

그리드 환경에서 NWS를 이용한 네트워크 정보 제공자 구현

김도현, 강경우, 강윤희, 조광문
천안대학교 정보통신학부

e-mail : dhkim@cheonan.ac.kr

Development of a Network Information Provider Using NWS in Grid Environments

Do Hyeon Kim, Kyung Woo Kang, Yun Hee Kang, Kwang Moon Cho
Dept. of Information & Communication, Cheonan University

요 약

최근 지리적으로 분산된 고성능 컴퓨터 자원을 네트워크로 상호 연동하여 사용할 수 있도록 하는 그리드 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 Globus 툴킷에서 사용자에게 자원의 상태 정보를 서비스하는 MDS (Metacomputing Directory Service)에 링크의 대역폭이나 지연 시간 등의 네트워크 자원 정보를 제공하는 네트워크 정보 제공자를 개발한다. 이를 위해 Globus 툴킷의 MDS와 NWS 시스템을 분석하고, 이를 바탕으로 NWS의 센서 부분을 이용하여 네트워크 정보 스키마 정의, 정보 제공자 프로그램 작성, MDS 구성 파일 수정 등을 통해 네트워크 정보 제공자를 구현한다.

1. 서론

최근 통신과 컴퓨터의 발전으로 컴퓨터 사용자들은 대부분의 잠재적인 가용 자원들이 고속 네트워크를 통해 연결되고 있다. 더불어 많은 사용자들이 광범위하게 흩어져 있는 컴퓨팅 및 데이터 자원들을 네트워크의 도움으로 쉽게 이용할 수 있게 되었다. 이와 같이 지리적으로 분산되어 있는 컴퓨팅 자원을 네트워크로 상호 연동하여 조직과 지역에 관계없이 사용할 수 있는 환경을 구축하고 있다. 이러한 통합된 환경을 그리드 (Grid)라는 용어를 가지고 표현하고 있다. 그리드라는 단어는 1990년 중반 미국의 슈퍼 컴퓨팅 센터를 중심으로 고성능의 분산 컴퓨팅 인프라를 구축하면서 시작되었으며, 현재 컴퓨팅 자원 통합에 있어서 동일 기종 컴퓨터뿐만 아니라 이기종 컴퓨팅 자원들과 대용량 저장장치, 다양한 고성능 연구 장비들이 포함하고 있다.

전 세계적으로 그리드 구축을 위한 움직임들이 있는데 개발중인 대부분의 그리드 시스템은 계층적인

구조이다. 그리드 구조는 기반요소, 미들웨어, 개발 툴, 어플리케이션으로 이루어져 있다. 그 중 그리드 미들웨어는 가장 핵심 요소이며, 프로세스 관리, 정보 서비스, 자원들의 동시 사용, 저장장치의 접근, 정보 보안, 사용자 인증, QoS, 자원에약 등과 같은 핵심 서비스들을 제공한다.

이들 그리드 미들웨어 서비스 중에서 정보 서비스는 그리드 환경에서 중요한 요소로서 분산되어 있는 그리드 환경 내에 존재하는 자원들에 관한 최신의 정보를 사용자 또는 그리드 미들웨어의 다른 요소 시스템에 제공하는 시스템이다.

그리드 내에서 정보 서비스는 인터넷에서 DNS와 비슷한 역할을 수행한다. 사용자는 자신이 속한 VO (Virtual Organization) 내에서 자원들의 정보를 쉽게 검색하고 자신이 필요한 자원을 사용하기 원한다. 이와 같이 정보를 제공하기 위해서는 자원들에 관한 정보를 수집하고 정리해서 사용자 또는 다른 미들웨어에게 제공하는 정보 서비스가 필요하다.

그리드 환경에서 각 자원은 원격지에 흩어져 있고

서로 다른 기관이 관리하기 때문에 각 시점에 따라 상태가 자주 변한다. 각 시스템의 부하, 사용 가능한 디스크 용량, 각 프로세서의 사용 가능 여부 등과 같은 정보는 시간에 따라 변하는 요소들이지만 그리드의 사용자 입장에서는 가장 최신의 정보를 얻을 수 있어야 한다.

전세계적인 그리드 구축 과제에서 가장 많이 사용되고 있는 Globus 툴킷에서는 사용자에게 자원의 상태 정보를 서비스하기 위해 MDS (Metacomputing Directory Service)라고 하는 요소를 제공한다. MDS는 그리드 내에 존재하는 자원들의 상태 정보를 공유하고 사용자들에게 제공한다.

