

모바일 그리드 컴퓨팅에서 효율적인 자원 확보와 이동성 관리 기법

이대원[†]

요 약

본 논문에서는 모바일 그리드 환경에서 안정적인 자원을 선택하고 활용하는 자원 관리 방법을 제안한다. 모바일 그리드에서 이동 기기를 작업 처리에 이용하고자 하는 연구들이 많이 이루어지고는 있지만 모바일 장치의 불규칙한 이동성, 서비스 탐색, 자원 공유, 기기의 다양성, 제한적인 배터리 용량 등의 제약으로 인하여 기존 유선 그리드 환경에서의 작업 처리에 비해 신뢰성이 매우 낮다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 다양한 연구가 진행되었고 대표적으로 프록시 기반 모바일 그리드 구조와 에이전트 기반 모바일 그리드 구조를 들 수 있다. 본 논문에서는 IP 페이징을 프록시 기반 모바일 그리드 구조에 적용하여 보다 쉽게 유휴 자원 탐색과 그리드 자원 정보를 관리하고자 한다. 그리고 모바일 기기의 작업 관리를 위하여 SIP(Session Initiation Protocol)를 이용하여 지속적으로 모바일 기기의 이동성을 관리하고 페이징 캐시를 이용하여 모바일 기기의 자원 변화와 배터리 용량을 관리하여 자원 예약을 통해 진행 중인 작업의 이주를 허용하고자 한다. 시뮬레이션을 통하여 제안하는 모바일 그리드 구조가 효율적이고 안정적인임을 보여준다.

주제어 : 모바일 그리드 컴퓨팅, IP 페이징, 가용/유휴 상태, 전력 소모

Effective resource selection and mobility management scheme in mobile grid computing

DaeWon Lee[†]

ABSTRACT

In this paper, we tried to enable a mobile device as a resource to access to mobile grid networks. By advanced Internet techniques, the use of mobile devices has been rapidly increased. Some researches in mobile grid computing tried to combine grid computing with mobile devices. However, according to intrinsic properties of mobile environments, mobile devices have many considerations, such as mobility management, disconnected operation, device heterogeneity, service discovery, resource sharing, security, and so on. To solve these problems, there are two trends for mobile grid computing: a proxy-based mobile grid architecture and an agent-based mobile grid architecture. We focus on a proxy-based mobile grid architecture with IP-paging, which can easily manage idle mobile devices and grid resource status information. Also, we use SIP(Session Initiation Protocol) to support mobility management, mobile grid services. We manage variation of mobile device state and power by paging cache. Finally, using the candidate set and the reservation set of resources, we perform task migration. The performance evaluation by simulation, shows improvement of efficiency and stability during execution.

Keywords : Mobile Grid Computing, IP-Paging, Active/Idle State, Power Consumption

[†] 종신회원: 서경대학교 교양과정부 이대원 (교신저자)
논문접수: 2009년 12월 30일, 심사완료: 2010년 1월 4일

1. 서 론

그리드 컴퓨팅은 대량의 데이터 처리나 복잡한 계산문제를 해결하기 위한 컴퓨팅패러다임이다. 그리드 컴퓨팅은 장시간의 계산이 필요하거나 대량의 데이터의 활용을 필요로 하는 기상 예측, 신약 개발, 우주 과학등 장시간, 고성능 자원이 필요한 분야에서 주로 활용하여 왔다[1][2].

그리드 컴퓨팅에서의 자원 관리는 어떻게 그리드 자원을 사용자들, 응용프로그램, 서비스 등에 적용시킬지에 초점이 맞춰져 있다[3]. 자원 관리자는 그리드 미들웨어의 대표적인 요소이며 자원을 선택하고 작업을 선택된 자원에 효율적으로 할당하는 역할을 책임지고 있다[4]. 그래서 이러한 자원의 탐색, 자원의 선택, 작업의 분배는 그리드 컴퓨팅이 효율적인 성능을 발휘하는데 있어서 매우 중요한 이슈이다. 그러나 그리드 컴퓨팅에 관련된 초반 연구의 대부분은 고정 네트워크를 중심으로 연구되어왔다[1][2][3][4][5][6]. 인터넷의 보급과 네트워크의 발전으로 인하여 많은 그리드 컴퓨팅 연구에서 이동 기기를 이용한 그리드 컴퓨팅 연구가 최근에 시작되었다[7][8][9][10][11][12][13]. 하지만 이동 기기를 그리드 컴퓨팅의 자원으로 이용하기 위해서는 불규칙한 이동성, 서비스 탐색, 자원 공유, 기기의 다양성, 제한적인 배터리 용량 등의 문제를 해결해야 한다[14].

