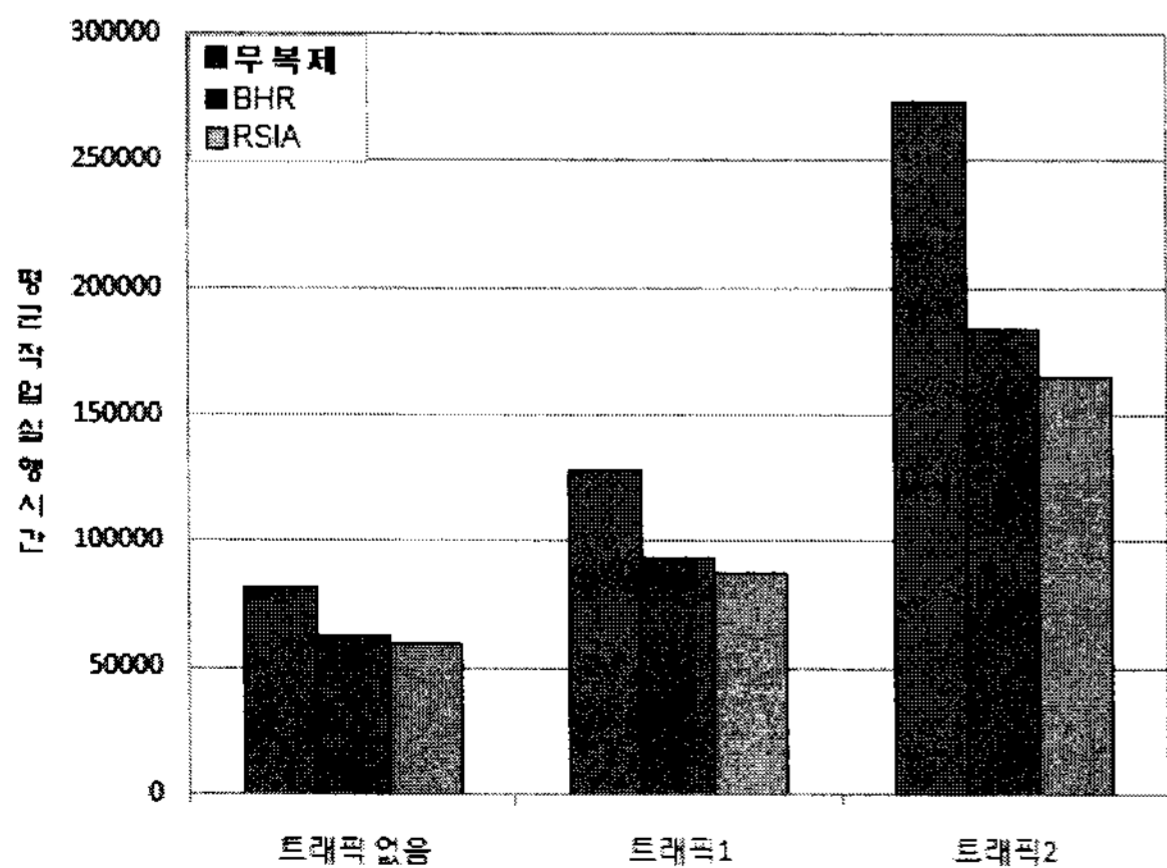


그림 5. 백그라운드 트래픽 별 평균작업실행시간

Fig. 5. Average job execution time of each background traffic.

