

PC 그리드 컴퓨팅 환경에서 오픈 자원 등록 시스템 구축

Construction of Open Resource Registration System in PC Grid Computing Environments

윤준원, 최장원*, 이필우**
한국과학기술정보연구원

Junweon Yoon, Jangwon Choi*, Pillwoo Lee**
Korea Institute of Science and Technology
Information

요약

PC 그리드 컴퓨팅 환경은 인터넷을 사용하고 있는 수많은 사용자들의 데스크톱 PC 유휴 자원을 사용함으로써, 고성능 컴퓨팅 파워를 창출하고자 하는 분산 컴퓨팅 패러다임이다. 이렇게 창출된 고성능 자원을 이용하여 대용량 응용 계산을 수행함으로써 고가의 슈퍼컴퓨터에서 수행하던 응용을 대체할 수 있는 새로운 수단으로 연구되어지고 있다.

본 논문에서는 인터넷을 통해 PC의 유휴 자원을 제공하는 기관, 단체, 팀과 같은 자원제공자 그룹들이 제공할 수 있는 자원에 대한 명세를 오픈 아카이브에 저장하는 시스템으로 응용수행자가 수행하고자 하는 응용에 맞는 자원을 용이하게 선택할 수 있는 오픈 자원 등록 시스템 (ORRS : Open Resource Registration System)를 제안한다.

이는 응용수행자로 하여금 수행하고자 하는 응용에 맞는 자원을 능동적인 선택할 수 있는 PC 그리드 컴퓨팅 환경을 제공한다.

Abstract

PC grid computing is a paradigm of distributed computing that are collection the idle resource of numerous PCs to perform large-scale. As this way, created high performance resources use a large-scale computational application, also this paradigm studied new measurement in place of application using super computer.

This paper suggests ORRS(Open Resource Registration System) that selects a adequate resource what application client want. This system register descriptions of resource that provide group, such as organization, party, team, PCs idle resource in open archive.

Also, this system provide PC grid computing environment which is select suitable resource actively what application client want.

1. 서론

그리드 컴퓨팅은 특정 조직내의 대규모의 분산된 자원을 가상 조직(virtual organization)으로 구성함으로써 고성능의 컴퓨팅 파워를 제공하는 컴퓨팅 패러다임이다.[1, 2] 반면에, PC 그리드 컴퓨팅은 인터넷에 연결된 일반 사용자 PC의 유휴(idle) 컴퓨팅 자원을 이용함으로써 고성능의 컴퓨팅 자원을 창출하여 고처리의 분산 컴퓨팅을 수행하는 컴퓨팅 패러다임이다.[3-8]

이런 PC 그리드 컴퓨팅은 인터넷기반 분산컴퓨팅(Internet-based distributed computing), 공공 컴퓨팅(Public Computing)[9,10], 자발적 컴퓨팅(Volunteer Computing)[11], 군중 컴퓨팅(Hive Computing)[3] 등으로도 불리고 있으며, 이런 패러다임의 대표적 사례인 외계의 신호를 찾는 SETI@Home[4]이나 암호 메시지 해독을 위한

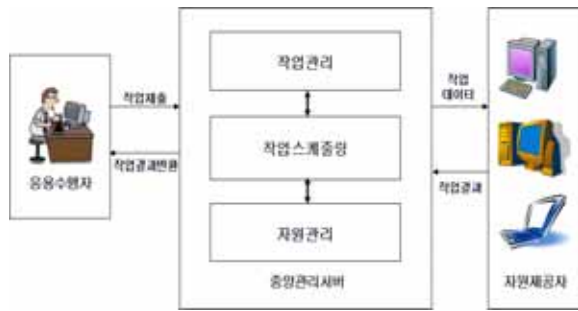
distributed.net[12]과 같은 프로젝트들의 성공으로 더욱 많은 관심과 연구가 이루어지고 있다.

PC 그리드 컴퓨팅 환경은 크게 응용수행자, 자원제공자, 중앙관리서버로 구성된다[6]. 응용수행자는 중앙관리서버에게 수행할 응용작업을 요청하게 되며, 자원제공자는 자신의 컴퓨팅 자원을 제공하는 자발적 자원제공자이다. 중앙관리서버는 인터넷으로 연결된 자원제공자들을 통제하며, 응용수행자로부터 위탁받은 작업을 할당하고 스케줄링 하는 역할을 수행한다[6].