현재 MDS에는 네트워크에 연결된 인터페이스의 상태 정보를 제공하지만 실질적으로 필요한 링크의 대역폭이나 지연 시간 등의 네트워크 자원 정보를 제공하지 못하는 문제점을 갖고 있다. 본 논문에서는 네트워크 및 컴퓨팅 자원의 가용성을 측정하고 수집한 관련 성능 정보를 제공하는 NWS (Network Weather Service)의 센서 프로세스를 이용하여 MDS에 네트워크 자원 정보를 지원하는 정보 제공자를 구현한다.

서론에 이어서 2 장에서는 Globus MDS의 자원 정보 서비스와 NWS의 구조와 네트워크 센서 부분을 분석한다. 3 장에서는 NWS를 이용하여 네트워크 자원 정보를 MDS에 제공하는 정보 제공자의 구현하기 위한 정보 스키마 정의, 정보 제공자 프로그램 작성, 수정된 MDS 구성 파일 등의 내용을 기술하고, 4 장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 MDS

MDS는 시스템 구성요소에 관한 정보가 언제나 이용 가능 하도록 함으로써 정보가 풍부한 환경을 제공할 수 있도록 설계되어 있다. MDS는 시스템 구조 타입, 운영체제의 버전, 컴퓨터의 메모리 용량, 이용 가능한 통신 프로토콜, IP주소와 네트워크 사이의 핏팅 등에 관련된 정보를 저장하고 이용 가능하도록 하고 있다. MDS는 그리드의 구조와 상태에 관련된 정보를 발견하고 출판하고 접근할 수 있도록 하는 도구집합과 API를 제공한다. 다른 Globus 컴포넌트와 마찬가지로 공식적 또는 사실상의 표준이 가능한 곳마다 MDS가 사용되었다. MDS는 정보를 저장하고 사용자들에게 제공하기 위해 LDAP (Lightweight Directory Access Protocol)을 이용하고 있다[1].

LDAP은 체계적이고 트리 구조의 DIT(Directory Information Tree)라 불리는 이름 공간을 정의하고 분산 서비스로 설계되었다. 임의의 서브트리는 독특한 서비스와 연관되어질 수 있다. 그러므로 MDS를 지원하는 데 필요한 지역적인 서비스는 실질적으로 LDAP 서버이고 동시에 그 사이트 안에 있는 자원들의 구조와 상태에 대한 최근의 정보로 구성된 유틸리티라고 할 수 있다. 전역적인 MDS 서비스는 단순히 이러한 서버들의 집합체라고도 할 수 있다.

정보 서비스를 위해 Globus MDS에서는 두 개의 서

버를 제공하는데, 각 자원의 정보를 수집하는 GRIS(Grid Information Service)와 수집된 정보를 통합하는 GIIS(Grid Index Information Service)이다. 그림 1 은 MDS 구성을 보여주고 있다. 이들이 수집하여 제공하는 정보는 각 자원의 구조, 노드 수, 부하 정보, 배치 작업 스케줄러 등이다. 이들 정보는 LDIF(LDAP Data Interchange Format) 형태로 API나 SDK를 통해서 어플리케이션 개발자나, Resource Broker 등에 제공된다.

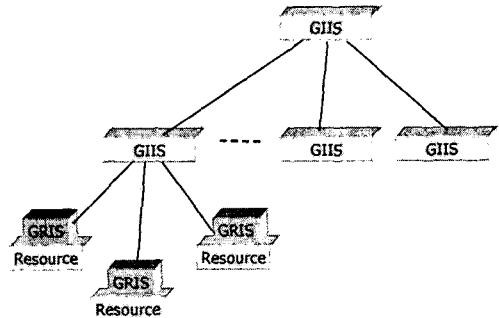


그림 1. Globus MDS 구성

2.2 NWS

NWS는 네트워크 및 컴퓨팅 자원의 가용성을 측정하고 수집한 관련 성능 정보를 기반으로 짧은 기간의 성능 예측을 제공하는 분산 시스템이다. 이 시스템의 목적은 네트워크와 컴퓨팅 자원뿐만 아니라 응용 레벨까지 사용 가능한 동적인 성능 정보의 특징을 표시하고 이것을 통해 성능을 예측하는 것이다. 이러한 성능 예측을 통하여 그리드 응용 서비스를 위한 동적인 스케줄링 에이전트를 성공적으로 구현할 수 있다[2].