이러한 문제를 극복하기 위하여 다양한 연구가 시도 되었으며 대표적으로 프록시 기반 모바일 그리드 구조[7][8][9][10]와 에이전트 기반 모바일 그리드 구조[11][12][13]가 있다. 이 두 가지의 대표적인 모바일 그리드 구조는 다양한 해결방안을 제시하였지만 근본적인 문제인 이동성 관리에 대한 명확한 해결방안을 제시하지 못하였다.

본 논문에서는 모바일 그리드 환경에서 모바일 기기를 그리드 자원으로 활용하고자 한다. 그래서 모바일 그리드 환경에서 기본적인 문제인 이동성 관리를 해결하기 위하여 유휴한 이동 단말의 검색과 제한적인 배터리 용량에 초점을 맞추어 연구 하였다. 무선 환경에서 사용하던 IP 페이징 방법을 적용하여 유휴한 이동 단말의 검색하고 이

동 단말의 상태정보를 이용하여 제한적인 배터리 용량을 해결하고자 한다. 본 논문에서는 IP 페이징 기법을 적용한 프록시 기반 모바일 그리드 구조를 제안한다. 제안하는 구조에서는 페이징 캐쉬의 모바일 기기 상태정보를 이용하여 효율적인 자원 선택 알고리즘을 제안한다. 그리고 모바일 기기에서의 작업 요청부터 작업 반환까지의 지속적인 그리드 네트워크 접속을 위하여 SIP 프로토콜을 확장 하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 모바일 그리드 구조, IP 페이징, SIP 프로토콜 등의 관련연구에 대하여 설명한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 IP 페이징 기반 모바일 그리드 프레임워크에 대하여 설명한다. 4장에서는 모바일 프록시와 페이징 에이전트의 프로토타입을 제안한다. 5장에서는 시뮬레이션을 통한 실험 결과를 보여준다. 6장에서는 결론과 향후 연구에 대하여 설명한다.

2. 관련연구

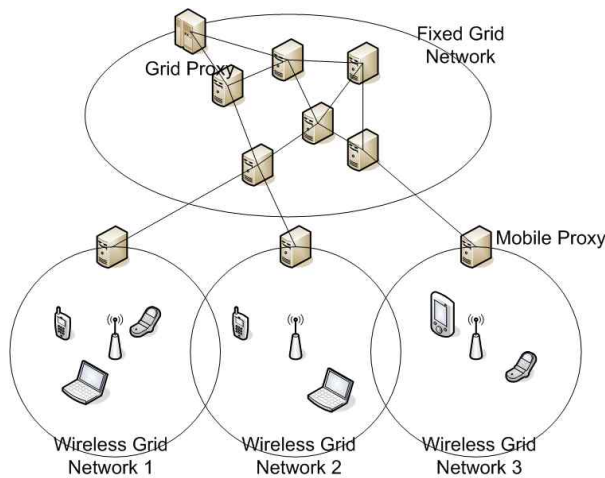
이 장에서는 제안 구조에서 사용되는 모바일 그리드에 대한 기본 구조, IP 페이징 방법, 그리고 SIP 프로토콜에 대하여 설명한다.

2.1 모바일 그리드 컴퓨팅

자원 기반 그리드 컴퓨팅 구조는 초기 그리드 연구에서부터 시작되었다. 하지만 모바일 기기의 자원 활용은 현재 그리드 컴퓨팅에서 중요한 이슈이며 많은 문제점들을 제시하였다. 대표적인 두가지의 모바일 그리드 컴퓨팅 구조로 프록시 기반 모바일 그리드 구조와 에이전트 기반 모바일 그리드 구조가 제시되어 왔다. 프록시 기반 모바일 그리드 구조는 많은 모바일 기기를 계산 그리드에 제공하고자 하였다[7][8][9][10]. 그림 1은 프록시 기반 모바일 그리드 구조를 보여준다.

프록시기반 모바일 그리드 구조는 유선 그리드 네트워크와 무선 그리드 네트워크로 구성된다. 이 구조에서는 이동기기의 클러스터를 제안하였다. 클러스터는 유선 그리드 네트워크의 라우터나 그리드 프록시 서버 역할을 한다. 무선 그리

드 네트워크에 존재하는 베이스 스테이션은 기본적으로 무선 AP(Access Point)로 동작하며 추가적으로 데이터 전송, QoS, 그리고 자원 접근 정책을 관리하는 모바일 프록시 서버의 역할을 한다. 그래서 모바일 기기들은 베이스 스테이션을 통하여 그리드 네트워크에 접근한다. 그리고 모바일 기기들이 수행 요청한 작업들을 베이스 스테이션에서 수합하여 그리드 프록시에 요청하는 구조를 가지고 있다. 하지만 프록시 기반 모바일 그리드 구조는 모바일 기기를 그리드 자원으로 사용하지 못하였다.