PC 그리드 컴퓨팅 환경에서의 연산 수행과정을 간략히 살펴보면, 응용수행자는 중앙관리서버에게 수행할 응용작업을 제출하게 되고 중앙관리서버는 자원제공자에게 그 작업을 분배하게 된다. 자원제공자는 할당된 작업에 대한 연산을 수행하고, 그 결과를 중앙관리서버에게 제출한다.

마지막으로 중앙관리서버는 자원제공자로부터 받은 결과를 정리하여 해당 응용수행자에게 반환하게 된다[6]. 그림 1은 PC 그리드 컴퓨팅 환경에서 연산 수행과정을 나타내고 있다.

*본 연구는 한국과학기술정보연구원(KISTI) 컴퓨터연계활용기반 구축(1)(G-07-NC-LR02-C01)지원으로 수행되었음.



▶▶ 그림 1. PC 그리드 컴퓨팅 환경에서 연산 수행과정

그 이렇게 기존의 PC 그리드 컴퓨팅 환경에서는 응용수행자들이 수행하고자 하는 다양한 응용들을 단순하게 접속되어 있는 자원제공자에게 일임함으로써 응용수행에 적합한 자원을 능동적으로 선택할 수 없었다.

그러나, 본 논문에서는 PC 그리드 컴퓨팅 환경에서 응용수행자가 수행하고자 하는 응용에 맞는 자원을 찾아 작업을 수행할 수 있도록 하는 오픈 자원 명세 아카이브(ORRS: Open Resource Description Archive)를 제안한다. ORRS는 기관이나 단체, 팀 구성과 같이 자원제공자들의 컴퓨팅자원을 그룹 단위로 구성하고, 그룹이 갖는 컴퓨팅 자원과 성능을 오픈 아카이브에 등록함으로써, 응용수행자가 쉽게 응용 수행에 맞는 자원제공자 그룹을 선택하여 작업을 수행할 수 있게 된다.

2. 관련연구

SETI@home[3] 프로젝트는 우주로부터의 복사 전파에 숨어있는 이성적인 무신전파를 분석하여 외계 지성체의 존재를 찾아내려는 프로젝트로 수백만의 자원자들이 SETI@Home의 화면보호기를 각자의 컴퓨터에 내려받고 서버로부터 일을 받아 처리한 후 그 결과를 버클리 대학교에 있는 데이터 서버로 보내는 방식으로 전체 연산을 분산화하여 수행하는 프로젝트이다.

Bayanihan[7]은 필리핀의 공동체 정신("bayanihan")을 인터넷 기반 병렬 컴퓨팅 분야에 적용시킨 프로젝트로 웹 기반 Volunteer Computing 시스템이다.

Javelin[12]은 자바로 구현된 Volunteer Computing 시스템으로 브로커를 이용한 확장성과 결합 포용 기법을 지원한다.

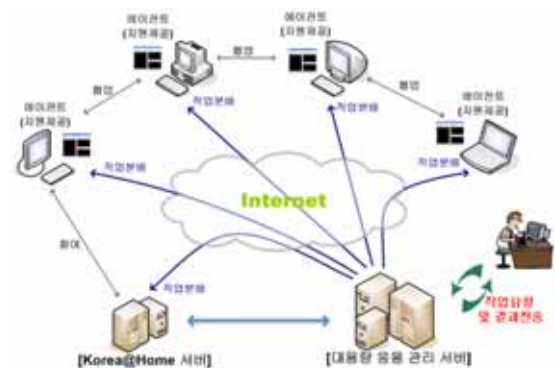
Organic GRID[13][14]는 P2P 네트워크에서 강력한 이동 에이전트의 자율 스케줄링을 기반으로 계산 구조를 구성하는 안전한 분산 접근의 GRID 시스템이다. 대규모의 데스크탑 그리드의 효율적 관리를 위해 에이전트가 자율적으로 스스로를 구성하고, 자원의 효율성을 최대화하며, 계산과 동작을 PC 내에 내장하여 계산 구조의 구성을 맞춤형으로 제공할 뿐만 아니라 분산화하여 부담을 경감시켰다.