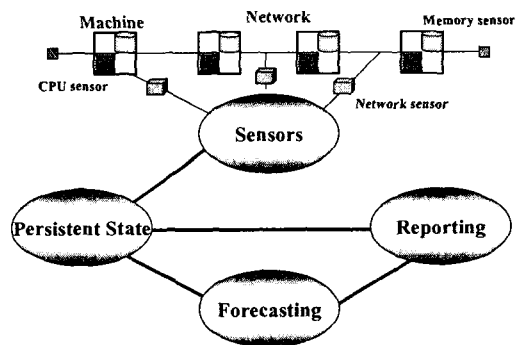


그림 2. NWS 구조

NWS는 감시(monitor), 예측(forecast), 보고(report) 등의 3 가지 기능을 제공하고 있다. 먼저 감시 기능은 센서를 이용하여 분산된 컴퓨팅 자원으로부터 가용한 성능을 확인한다. 예측 기능은 통계적 예측 모델을 이용하여 미래 성능 수준을 예상한다. 마지막으로 보고 기능은 사용자가 스케줄링과 응용 서비스 제공을 위해 감시나 예측 데이터를 확인할 수 있도록 지원한다.

현재 NWS는 그림 2 와 같이 PS(Persistent State), NS(Name Server), 센서(Sensor), 예측(Forecaster) 등의 4 가지 주요 프로세스로 구성되어 있다. 이들 4 개의 프로세스는 유닉스 환경에서 C로 구현되었으며, 데이터 전송을 위해 TCP/IP 소켓 네트워크 라이브러리를 사용하고 있다.

현재 활동 중인 컴퓨팅과 네트워크 자원으로부터 정확한 성능 정보를 수집에 관한 연구는 많으나, NWS에서는 성능을 측정하기 위해 기존의 성능 감시 유틸리티와 사용중인 자원 점유시간을 사용하고 있다. 현재 NWS에서는 새로운 프로세스에 대한 가용한 CPU 점유 시간 비율, TCP 연결 시간, 종단간 TCP 지연 및 종단간 TCP 대역폭 등을 측정하는 것을 지원하고 있다. 이와 같은 특정 자원으로부터 성능 정보를 수집하기 위해 센서를 구현하였다. 센서는 특정 자원에 대한 시간 스탬프에 따른 성능 측정 정보를 수집하고 저장한다. NWS센서에는 네트워크 센서와 CPU 센서가 있다[3].

현재 네트워크 센서는 작은 메시지 왕복 시간, 큰 메시지 처리율(throughput) 및 TCP 소켓 연결/끊김 시간 등의 3 가지 네트워크 성능 특성을 측정할 수 있다. 작은 메시지 왕복 시간은 4byte 크기의 메시지를 TCP 소켓을 통해 근원지 센서에서 목적지 센서까지 주고 받는데 걸리는 시간이다. 큰 메시지 처리율은 응용 서비스 측면에서 가용한 네트워크 대역폭을 측정하는 것으로 64Kbyte 크기의 메시지를 TCP로 전달하고, 수신측 센서로부터 응답 메시지를 받는 시간을 계산하여 얻을 수 있다. 이때 처리율은 전송 메시지 크기를 데이터 전송 시간으로 나눔으로써 구할 수 있다.

3. 네트워크 자원 정보 제공자 구현

정보 제공자는 정보 데이터를 모으고 MDS의 GRIS 에 제공하는 역할을 한다. 이들 정보는 그리드 환경 내에 존재하는 각종 자원들에 관한 것으로 시스템 부하정보, OS 정보, 메모리 등과 같다. 그러면, MDS는 이들 정보를 신속하게 사용자에게 제공해야 한다. 정보 제공자들은 핵심 정보 제공자들과 사용자 정의 정보 제공자들로 나눌 수 있는데 핵심 정보 제공자들은 Linux, Solaris, Irix 등을 위해 구현되었고 MDS에 포함되어 있다. 사용자 정의 정보 제공자는 사용자가 자체적으로 개발할 수 있으며, 수집된 정보는 MDS에 제공된다.