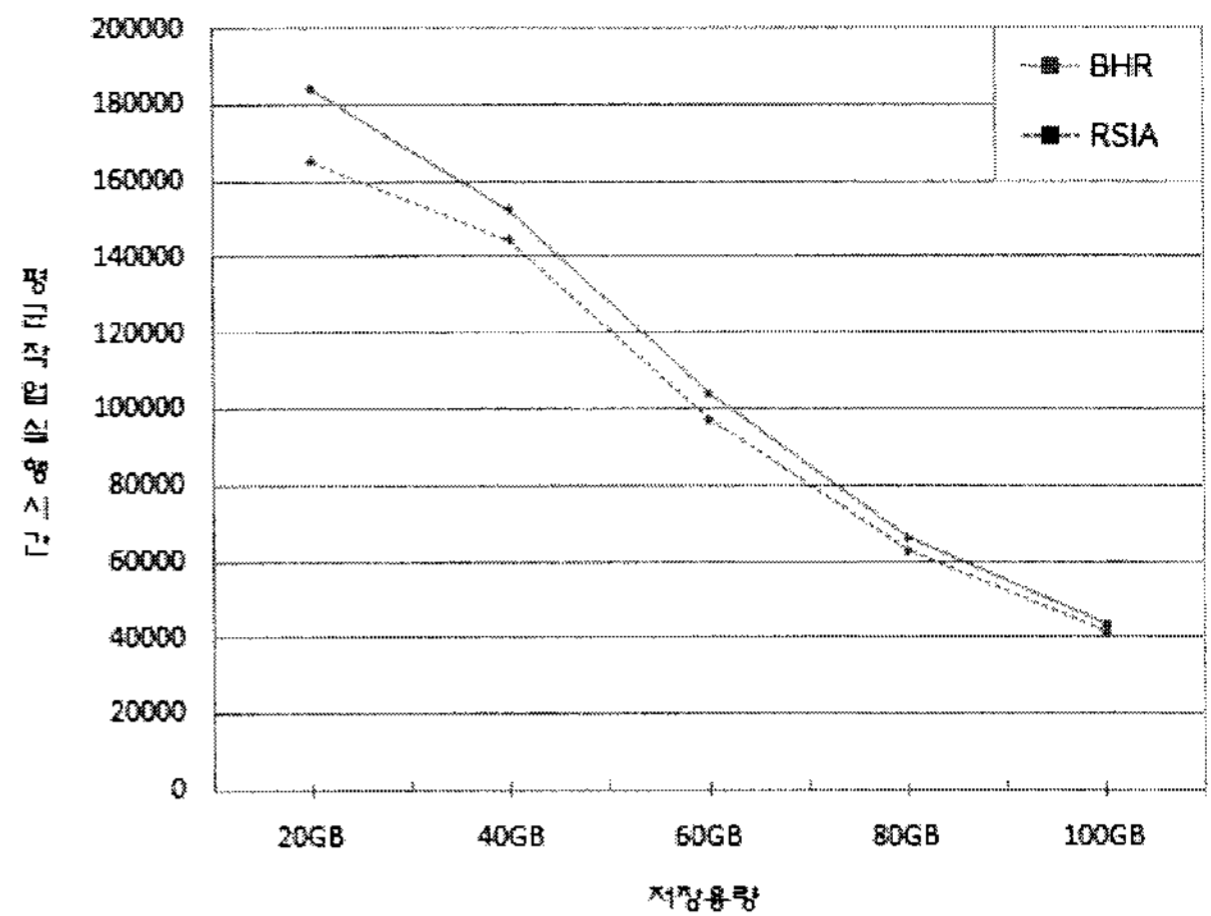


그림 6. 저장용량 별 평균작업실행시간

Fig. 6. Average job execution time of each storage space.

수록 BHR과 RSIA의 평균작업실행시간 차가 줄어드는 것을 알 수 있다. 이것은 각 사이트의 저장 공간이 증가하면 복사본 저장에 따른 병목 구간 사용을 줄일 수 있기 때문이다.

V. 결 론

본 논문에서는 인터넷의 요소와 대역폭 특성에 적합한 데이터 복제 정책으로 RSIA를 제안한다. 이 정책에서는 인터넷 전송지연의 주요 원인이 되는 AS와 ISP 사이의 병목 구간 사용을 최소화한다. 즉, 각 AS와 ISP 단위로 최대한 많은 복사본을 보유하여 병목구간 사용을 줄이는 것이다. 따라서 각 사이트의 작업처리시간을 줄이고, 데이터 그리드 전체의 성능을 향상시키는 효과를 얻을 수 있다. 또한 한 AS의 특정 데이터의 요청 빈도가 증가하면서 네트워크 트래픽이 증가하는 문제점을 복사본 재배치를 통하여 해결한다.