<그림 1> 프록시 기반 모바일 그리드 구조

에이전트 기반 그리드 구조[11][12][13]에서는 모바일 에이전트를 사용하여 그리드 네트워크에서 자원을 제공, 공유, 접근한다. [11]에서는 인터넷을 통한 컴퓨팅 자원의 공유를 제안하였다. 그리드 클라이언트가 수행할 작업을 계산 그리드 네트워크에 요청하면 모바일 에이전트가 가용한 자원을 이동하면서 그 작업을 수행하는 구조이다. 이러한 에이전트 기반 그리드 구조의 장점으로서는 작업이 어떠한 가용한 자원에서도 수행될 수 있으며 이주가 필요하다면 다른 자원으로 이주가 가능하다는 것이다. [12][13]에서는 에이전트를 이동 수단으로 이용하기보다는 직접적으로 작업을 모바일 에이전트 안에 탑재하는 방법을 제안하였다. 요청된 작업들은 작업 중에 다양한 다른 유희한 자원을 이동하며 작업을 수행한다. 이러한 방법을 통하여 다양한 자원에 작업이 할당

되어 부하 균등과 부하 공유를 제공 하였다. 프록시 기반 모바일 그리드 구조들은 다양한 방법을 사용하여 모바일 기기의 그리드 네트워크 접속을 가능하게 하였다[7][8][9][10]. 에이전트 기반 모바일 그리드 구조들은 모바일 기기의 이동 시 수행 작업의 이주 관리를 다양한 방법으로 제공 하였다. 하지만 두 가지 구조 모두 그리드 네트워크에 어떻게 접속할 것인지를 연구의 중심으로 하였을 뿐 어떻게 모바일 자원을 관리할 것인지에 대한 연구가 미비하였다.

본 논문에서는 모바일 기기를 자원으로 사용하는 모바일 그리드 구조를 제안하며 불규칙한 이동성, 서비스 탐색, 자원 공유, 기기의 다양성, 제한적인 배터리 용량 등의 문제를 해결하고자 한다.

2.2 IP 페이징

무선 통신 네트워크에서는 시그널링 오버헤드와 이동성 관리 성능을 최적하기 위하여 레지스트레이션과 페이징 기법을 사용하였다. 초기의 모바일 IP에서는 레지스트레이션 기법만 사용하였고 페이징 기법을 사용하지는 않았다. 하지만 모바일 IP 사용자들도 무선 통신 사용자들과 마찬가지로 지속적으로 통신을 사용하는 것이 아니며 대부분의 시간동안 통신을 사용하지 않는다. 그래서 IP 페이징 기법이 제안되었다. IP 페이징 기법은 모바일 기기의 상태를 가용 상태(active state)와 유희 상태(idle state)로 분류하여 보다 효과적인 위치 관리 방안을 제시하였다[15][16].

IP 페이징 기법은 통신을 사용하지 않는 유희 상태에서는 같은 페이징 범위 내에서는 이동이 발생하더라도 모바일 기기의 위치를 등록하지 않으며 다른 페이징 범위로 이동하거나 모바일 기기를 향한 메시지가 존재하는 경우에만 등록을 요청하는 방법이다. IP 페이징 기법은 두 가지 중요한 장점이 있다[15][16][17][18].

- 시그널링 오버헤드의 감소
- 전력 소비의 감소

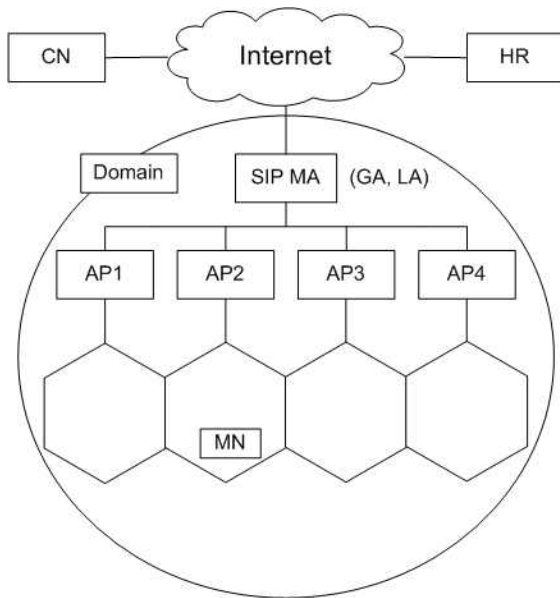
그림 2는 IP 페이징의 기본 페이징 응답 메시지 포맷이다[12].

Type	length	reserved
the home address of paged mobile node 1		
the care-of address of paged mobile node 1		
Extensions...		