기존의 PC 그리드 컴퓨팅 환경에서는 응용수행자가 단순히 응용작업을 제공하고, 자원제공자는 단순히 분배받은 작업을 수행하는 컴퓨팅 환경이었다.

본 논문에서는 기관이나 단체, 팀 구성과 같이 자원제공자들의 컴퓨팅자원을 그룹으로 구성함으로써, 자원제공자가 제공할 수 있는 연산능력을 오픈 아카이브에 등록함으로써 자원에 대한 명세를 표현할 수 있고, 응용수행자는 쉽게 응용에 맞는 자원제공자 그룹을 선택할 수 있다. 이는 응용수행자로 하여금 작업수행에 있어 자원제공자의 연산 능력에 의존한 수동적인 연산수행 외에 능동적인 연산수행 능력을 제공하게 된다.

3. PC 그리드 컴퓨팅 환경

PC 그리드 컴퓨팅 환경은 크게 응용수행자, 자원 제공자, 중앙 관리 서버로 구성된다. 응용수행자는 자원제공자에게 작업을 요청하는 주체이며, 자원제공자는 자신의 유휴 컴퓨팅 자원을 제공해주는 자발적 자원 제공자이다. 자원제공자는 컴퓨팅 자원을 제공하여 연산을 수행하기 위한 S/W인 에이전트를 설치하게 된다[6]. 중앙관리서버는 인터넷에 연결된 자원제공자들과 작업을 통제하는 관리자이다. 일반적으로 응용수행자는 서버에게 병렬처리가 필요한 작업을 위탁한다. 중앙 관리 서버는 응용작업을 각자 세부작업으로 구성한 뒤 스케줄링 알고리즘에 따라 자원 제공자들에게 분배한다. 자원 제공자는 할당받은 작업에 대해 연산을 수행하고 그 결과를 자원 제공자 서버에게 반환한다. 마지막으로 자원제공자 서버는 자원 제공자로부터 받은 결과들을 정리하여 해당 응용수행자에게 최종 작업 결과를 반환한다. 그림 1은 PC 그리드 컴퓨팅 환경을 나타내고 있다.



▶▶ 그림 2. PC 그리드 컴퓨팅 환경

아래와 같이 PC 그리드 컴퓨팅 환경에서 전체 연산 수행 과정은 크게 6단계로 수행된다.

- 1) 등록단계 : 서버로 자원제공자의 정보를 등록하는 단계
- 2) 작업위탁 단계 : 응용수행자가 자원 제공자 서버에게 응용작업을 위탁하는 단계
- 3) 작업분배 단계 : 중앙관리서버가 스케줄링 알고리즘에 의해 자원 제공자들에게 작업을 할당하는 단계
- 4) 연산실행 단계: 자원 제공자가 할당 받은 작업을 실행하는 단계
- 5) 작업결과 반환 단계 : 자원 제공자들이 작업 실행 결과를 중앙관리서버에게 반환하는 단계
- 6) 최종결과 반환 단계 : 자원 제공자 서버가 응용수행자에게 최종 작업의 결과를 반환하는 단계

```

<schema>
  <annotation>
    <documentation>www.koreaathome.org ORDA(Open Resource
      Description Archive)</documentation>
  </annotation>
  <import namespace="http://koreaathome.org/group/elements/1.1/" />
  <element name="Group" />
  <complexType name="Group_Type">
    <choice minOccurs="0" maxOccurs="unbounded">
      <element ref="group_id" />
      <element ref="group_name" />
      <element ref="cnt_user" />
      <element ref="cnt_agent" />
      <element ref="worked_unit" />
      <element ref="worked_time" />
      <element ref="ideal_Mflops" />
      <element ref="real_Mflops" />
      <element ref="group_desc" />
    </choice>
  </complexType>
</schema>
    
```

▶▶ 그림 4. 그룹 자원 명세 XML 스키마

4. 오픈 자원 명세 아카이브

오픈 자원 등록 시스템(ORRS : Open Resource Registration System)은 기관이나 단체, 팀 구성과 같이 자원 제공자들의 컴퓨터자원을 그룹으로 구성하고, 그룹이 갖는 컴퓨팅 자원과 성능을 오픈 아카이브에 등록함으로써, 응용수행자가 쉽게 응용 수행에 맞는 자원제공자 그룹을 선택하여 작업을 수행할 수 있게 된다. 그림 2는 ORRS 컴퓨팅 환경을 나타내고 있다.