정보 제공자는 GRIS back end의 입출력에 맞게 작성된 컴퓨터 프로그램이고 GRIS back end는 Open LDAP 을 이용한 slapd를 확장한 모듈이다. LDAP 서버는 정보 제공자를 위한 스키마를 가지고 있다. GRIS back end는 slapd 서버에 포함되며 정보를 캐칭한다. back end는 정보 제공자를 수행시키고 결과로 정보를 LDIF 형태로 받는다. LDIF는 디렉토리 정보와 디렉토리 정보에 수정된 내용을 기술하기에 적당한 파일 형식이다. LDIF는 LDAP 기반의 디렉토리 서버들 사이에 정보를 주고받을 때 사용된다. 이 과정은 그림 3 에 나타나 있다. GRID back end에서 정보 제공자에게 그려진

화살표는 fork()나 exec()를 나타낸다. LDIF 형식의 데이터는 slapd 서버의 front end에 있는 스키마에 맞는 형식으로 출력되어야 한다.

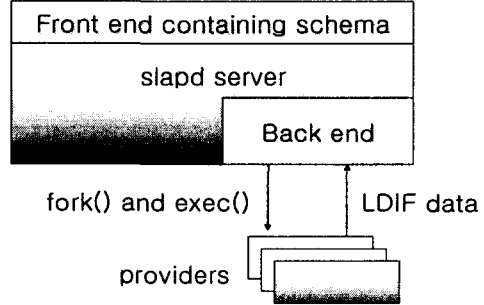


그림 3. MDS 서버와 정보 제공자

본 연구에서는 NWS와 MDS 자원 정보의 중복 수집을 방지하고, 시스템의 부하를 줄이기 위해 NWS의 네트워크 센서 부분만 이용하여 네트워크 자원 정보를 수집하고 이것을 MDS에 제공하는 네트워크 정보 제공자를 개발한다. 네트워크 정보 제공자는 PC 기반의 리눅스 운영체제에서 셸 스크립트를 이용하여 개발되었다.

3.1 NWS 정보 제공자 구현 과정

그리드 환경 내에 네트워크 자원들에 관한 정보들은 사용자의 요구에 따라 제공되어야 한다. 아래 과정에 따라 네트워크 정보를 제공하기 위한 스키마 파일 및 네트워크 정보 제공자라는 프로그램이 작성되고, 네트워크 자원 정보를 사용자에게 제공된다.

```

attributetype ( 1.3.6.1.4.1.14305.2.3.2.1001.11.0.1
    NAME 'bandwidth'
    DESC 'Bandwidth of Link'
    EQUALITY caseIgnoreMatch
    ORDERING caseIgnoreOrderingMatch
    SUBSTR caseIgnoreSubstringsMatch
    SYNTAX 1.3.6.1.4.1.1466.115.121.1.44
    SINGLE-VALUE
)
objectclass ( 1.3.6.1.4.1.14305.2.3.2.1001.11
    NAME 'NWSresource'
    SUP 'Mds'
    AUXILIARY
    MAY ( Net-Host-name $ source-hostname $
    destination-hostname $ bandwidth $ latency )
)
    
```

그림 4. 네트워크 정보 제공자의 스키마 파일 예

- 사용자에게 정보를 제공하는 서버인 MDS에 제공할 네트워크 정보의 종류를 정해야 한다. DIT에서 정보가 어떻게 표현되어야 할지를 결정한다. 이것은 스키마의 정의와 OID, 정보에 대한 이름 등이 이에 해당한다. 이때 OID는 각 클래스와 속성 타입에 대한 스키마에 존재해야 한다. MDS를 위한 ISI의 이름 공간은

IANA(Internet Assigned Numbers Authority)와 같이 등록된 OID 부분공간이다. ISI는 사용자 정의 정보 제공자들을 위해 OID들을 관리하기 위해 OID 부분공간을 활용한다. 다른 기관과 OID 및 이름의 충돌을 피하기 위해 네트워크 정보 제공자에 이름을 부여하였다. 그림 4 는 링크의 대역폭, 지연 등을 기술한 스키마 파일 예이다.

```

$_line_class_dn)dn: Net-Host-name=${des_hostname},${2
$_line_class_oc)objectclass: NWSresource
$_line_class_av)Net-Host-name: ${des_hostname}
$_line_class_av)source-hostname: ${hostname}
$_line_class_av)destination-hostname: ${des_hostname}
$_line_class_av)bandwidth: ${nws_ping}
${des_hostname} | ${awk} '{print $5 $6}'"
`emit_mds_object_timestamps`
    
```