시뮬레이션에서는 복사본 재배치 알고리즘을 적용한 RSIA가 BHR 정책에 비해 4~11% 정도 성능 향상이 있음을 알 수 있다. 특히 백그라운드 트래픽이 증가할수록 가용 대역폭이 감소하고, 각 네트워크 구간의 병목현상이 심해지면 RSIA의 성능은 더욱 향상됨을 알 수 있다. 또한 각 사이트의 저장 공간을 증가시키면 복사본 저장에 따른 병목 구간 사용을 줄일 수 있음을 알 수 있었다.

향후 연구과제는 제안한 정책에 여러 타입의 데이터를 적용시키는 것이다. 그리드는 멀티미디어 스트리밍이나 데이터베이스 등 다양한 컴퓨팅 응용영역에서 사

용할 수 있으며 그 환경에 필요한 데이터들은 다양한 규모와 특성이 존재한다. 그리드 환경이 달라져도 인터넷을 통한 데이터 전송이 이루어지기 때문에 본 논문에서 제안하는 데이터 복제 정책을 활용할 수 있다. 따라서 데이터들의 규모와 특성에 따른 데이터 복제 정책에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] Viktors Berstis, "Fundamentals of Grid Computing," IBM Redbooks, Nov. 2002.
- [2] Ian Foster, Carl Kesselman, "The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure," Morgan Kaufmann, 2004.
- [3] Kavitha Ranganathan and Ian Foster, "Identifying Dynamic Replication Strategies for a High Performance Data Grid," Proc. International Workshop on Grid Computing, Nov. 2002.
- [4] 오상원, 이원주, 전창호, "데이터 그리드를 위한 효율적인 Peer-to-Peer 기반 복제 정책," 전자공학회 논문지, 제45권, CI편, 제 2호, 10-17쪽, 2008년 3월
- [5] 인터넷 통계 정보검색시스템, <http://isis.nic.or.kr/>
- [6] Sang-Min Park, Jai-Hoon Kim, Young-Bae Ko, and Won-Sik Yoon, "Dynamic Data Grid Replication Strategy based on Internet Hierarchy," Proc. International Workshop on Grid and Cooperative Computing(GCC'2003), Dec. 2003.
- [7] David G. Cameron, Ruben Carvajal-Schiaffino, A. Paul Millar, Caitriana Nicholson, Kurt Stockinger, and Floriano Zini, "OptorSim c1.0 Installation and User Guide," Feb. 2004.
- [8] OptorSim - A Replica Optimizer Simulation: <http://edg-wp2.web.cern.ch/edg-wp2/optimization/optorsim.html>
- [9] Ming Tang, Bu-Sung Lee, Chai-Kiat Yeo and Xueyan Tang, "Dynamic Replication Algorithms for the Multi-tier Data Grid," Future Generation Computer Systems, Vol. 21, Issue 5, pp. 775-790, May 2005.

저자 소개



김준상(정회원)
2003년 한양대학교
전자컴퓨터공학부 학사.
2005년 한양대학교
컴퓨터공학과 석사.
2008년 한양대학교
컴퓨터공학과 박사수료.

2008년 5월 해군사관학교 전산과학교관
<주관심분야 : 병렬처리시스템, Grid 컴퓨팅>



이원주(정회원)-교신저자
1989년 한양대학교
전자계산학과 학사.
1991년 한양대학교
컴퓨터공학과 석사.
2004년 한양대학교
컴퓨터공학과 박사.

1999년~2008년 2월 두원공과대학
모바일인터넷과 부교수.
2008년 3월 현재 인하공업전문대학 컴퓨터정보
공학부 컴퓨터정보과 부교수.
<주관심분야 : 병렬처리시스템, 인터넷 및 모바일
컴퓨팅, Grid 컴퓨팅, 센서네트워크>



전창호(평생회원)
1977년 한양대학교
전자공학과 학사.
1982년 Cornell University,
컴퓨터공학과 석사.
1986년 Cornell University,
컴퓨터공학과 박사.

1977년~1979년 전자통신연구소 연구원.
1989년~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수.
<주관심분야 : 병렬처리시스템, 성능분석, Grid 컴
퓨팅, 센서네트워크>