

인터넷 구조를 고려한 동적 데이터 그리드 복제 정책

김준상^o, 이원주^{*}, 전창호^{**}

한양대학교 컴퓨터공학과^o, 두원공과대학 인터넷프로그래밍과^{*}, 한양대학교 컴퓨터공학과^{**},
kimjs@cse.hanyang.ac.kr^o, wonjoo@doowon.ac.kr^{*}, chjeon@cse.hanyang.ac.kr^{**}

A Dynamic Data Grid Replication Strategy Considering Internet Architecture

Junsang Kim^o, Wonjoo Lee^{*}, Changho Jeon^{**}

Department of Computer Science & Engineering, Hanyang University^o,

Department of Internet Programming, Doowon Technical College^{*},

Department of Computer Science & Engineering, Hanyang University^{**}

요 약

인터넷은 수많은 AS(Autonomous System)들로 이루어져 있으며, 각 AS들은 ISP(Internet Service Provider)를 통하여 인터넷에 접속한다. AS와 ISP 사이에는 계층성과 네트워크 속도 차에 따른 대역폭 병목현상이 존재한다. 이러한 인터넷의 물리적 네트워크 구조는 그리드 환경에서 데이터 접근시간에 가장 큰 영향을 미친다. 기존의 데이터 그리드 복제 정책은 물리적 네트워크의 구조를 고려하지 못하였기 때문에 실제 인터넷 환경에서 최적의 성능을 얻지 못하는 문제점이 있었다. 본 논문에서는 실제 인터넷의 물리적 네트워크 구조를 고려한 데이터 그리드 복제 정책을 제안한다. 이 복제 정책은 ISP와 AS 단위로 복사본을 유지하여 병목현상을 최소화함으로써 전체적인 데이터 그리드의 성능을 향상시킨다.

1. 서론

그리드는 광대역 네트워크를 통하여 이기종 컴퓨팅 자원을 가상 조직(Virtual Organization)으로 결합하여 공유할 수 있도록 하는 컴퓨팅 환경이다. 특히 그리드의 한 종류인 데이터 그리드는 전세계에 분산된 데이터를 공유할 수 있도록 하여 협동 연구환경을 제공한다[1]. 데이터 그리드는 데이터 자원들이 지리적으로 분산되어 있기 때문에 성능 향상을 위해 데이터의 복사본을 생성하고 배치한다. 따라서 데이터 그리드의 성능 향상을 위해서는 복사본을 생성하고, 배치 및 유지하는 효율적인 복제 정책이 필요하다.

기존의 복제 정책은 물리적인 네트워크 구조를 고려하지 않았기 때문에 실제 인터넷 상에 구축된 그리드에 적용할 경우 최적의 성능을 얻지 못하는 문제점이 있었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 물리적인 인터넷 구조를 고려한 현실적인 복제 정책을 제안한다.

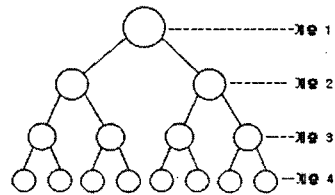
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 데이터 그리드 복제 정책에 대하여 설명한다. 3장에서는 제안하는 복제 정책에 대하여 자세히 설명한다. 그리고 4장에서 성능평가에 대하여 설명하고, 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 논리적인 계층구조 기반의 복제 정책

Ranganathan은 계층적 구조로 이루어진 트리 형태의 논리적인 토폴로지를 이용하여 캐싱+연속형 복제, 고속 확산

등 6가지 복제 정책을 제안하였다[2].