▶▶ 그림 3. ORRS 컴퓨팅 환경

초기 자원제공자는 PC 그리드 컴퓨팅 환경에 참여하기 위해 PC에 에이전트라는 S/W를 설치한다. 에이전트는 보안인증을 통해 인증절차를 확인한 후에, 중앙관리서버로부터 작업을 다운로드 받고 완료되면 다시 중앙관리서버에게 업로드해주는 기능을 수행한다. 에이전트가 초기 설치되면 중앙관리서버에서 제공하는 기본응용을 다운로드 받아 수행하게 된다.

에이전트가 ORRS에 자원그룹에 등록하기 위해서는 그룹을 생성해야 한다. 자원제공자는 한 대 이상의 에이전트를 보유할 수 있으며, 각 소유하고 있는 에이전트에 대하여 그룹에 등록할 수 있다. 등록된 그룹은 ORRS의 오픈 자원제공자 그룹 목록에 저장되며, 자원제공자가 소유하고 있는 에이전트들의 이론적인 성능과 수행하고 있는 응용을 바탕으로 실제 기여유닛 처리에 대한 실측 성능 또한 반영하고 있게 된다.

No.	그룹명	Agent 수	Agent 수	기대유닛	기대시간	이론적 성능 (MFlops)	실측 성능 (MFlops)	등록일자
221	Cable	298	198	32,274	14시간 21분 41초	41,021	81,040	2007년 10월 17일
253	최소자원	1760	678	5,815,884	2시간 5분 44시간 8분 25초	123,086	296,687	2007년 10월 12일
252	연산 속도	963	458	1,222,927	4개월 18일 12시간 52분 10초	58,776	87,898	2007년 09월 17일
251	최고자원	240	98	25,879	3개월 18일 16시간 39분 21초	39,221	66,244	2007년 09월 13일
250	이진	373	73	894,870	28일 14시간 23분 6초	81,345	121,545	2007년 09월 09일
249	최대자원	80	58	1,287	2개월 21일 6시간 13분 48초	2,224	4,457	2007년 09월 27일

▶▶ 그림 5. 등록된 자원 제공자 리스트

응용수행자는 자신이 수행하고자 하는 응용에 맞는 자원을 ORRS를 통해 찾게 된다. 등록된 오픈 자원제공자 그룹 목록에서 선택하여 응용을 수행할 수 있게 된다.

ORRS는 크게 ORRS 등록기와 ORRS 제공기로 구분된다. ORRS 등록기에서는 자원제공자 그룹의 자원 정보를 등록하는 과정이고, ORRS 제공기에서는 등록된 자원을 응용수행자에게 제공하는 기능을 수행한다. 그림 3은 ORRS 프레임워크를 보여주고 있다.



▶▶ 그림 6. ORRS 프레임워크

4.1 ORRS 등록 시스템(ORRS Register)

ORRS 등록기에서는 자원제공자 그룹의 자원 정보를 등록하는 과정으로 그룹등록관리, 그룹식별자관리, 그룹중복관리, 그룹자원성능관리, 그룹기여자원관리, 통계제공관리, 인증/체크 관리와 같은 기능을 가지고 있다.

초기 그룹에서 속한 자원제공자는 장기간 수행해야 하는 응용작업(long running application)[15]을 PC에서 기본적으로 수행하게 된다. 표 3은 ORRS 등록 시스템의 기능을 나타내고 있다.