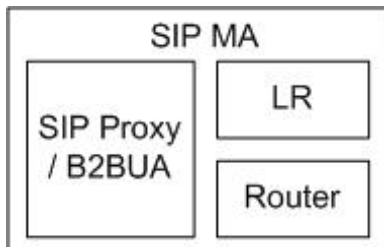
<그림 2> 페이징 리플라이 메시지 포맷

2.3 SIP

SIP는 VoIP, 멀티미디어, 인스턴스 메신저 등 다양한 어플리케이션의 세션 설정을 위한 프로토콜로 제안되었다. 현재 어플리케이션 레이어에서 모바일 노드의 이동성을 지원할 수 있는 표준 프로토콜이다[19][20][21].



<그림 3> SIP 기본 구조



<그림 4> SIP MA의 구조

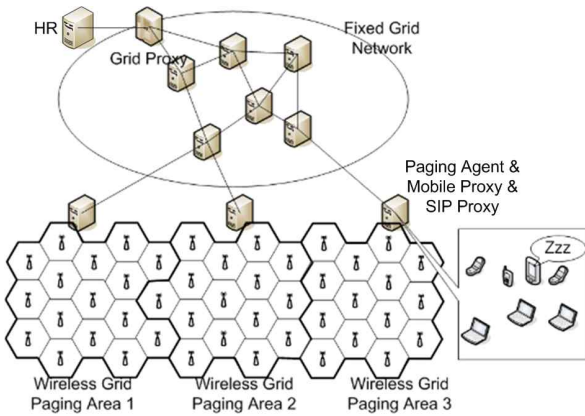
그림 3은 SIP의 구조다. 모바일 기기의 전역적인 위치 관리를 담당하는 HR(Home Register), 도메인 내의 위치 관리 및 라우팅을 관리하는

SIP 프록시, 하나의 셀을 담당하는 AR(Access Router)로 구성된다. SIP은 그림 4와 같이 SIP 프록시/B2BUA, LR(Local Register) 기능을 탑재한 도메인 보더 라우터인 SIP MA/프록시(SIP Mobility Agent/Proxy)를 두어 도메인 내의 인터넷 도메인 이동성을 제공한다. SIP은 모바일 기기를 위해 두 개의 IP 주소 즉, 지역 주소와 전역 주소를 부여한다. 지역 주소는 AR에 의해 부여된 모바일 기기가 현재 연결된 위치를 반영하는 IP 주소이다. 전역 주소는 전역적으로 사용 가능한 IP 주소로서 해당 도메인의 SIP 프록시에서 부여한다. SIP 프록시는 모바일 기기의 LA(Local Address)와 DA(Destination Address)를 매핑관계를 유지하여 패킷을 전달할 수 있다. 모바일 기기는 도메인 내의 이동인 경우 SIP 프록시에 지역적으로 위치 등록을 수행하고, 도메인 간의 이동인 경우 새로운 도메인의 SIP 프록시뿐 아니라 HR에 위치 등록을 전역적으로 수행한다[22][23].

3. 모바일 그리드 컴퓨팅 프레임워크

일반적인 모바일 그리드 컴퓨팅의 구조는 무선 통신 네트워크를 기반으로 한다. 모바일 기기들은 셀을 관리하는 베이스 스테이션을 통하여 통신하며 각각의 모바일 기기들은 하나의 셀에서 인접한 다른 셀로 이동한다. 그림 1과 같이 일반적인 모바일 그리드 컴퓨팅의 구조는 크게 고정 그리드 네트워크와 이동 그리드 네트워크로 구성되며 이동 그리드 네트워크는 게이트웨이 라우터를 통하여 고정 그리드 네트워크에 연결되어있다. 그리고 게이트웨이 라우터와 같은 위치에 프락시 서버가 위치하여 고정 그리드 네트워크로부터 작업을 받는 일과 완료된 작업을 고정 그리드 네트워크로 전송하는 일을 담당한다. 그 하부 구조로는 모바일 기기들이 접속할 수 있는 셀을 관리하는 베이스 스테이션이 위치한다.

본 논문에서 제안하는 모바일 그리드 컴퓨팅의 구조에서는 IP 페이징 기법을 접목시켜 유휴 모바일 기기 사용, 한정된 모바일 기기의 전력 등의 문제를 해결하고자 한다. 그림 5는 본 논문에서 제안하는 모바일 그리드 컴퓨팅 구조이다.