그림 5. 네트워크 정보 제공자의 프로그램 예

- 입력과 출력 형태를 표준 형식에 맞춰서 정보 제공자 프로그램을 작성한다. 이 프로그램은 GRIS의 back end에서 fork()나 exec()를 이용하여 호출이 가능해야 하고 출력은 LDIF 형태로 되어야 한다. 정보 제공자를 작성하기 위해 쉘 스크립트를 이용하여 구현하였다. 그림 5 는 링크의 대역폭을 수집하는 프로그램을 보여주고 있다.

```

#Generate NET link NET-Link-Name=network object every
minute
dn: Mds-Host-hn=peace.cheonan.ac.kr, Mds-Vo-name=local,
o=grid
objectclass: GlobusTop
objectclass: GlobusActiveObject
objectclass: GlobusActiveSearch
type: exec
path: /usr/local/globus/libexec
base: net-link-info
args: -devclassobj -devobjjs -dn Mds-Host-
hn=peace.cheonan.ac.kr,Mds-Vo-name=local,o=grid -validto-
secs 60 -kepto-secs 60
cachetime: 60
timelimit: 20
sizelimit: 100
    
```

그림 6. 네트워크 정보 제공자를 위한 grid-info-resource-ldif.conf 파일 예

- GRIS back end가 네트워크 정보 제공자를 어떻게 호출해야 하는지 정보 제공자는 어디에 위치하는지를 기술하기 위해서 grid-info-resource-ldif.conf 파일의 수정이 요구된다. 이를 위해 grid-info-resource-ldif.conf 파일에 추가적으로 스크립트를 작성한다. 이렇게 함으로써 grid-info-resource-ldif.conf 파일을 통해 실질적인 네트워크 객체들을 보여주고 이들 객체들은 네트워크 정보 제공자를 어떻게 호출해야 하는지를 알 수 있다. 그림 6에서는 네트워크 정보 제공자를 위해 변경된 grid-info-resource-ldif.conf 파일의 일부이다.

3.3 네트워크 정보 제공자의 실행 결과

일반적으로 MDS의 정보 제공자에게 입력은 구성 파일에 지정하거나 실행할 때 질의를 통해 전달된다. MDS는 GRIS back end의 구성 파일에 기술된 정보 제공자 프로그램을 호출할 때는 쉘로 작성된 back end와 같은 입출력 형식을 따른다. 네트워크 정보 제공자는 명령어에 따른 인수들과 같이 back end에 의해 호출된다.

네트워크 정보 제공자는 출력으로 LDIF 객체들을 생성해야 한다. MDS에서 만들어진 LDIF 객체는 OID와 이름 공간 정의에 따라 화면에 출력한다. 그림 7는 MDS에서 네트워크 정보 제공자를 이용하여 네트워크 정보를 수집한 결과이다.

```

# home.cheonan.ac.kr, peace.cheonan.ac.kr, local, grid
dn: Net-Host-name=home.cheonan.ac.kr,Mds-Host-hn=peace.cheonan.ac.kr,Mds-Vo-
name=local,o=grid
objectClass: NWSresource
Net-Host-name: home.cheonan.ac.kr
source-hostname: peace.cheonan.ac.kr
destination-hostname: home.cheonan.ac.kr
bandwidth: 7.469873Megabits/second
latency: 1.245000Milliseconds
Mds-validfrom: 20020910081520Z
Mds-validto: 20020910081620Z
Mds-kepto: 20020910081620Z
    
```

그림 7. 수집한 네트워크 자원 정보의 예

4. 결론

현재 지리적으로 분산된 고성능, 대용량의 자원들과 장비들을 원격에서 네트워크를 통해 사용하는 그리드 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 Globus 툴킷에서 컴퓨팅 자원의 상태 정보 서비스인 MDS에 네트워크 자원 정보를 제공하는 네트워크 정보 제공자를 구현하기 위해 Globus 툴킷의 MDS와 NWS 시스템을 분석하였다. 그리고, NWS의 센서 프로세스를 이용하여 네트워크 정보 스키마 정의, 정보 제공자 프로그램 작성, MDS 구성 파일 수정 등을 통해 네트워크 정보 제공자를 구현하였다.

참고문헌

- [1] I. Foster, C. Kesselman, "Globus: A Metacomputing Infrastructure Toolkit Intl. J. Supercomputer Applications, 11(2):115-128, 1997
- [2] Rich Wolski, Neil T. Spring, Jim Hayes, "The Network Weather Service: A Distributed Resource Performance Forecasting Service for Metacomputing, Journal of Future Generation Computing Systems, 15(5 6):757 768, October 1999. 14
- [3] R. Wolski, "Forecasting network performance to support dynamic scheduling using the network weather service, In Proc. 6th IEEE Symp. on High Performance Distributed Computing, Portland, Oregon, 1997. IEEE Press.