[표 1] ORRS 등록 시스템 기능

기능	설명
그룹등록관리	기관, 단체, 팀 구성원들이 자원을 생성하고 그룹을 등록하는 기능으로, 자원제공자가 소유하고 있는 1대 이상의 PC들을 그룹에 등록하게 된다.
그룹식별자관리	등록된 그룹들을 유일하게 식별하기 위한 식별자를 부여하는 기능이다.
그룹중복관리	그룹식별자를 통해 그룹이 중복되지 않도록 하는 기능이다.
그룹자원성능관리	그룹을 구성하는 총 자원제공자 PC의 실측 성능을 계산하는 기능을 수행한다.
그룹기여자원관리	그룹이 구성하는 총 자원제공자가 실제 수행한 작업을 바탕으로 기여 성능을 계산하는 기능을 수행한다. 이 작업은 기본적으로 수행하는 응용을 바탕으로 측정된다.
인증/체크관리	그룹을 구성하는 자원제공자의 인증을 체크하는 역할로 자원제공자 PC에 에이전트가 설치되면서 서버로부터 인증서를 발급 받아 보안 위협으로부터 방어하는 기능을 수행한다.
통계제공관리	자원제공자그룹 현황, 실측성능, 기여성능, 참여도 등을 제공하는 기능이다.

4.2 ORRS 제공 시스템(ORRS Provider)

ORRS 제공기에서는 등록된 자원을 응용수행자에게 제공하는 기능으로 응용등록관리, 응용식별관리, 응용갱신관리, 응용

흐름제어관리, 응용스케줄러, 응용작업 성능관리, 응용통계관리, 응용인증/체크관리와 같은 기능이 있다. 표 4는 ORRS 제공 시스템의 기능을 나타내고 있다.

[표 2] ORRS 제공 시스템 기능

기능	설명
응용등록관리	응용수행자가 수행하고자 하는 응용을 등록하는 기능이다.
응용식별관리	수행할 응용에 대한 고유한 식별자를 부여하는 기능이다.
응용갱신관리	수행할 응용에 작업 수행 상태에 따른 응용정보를 갱신하는 기능이다.
응용흐름제어관리	자원제공자가 수행할 응용작업이 얼마만큼 분배할 것인지 제어하는 기능으로 네트워크 성능이나 작업의 양에 따라 분배작업 크기는 달라진다.
응용스케줄러	자원제공자가 수행하고 있는 응용작업에 대한 스케줄링 기능으로서 그룹관리자에 의해 응용수행의 우선순위가 결정된다.
응용작업성능관리	그룹에 등록된 기여자원의 실측성능에 따라 응용수행의 작업의 처리시간 및 성능 등을 관리하는 기능이다.
응용통계관리	작업 처리 현황, 성능, 기간별 응용수행현황 등을 제공하는 기능이다.
응용인증/체크관리	응용작업 수행 초기에 서버로부터 응용에 대한 인증을 하는 기능으로, 적합하지 않은 응용이나 악성코드와 같은 보안 위협으로부터 방어하는 기능을 수행하며, 작업결과 업로드 시에도 인증을 통해 그 요청한 작업에 대한 결과가 맞는지 확인하게 된다.

그림 4는 응용수행자가 ORRS에서 자원을 선택하여 작업을 수행할 때 작업 스케줄링 알고리즘을 보여주고 있다.

각 수행응용은 그룹관리자에 의해 작업순위가 정해지고, 그 순위에 따라 응용작업을 수행하게 된다.

```

Request ExecutionApp( $a_i$ ); // 응용수행요청
if isEmpty(JobQ) // 작업큐가 비어있으면 요청응용 삽입
    insertApp( $a_i$ );
else // 작업큐가 비어있지 않은 경우
    priority( $a_{new}$ ) < priority( $a_i$ ); // 응용 순위 비교
    // 현재 수행응용이 요청응용보다 순위가 낮은 경우
    waitWork( $a_{new}$ ); // 현재 수행 응용 대기
    insertJobQ( $a_{new}$ , &top); // 수행중인 응용을 다음 큐로 삽입
else if // 요청 응용이 현재 수행 응용보다 순위가 낮은 경우
    while(1) // 큐에 대기하고 있는 응용과 반복 비교
        if priority( $a_i$ ) < priority( $a_{top}$ );
            // 첫 번째 큐에 대기 작업과 비교
            top = top + 1;
            // 대기응용 순위가 높으면 다음 응용과 비교
        else
            insertJobQ( $a_i$ );
            // 요청 응용순위가 높으면 작업큐에 삽입
        break;
    fi;
fi;
    
```