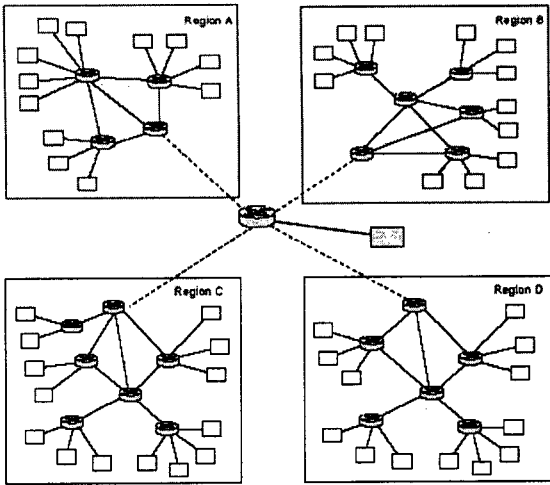


<그림 1> 계층적 구조로 이루어진 트리 형태의 토폴로지

실제 그리드 환경은 물리적인 인터넷 환경에 기반하여 구축되기 때문에 <그림 1>과 같은 계층적 구조를 갖지 않는다. 또한, 데이터 생성도 계층에 관계없이 이루어진다. 따라서 이 정책을 그리드에 적용할 경우 최적의 성능을 얻지 못한다.

2.2 BHR 정책

BHR 정책은 네트워크가 특정 기준으로 그룹을 형성할 때 내부와 외부 네트워크 사이의 대역폭 차로 인한 병목현상을 줄이기 위한 복제 정책이다. 이 복제 정책은 내부 네트워크에 중복된 데이터를 삭제하고 최대한 많은 복사본들을 저장하여, 외부 네트워크 참조 빈도수를 줄임으로써 병목현상을 최소화한다[3].



<그림 2> BHR 정책에서 제시한 토폴로지

BHR 정책은 <그림 2>와 같이 네트워크를 지역(region) 단위로 분할한다. 그러나 지역(region) 단위로 분할하는 기준을 제시하지 못하였다. 따라서 실제 물리적 구조의 인터넷상에 구현한 그리드 환경에 BHR 정책을 적용할 경우 최적의 성능을 얻지 못하는 문제점이 있다.

3. 인터넷 구조를 고려한 데이터 복제 정책

인터넷은 수많은 AS(Autonomous System)들로 구성된다. 각 AS는 고유의 AS번호를 가지며, 자율적인 네트워크 정책의 운영이 가능하다. 각 AS들은 ISP(Internet Service Provider)를 통하여 인터넷에 접속한다. ISP는 인터넷에 직접 접속하거나 IX(Internet Exchange)를 통하여 인터넷에 접속한다. 일반적으로 AS내부는 높은 대역폭 네트워크로 구성되지만 ISP와 연결되는 전용선의 대역폭은 매우 낮다. 따라서 ISP를 경유할 때 병목현상이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 병목현상을 최소화하는 새로운 IAR(Internet Architecture based Replication) 정책을 제안한다. 이 복제 정책은 ISP와 AS단위로 복사본을 유지하여 병목현상을 최소화함으로써 그리드의 성능을 향상시킨다. 이 정책은 복사본 복제 알고리즘과 재배치 알고리즘으로 구성된다.

3.1 복제 알고리즘

IAR 정책의 복사본 복제 알고리즘은 ISP를 경유할 때 발생하는 병목현상을 최소화하기 위해 ISP와 AS단위로 복사본을 유지한다. 복제 알고리즘은 <그림 3>과 같다.

<그림 3>에서 새로운 복사본을 저장할 공간이 부족할 경우에는 기존의 다른 복사본을 삭제해야 한다. 이때 삭제할 복사본의 우선순위는 복사본 크기와 요청 빈도수를 고려한 빈도점수를 사용하여 결정한다. 빈도점수는 식(1)과 같이 계산한다. 빈도점수는 AS, ISP, 외부에서 개별적으로 구한다.