<그림 5> 제안하는 모바일 그리드 컴퓨팅 구조

제안하는 구조는 유선 그리드 네트워크와 무선 그리드 네트워크로 분류된다. 유선 기기 사용자는 그리드 프록시를 통하여 유/무선 그리드 자원에 접근한다. 모바일 기기 사용자는 SIP 이동성 에이전트를 거쳐 그리드 네트워크에 접근한다. 그리드 프록시는 작업위탁, 작업분배, 작업 회수 등을 관리한다. 페이징 에이전트는 자신의 무선 그리드 페이징 영역에 존재하는 그리드 기기들의 유휴 상태와 자원정보를 관리한다. 모바일 프록시는 그리드 프록시로부터 할당받은 작업을 유휴한 자원에 분배하고 종료된 작업을 회수하는 역할을 한다.

3.1 그리드 프록시

기존의 프록시 기반 모바일 그리드 컴퓨팅 구조에서는 그리드 프록시나 그리드 콘트롤러에서 모바일 기기의 지속적인 이동을 관리해왔다 [7][8][9][10]. 하지만 제안하는 구조에서의 그리드 프록시는 순수한 메타 스케줄러의 역할만 수행한다. 위탁받은 작업을 태스크 단위의 작업으로 분류하여 모바일 프록시에 할당하고 수행이 끝난 작업을 회수하여 사용자에게 전송하는 일을 담당한다.

3.2 페이징 에이전트

기존의 모바일 그리드 구조에서는 이동 기기가 하나의 셀에서 다른 셀로 이동시 발생한 이동

에 대하여 유선 그리드 네트워크에서 지속적으로 관리해왔다. 제안하는 구조에서는 모바일 기기의 셀간 이동에 대하여 고려하지 않고 무선 그리드 페이징 영역간의 이동만을 고려한다. IP 페이징에서는 모바일 기기의 상태를 가용과 유휴로 분류한다. 페이징 에이전트는 유휴 상태의 모바일 기기를 관리한다.

모바일 기기는 다음의 경우에 페이징 에이전트에 등록한다.

- 새로운 페이징 영역에 진입한 경우
- 활동에서 유휴로 상태변화가 발생한 경우

기존 IP 페이징 기법[15]에서는 유휴 상태의 모바일 기기의 주소정보만 관리한다.

본 논문에서는 IP 페이징을 확장하여 모바일 기기는 자신의 홈 주소와 CPU, 자원의 상태(status) 정보를 페이징 캐쉬에 등록한다. 자원의 상태정보는 컴퓨팅 요소와 저장 요소 2가지로 구성되며 세부 특성으로는 컴퓨팅 요소는 Class, CpuSpeed, NumCpus, RamSize, Power, storage element Capacity, FreeSpace 등의 정보를 포함한다. 그리드 페이징 등록 메시지 포맷은 그림 6과 같다.

0										1										2										3									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Type										Length										Sequence Number																			
the home address of paged mobile node																																							
CpuSpeed										Num Ram										IP Capacit FreeSpace										Resvued									

<그림 6> 그리드 페이징 등록 메시지 포맷

모바일 기기는 다음의 경우에 페이징 에이전트에서 삭제된다.

- 현재 무선 그리드 페이징 영역을 이탈한 경우
- 유휴에서 활동으로 상태변화가 발생한 경우

3.3 모바일 프록시

모바일 프록시는 그리드 프록시로부터 작업을 할당받은 후 페이징 캐쉬에 있는 자원 정보를 기반으로 작업에 적합한 2배수의 예비 후보군을 구성한다. 그리고 자원의 변화를 확인하기 위하여

예비 후보군에 대하여 페이징 요청 메시지를 보낸다. 예비 후보군의 자원들로부터 페이징 응답을 받아 페이징 캐쉬에 저장하고 최종 자원군을 결정한다. 페이징 응답 메시지에는 최종 자원군에 포함된 경우 작업의 전송을 위한 모바일 기기의 현재 주소값을 함께 전송한다. 그리고 자원의 중복 사용을 방지하기 위하여 페이징 캐쉬에 작업중인 모바일 기기들을 표시한다. 그리드 페이징 리플라이 메시지 포맷은 그림 7과 같다.

할당한 작업이 종료되면 각각의 자원은 수행한 결과를 개별적으로 모바일 프록시에 전송하고 할당한 모든 작업의 결과가 수합되면 모바일 프록시는 그리드 프록시에 결과를 전송한다.

0										1										2										3									
Type	Length		Sequence Number							Type		Length		Sequence Number							Type		Length		Sequence Number														
the home address of paged mobile node																																							
the care of address of paged mobile node																																							
CpuSpeed	Num	Ram	IP	Capacit	FreeSpace	Resved																																	

<그림 7> 그리드 페이징 응답 메시지 포맷

3.4 SIP 프록시

모바일 기기 사용자는 SIP를 이용하여 그리드 네트워크에 접속하고 서비스를 요청한다. 새로운 모바일 기기는 우선 SIP 이동성 에이전트에 등록한다. 그리고 SIP 이동성 에이전트는 그리드 프록시에 위치한 홈 레지스터에 새로운 기기를 등록시킴으로 모바일 기기는 그리드 네트워크와 지속적인 세션을 유지한다. 그림 8은 그리드 네트워크에 접속하기 위한 SIP 헤더 필드의 예를 보여준다.