▶▶ 그림 7. ORRS 응용수행 스케줄링 알고리즘

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 PC 그리드 컴퓨팅 환경에서 자원제공자 그룹의 자원을 저장하고 있는 오픈 자원 명세 아카이브(ORRS)를 제안하였다. ORRS는 자원제공자 그룹의 자원을 오픈 아카이브에 등록함으로써, 응용수행자가 수행하고자 하는 응용에 맞는 자원을 오픈 아카이브에서 선택하여 수행할 수 있다. 이는 자원 사용의 효율성뿐만 아니라, 성능에 따른 응용수행 시간을 예측할 수 있어 지금까지 PC 그리드 컴퓨팅 환경에서 자원제공자의 자원 제공에 일임했던 응용 수행을 응용수행자가 보다 능동적으로 수행할 수 있는 컴퓨팅 환경을 제공한다.

향후, ORRS 구성을 표준적인 방식으로 즉, 응용수행자는 공통의 포맷으로 작업을 생성하고, 자원 제공자와 서버 등 주고받는 메시지를 표준 XML 메시지 형태로 표현하고, 그룹 자원을 저장하는 아카이브 DB의 메타데이터 정보 또한 표준의 공통 메타데이터로 정의함으로써, 어떤 PC 그리드 컴퓨팅 환경의 플랫폼에서든 자원그룹을 공통으로 등록하여 응용수행자로 하여금 자원을 이용할 수 있도록 하는 연구를 진행하고자 한다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] Foster and A. lamnitchi, "On Death, Taxes, and the Convergence of Peer-to-Peer and Grid Computing", 2nd Int. Workshop on Peer-to-Peer Systems, LNCS 1735, pp.118-128, Feb. 2003.
- [2] F. Berman, G. C. Fox, and A. J. G. Hey, "Grid Computing : Making the Global Infrastructure a Reality", Wiley, 2003
- [3] Hive Computing:
<http://www.tsunamiresearch.com/products/hivecomputing>
- [4] SETI@Home :
<http://setiathome.berkeley.edu/donate.php>
- [5] Folding@Home : <http://folding.stanford.edu/>
- [6] Korea@Home : <http://www.koreaathome.org>
- [7] L. F. G. Sarmenta, S. Hirano. "Bayanihan: Building and Studying Volunteer Computing Systems Using Java", Future Generation Computer Systems Special Issue on Metacomputing, Vol. 15, 1999.
- [8] M. O. Neary, A. Phipps, S. Richman. "Javelin 2.0: Java-Based Parallel Computing on the Internet". Proceedings of Euro-Par 2000. Munich, GERMANY, August 28 - September 1, 2000.
- [9] D.P. Anderson, J. Cobb, E. Korpela, M. Lebofsky, and D. Werthimer, "SETI@home: an experiment in public-resource computing", Communications of the ACM, Vol.45, No.11, pp.56-61, Nov. 2002 (See also <http://setiathome.berkeley.edu>)
- [10] D.P. Anderson, Public Computing: Reconnecting People to Science, Proc. of the Conf. on Shared Knowledge and the Web, Madrid, Spain, Nov. 2003
- [11] Luis F. G. Sarmenta, Volunteer Computing, Ph.D. thesis. Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, MIT, Mar. 2001
- [12] distributed.net: Node Zero,
<http://www.distributed.net/>
- [13] A.J. Chakravarti, G. Baumgartner, M. Lauria., "The Organic Grid: Self-Organizing Computation on a Peerto-Peer Network," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 35, no. 3, May 2005.
- [14] A.J. Chakravarti, G. Baumgartner, M. Lauria, "The Organic Grid: Self-Organizing Computational Biology on Desktop Grids," Chapter 27 in Parallel Computing for Bioinformatics and Computational Biology: Models, Enabling Technologies, and Case Studies, Wiley, 2006
- [15] D.P. Anderson, Carl Christensen, Bruce Allen, "Designing a runtime system for volunteer computing", ACM/IEEE SC2006 Conference on High Performance Networking and Computing, November. 2006