$$\text{빈도점수} = \text{복사본 크기} \times \text{요청 빈도수} \dots\dots\dots(1)$$

```

데이터를 전송 받아 처리;
if (사이트에 전송 받은 데이터를 저장할 공간이 있는 경우)
    데이터 저장 후 종료;
else {
    if (동일 AS에 존재하는 데이터를 전송 받은 경우)
        서버에 저장하지 않고 종료;
    else if (동일 ISP의 다른 AS에서 데이터를 전송 받은 경우)
        for (서버에 저장된 복사본을 빈도점수(AS)순으로 호출) {
            if (AS 내부의 다른 사이트의 복사본과 중복된 경우)
                중복된 복사본 삭제;
            if (저장공간이 충분한 경우)
                데이터 저장 후 종료;
        }
    for (서버에 저장된 복사본을 빈도점수(AS)순으로 호출) {
        if (새 복사본 빈도점수(AS) > 기존 복사본 빈도점수(AS))
            복사본 삭제;
        if (저장공간이 충분한 경우)
            데이터 저장 후 종료;
    }
} else if (다른 ISP에서 존재하는 데이터를 전송 받은 경우) {
    for (서버에 저장된 복사본을 빈도점수(AS)순으로 호출) {
        if (AS 내부의 다른 사이트의 복사본과 중복된 경우)
            중복된 복사본 삭제;
        if (저장공간이 충분한 경우)
            데이터 저장 후 종료;
    }
    for (서버에 저장된 복사본을 빈도점수(ISP)순으로 호출) {
        if (ISP 내의 복사본과 중복된 경우)
            중복된 복사본 삭제;
        if (저장공간이 충분한 경우)
            데이터 저장 후 종료;
    }
    for (서버에 저장된 복사본을 빈도점수(AS)순으로 호출) {
        if (새 복사본 빈도점수(AS) > 기존 복사본 빈도점수(AS))
            복사본 삭제;
        if (저장공간이 충분한 경우)
            데이터 저장 후 종료;
    }
}
}
}
    
```

<그림 3> 복제 알고리즘

3.2 재배치 알고리즘

IAR 정책은 하나의 AS내에 중복되는 복사본 저장을 최소화한다. 따라서 AS에 많은 데이터가 유입되는 경우 복사본 저장을 위해 중복되는 복사본을 삭제하기 때문에 하나의 복사본만이 저장되는 경우가 많아진다. 따라서 AS의 특정 데이터에 대한 요청이 증가하면 그 데이터를 소유한 사이트에 트래픽이 집중된다. 또한 저장된 복사본은 삭제가 되지 않는 한 다른 서버로 이동하지 못하기 때문에 최적의 위치에 재배치할 수 없다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 <그림 4>의 복사본 재배치 알고리즘을 사용한다.

재배치 알고리즘은 Load_Balancing() 과정과 Replication_Moving() 과정으로 구성된다. Load_Balancing() 과정은 하나의 사이트에 집중되는 트래픽을 분산시킨다. 이 과정에서 복사본은 복사본은 저장공간이 충분하지 않아 삭제되는 경우 최우선적으로 삭제되는 것을 방지하기 위해 최저 우선순위로 지정한다. Replication_Moving 과정은 최적의 위치에 복사본을 재배치하기 위해 복사본을 이동시킨다.

```

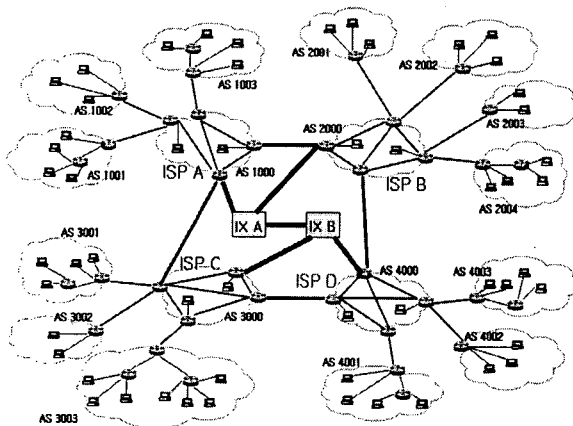
void Load_Balancing() //하나의 사이트에 집중되는 트래픽 분산
{
    if(사이트의 네트워크 사용률 > 임계치){
        R= 외부의 빈도정수가 최대인 복사본;
        A= R을 가장 많이 호출한 외부 AS;
        for (A에서 R을 가장 많이 요청한 순서대로 호출)
        {
            if(저장공간이 충분한 경우){
                R 저장 & 최저 우선순위 지정;
                종료;
            }
            else{
                충분한 저장공간 확보를 위해 기존 복사본 삭제;
                R 저장 & 최저 우선순위 지정;
                종료;
            }
        }
    }
}

void Replication_Moving() //최적의 위치에 복사본 재배치
{
    for(사이트의 복사본을 순서대로 호출){
        if(내부 빈도정수 > 외부 빈도정수){
            R= 외부 빈도정수가 최대인 복사본;
            A= R을 가장 많이 호출한 외부 AS;
            for (A에서 R을 가장 많이 요청한 순서대로 호출)
            {
                if(저장공간이 충분한 경우){
                    R 저장 후 전송 받은 사이트의 R 삭제;
                    종료;
                }
                else{
                    충분한 저장공간 확보를 위해 기존 복사본 삭제;
                    R 저장 후 전송 받은 사이트의 R 삭제;
                    종료;
                }
            }
        }
    }
}
    
```