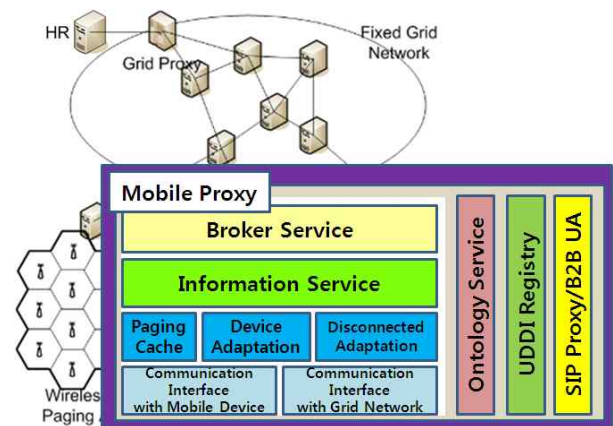
```
REGISTER sip:GRIDPROXY.EXAMPLEGRID.COM SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 163.152.XX.XX:5060;branch=d2asd4tdgthyu6
To: GRIDPROXY <sip:GRIDPROXY@EXAMPLEGRID.COM>
From: USER1 <sip:USER1@EXAMPLEGRID.COM>;tag=456248
Call-ID: 8923840293919290792orderF00
CSeq: 1826 REGISTER
Contact: <sip:GRIDPROXY@163.152.XX.XX>
```

<그림 8> SIP 헤더 필드의 예

4. 모바일 프록시

그림 9는 모바일 프록시의 구조를 보여준다.

본 논문에서 제안하는 모바일 프록시는 그리드 미들웨어, 온톨로지 서비스[24], UDDI 레지스트리[25], SIP 프록시[21]로 구성되어있다. 그리드 미들웨어는 통신 인터페이스, 페이징 캐쉬, 정보 서비스, 브로커 서비스로 분류된다.



<그림 9> 모바일 프록시의 구조

4.1 통신 인터페이스

두개의 통신 인터페이스는 이동 기기와 모바일 프록시/페이징 에이전트 사이에 위치한다. 이 모바일 기기 통신 인터페이스는 모바일 프록시와 모바일 기기가 SOAP 프레임워크[26]를 통하여 통신이 가능하게 해준다.

그리드 네트워크 통신 인터페이스는 고정 그리드 네트워크와의 통신이 가능하게 해주고 GRAM, MDS, GIS 등의 기본 그리드 프로토콜을 사용 가능하게 해준다.

4.2 페이징 캐쉬

모바일 그리드 환경에서 모바일 기기와 고정 그리드 네트워크 간의 자유로운 통신은 지향해야 하지만 바람직한 방법은 아니다. 종류, 인터페이스, 시피유, 용량 등의 차이가 큰 다양한 모바일 기기들이 존재하기 때문이다. 랩탑 컴퓨터는 우선 컴퓨터와 비슷한 인터페이스를 제공하지만 PDA나 핸드폰은 매우 다른 인터페이스를 제공하기 때문이다. 그래서 기기 적용 모듈을 통하여 인터페이스의 변환을 제공해준다.

3장에서 설명한 그리드 페이징 등록을 통하여

무선 그리드 페이징 영역을 관리하는 모바일 프록시는 자신의 영역에 존재하는 모바일 기기의 정보를 보관하고 있다. 그림 10은 모바일 프록시/페이징 에이전트에서 저장하는 페이징 캐쉬의 예이다.

Id	Home Address	Type	CpuSpeed	NumCpus	RamSize	Power	Capacity	FreeSpace	Used
1	163.152.91.77	L	20	1	1024	R	10240	2048	N
2	163.152.91.77	L	16	1	512	40	10240	2048	N
3	163.152.91.77	P	13	1	256	70	10240	2048	N
4	163.152.91.77	L	30	2	2048	R	10240	2048	N
5	163.152.91.77	L	20	1	512	R	10240	2048	N

<그림 10> 그리드 페이징 캐쉬의 예

Home address 필드는 모바일 기기의 고유 주소를 의미한다. Type 필드는 모바일 기기의 종류를 의미하며 L은 laptop, P는 PDA, C는 cellular phone을 의미한다. CpuSpeed는 모바일 기기의 CPU 속도를 의미한다. NumCpus는 모바일 기기의 CPU 수를 의미한다. RamSize는 모바일 기기의 RAM의 크기를 의미한다. Power 필드는 파워의 잔량을 %로 나타내며 R은 충전중을 의미하며 100%와 같다. Capacity 필드는 기기의 총 용량을 의미하며 FreeSpace 필드는 사용가능 공간을 의미한다. Used 필드는 현재 이 기기가 다른 그리드 작업의 자원으로서의 사용 유무를 사용 안함(: N)과 사용 중(: U)으로 표현하고 진행중인 그리드 작업의 예비 자원으로 할당된 경우는 예약(: R)로 표현한다.