<그림 4> 재배치 알고리즘

4. 성능 평가 및 결론

본 논문에서는 OptrorSim 시뮬레이터를 사용하여 제안하는 IAR 정책의 성능을 평가한다. 성능 평가 척도는 총 작업 실행시간을 사용한다. 총 작업 실행시간은 각 사이트에 할당된 작업의 실행이 종료되는데 소요되는 시간이다. 본 논문에서 사용한 네트워크 토폴로지는 <그림 5>와 같다.



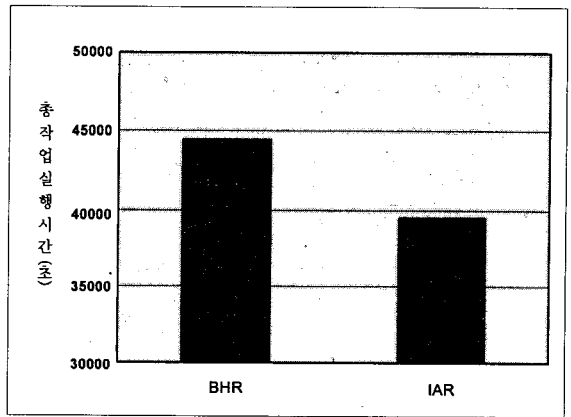
<그림 5> 네트워크 토폴로지

<그림 5>의 토폴로지는 ISP와 AS들이 계층구조로 연결되어 있는 국내의 인터넷 구조를 고려한 형태이다. 각 구성요소 간의 네트워크 대역폭은 <표 1>과 같이 지정한다.

<표 1> 각 구성요소간의 네트워크 대역폭

파라미터	값
AS 내부 사이트간 연결	1Gbps
일반 AS 간 연결	90Mbps
ISP 간 연결	155Mbps
IX-ISP 간 연결	1Gbps
IX-IX 간 연결	2Gbps
각 사이트의 저장공간	50GB

시뮬레이션은 총 750GB로 구성된 1000개의 작업을 무작위로 각 사이트에 할당한 후 진행하였으며, 그 결과는 <그림 6>과 같다.



<그림 6> 총 작업 실행시간

<그림 6>을 살펴보면 IAR정책은 BHR정책에 비해 약 11%의 총 작업 실행시간을 단축하였다. 따라서 ISP와 AS단위로 복사본을 유지하여 병목현상을 최소화하는 IAR 정책이 그리드의 성능을 향상시키는데 효과가 있음을 알 수 있다.

5. 참고 문헌

- [1] Ian Foster, Carl Kesselman, The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure, Morgan Kaufmann, 2004.
- [2] Kavitha Ranganathan and Ian Foster, "Identifying Dynamic Replication Strategies for a High Performance Data Grid", International Workshop on Grid Computing, Denver, Nov. 2001.
- [3] Sang-Min Park, Jai-Hoon Kim, Young-Bae Ko, and Won-Sik Yoon, "Dynamic Data Grid Replication Strategy based on Internet Hierarchy", 2nd International Workshop on Grid and Cooperative Computing(GCC'2003), Dec. 2003.