일반적인 무선 환경에서는 랜덤 이동성을 기반으로 하기 때문에 다양한 종류의 네트워크 단절이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 IP 페이징 기법을 적용했지만 무선 환경에서 발생하는 네트워크 단절을 예측할 수 없다. 하지만 파워 아웃으로 인한 작업의 손실은 파워 필드를 사용함으로써 방지할 수 있고 페이징 기법을 통하여 새로운 페이징 영역으로의 이동은 감지가 가능하다. 본 논문에서 제안하는 단절 포용 모듈은 새로운 페이징 영역으로 이동이 발생한 경우 작업한 내용을 잠시 버퍼링하고 예비 자원으로 할당된 노드로 작업을 전송시키는 작업을 수행하는 모듈이다.

4.3 정보 서비스

그리드 네트워크에는 다양한 그리드 서비스와

자원이 존재한다. 그리드 서비스를 제공하기 위해서는 서비스 검색과 자원 제공이 필히 필요하다. 글로벌스 툴킷은 서비스 검색과 공유를 제공하는 대표적인 그리드 컴퓨팅 인프라구조다 [2][3][27][28]. 하지만 글로벌스 툴킷에서 제공하는 서비스 검색과 자원 제공 기술은 새로운 작업이 올 때 마다 보유한 전체 자원을 검색하여 적합한 자원을 결정하고 제공하는 방법이다. 이는 자원의 이동성이 존재하는 모바일 그리드 환경에서는 적합하지 못하다.

본 논문에서 제안하는 서비스 검색과 자원 제공 기술은 4.2에서 설명한 페이징 캐쉬에 기반하고 있다. 새로운 작업이 오면 페이징 캐쉬를 검색하여 2배수의 예비 후보군을 구성하고 예비 후보군의 현재 상태정보를 요청하여 최종 서비스 제공 자원을 선정한다. 이는 3장에서 설명한 그리드 페이징 요청/응답 메시지를 따른다. 이러한 일련의 과정을 통하여 그리드 네트워크내 모바일 기기에 그리드 서비스와 자원제공을 가능하게 해준다. 쿼리 전송의 예는 표 1과 같다.

<표 1> 그리드 쿼리 전송의 예

ex)	$Q = \{R \in \{R1 \dots RN\} \mid \text{Class} = \text{laptop} \\ \text{and Cpuspeed} \geq 3.0 \\ \text{and RamSize} \geq 1024 \\ \text{and Power} = \text{recharged} \\ \text{and} \dots \dots \dots \}$
-----	---

4.4 브로커 서비스

모바일 프록시에서 브로커 서비스의 역할은 모바일 기기로부터 요청된 작업을 그리드 프록시로 전송시키는 작업과 그리드 프록시에서 전송된 태스크에 대하여 모바일 자원에 스케줄링하는 두 가지 역할을 수행한다. 브로커 서비스의 자원 선택 및 태스크 할당 과정은 표 2와 같다.

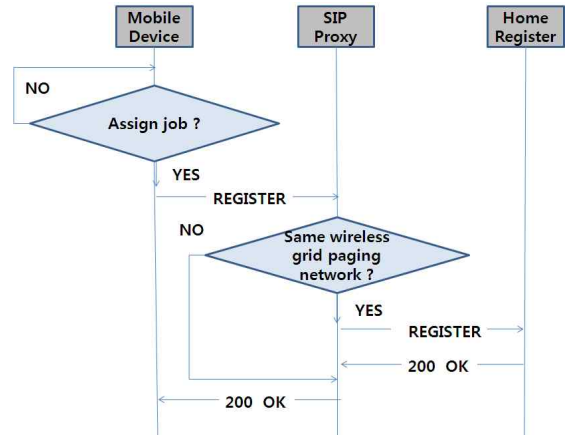
<표 2> 브로커 서비스의 동작

<p>Broker service phase</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: Wait for tasks from grid proxy 2: Request grid paging cache 3: Decide pre-candidate set (double number) from paging cache 4: Send grid paging request to pre-candidate set (current status) 5: Wait grid paging reply from pre-candidate set 6: Decide candidate set from pre-candidate set 7: Decide reserved mobile devices from pre-candidate set 8: Send task to each mobile devices of candidate set 9: Request change used field u and r to paging cache 10: If processing mobile device move out grid paging area or change state to active then 11: Receive processing data 12: Send processing data to reserved mobile device 13: Wait for tasks from each mobile devices

4.5 SIP 프록시

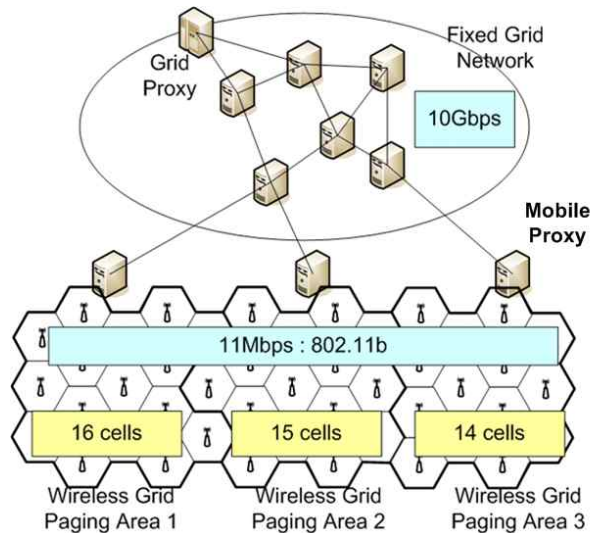
SIP 프록시는 그리드 프록시와 같은 도메인 보다 라우터에 위치하며 도메인 내에서의 도메인 이동성을 제공한다. SIP는 모바일 기기에 두 개의 아이피 즉, 지역 주소와 전역 주소를 부여한다. LA는 베이스 스테이션에 의해 부여된 모바일 기기의 현재 연결 위치를 반영하는 IP 주소이다. DA는 전역적으로 라우팅할 수 있는 IP 주소로서 해당 모바일 그리드 네트워크의 SIP 프록시에서 부여한다. SIP 프록시는 모바일 기기의 로컬 주소와 전역 주소의 관리를 통하여 패킷을 전달할 수 있다. 모바일 기기는 도메인 내의 이동인 경우 SIP 프록시 내의 B2B에 지역적으로 위치 등록을 수행하고, 도메인 간의 이동인 경우 새로운 도메인의 SIP 프록시뿐만 아니라 HR에 위치 등록을 전역적으로 수행한다.

그림 11은 모바일 기기의 그리드 네트워크에 접근시 등록하는 과정을 보여준다.



<그림 11> 모바일 기기의 그리드 네트워크 접근

5. 성능 평가



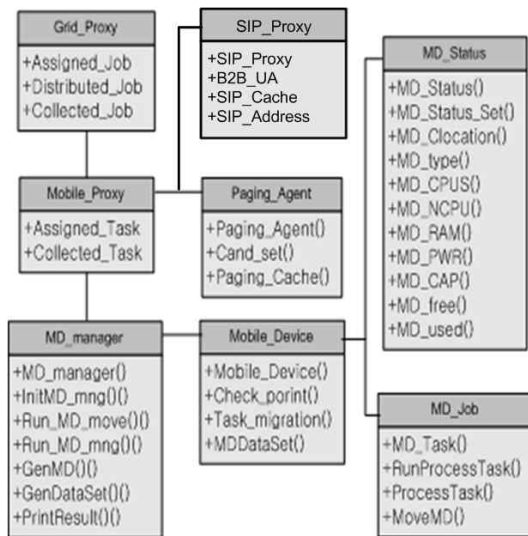
<그림 12> 네트워크 모델

5.1 네트워크 모델

그림 12는 본 논문의 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델을 보여준다. 유선 그리드 네트워크는 3개의 게이트웨이와 6개의 라우터는 10Gbps 이더넷으로 연결되어 있다. 각각의 무선 그리드 페이징 영역은 14-18개의 셀로 구성되어 있으며 각각은 게이트웨이를 통하여 유선 그리드 네트워크에 연결되어 있다. 모바일 프록시는 각각의 게이트웨이에 위치한다.

5.2 클래스 구조

그림 13은 시뮬레이션의 클래스 구조를 보여준다. Grid_Proxy는 유선 그리드 네트워크에 위치한다. Mobile_Proxy는 무선 그리드 네트워크에 위치한다. Paging_Agent와 SIP_Proxy는 Mobile_Proxy의 위치에 위치한다. 각각의 모바일 기기들의 MD_Status를 통하여 Paging_Cache를 수집한다.



<그림 13> 시뮬레이션 클래스 구조

5.3 성능 평가 기준

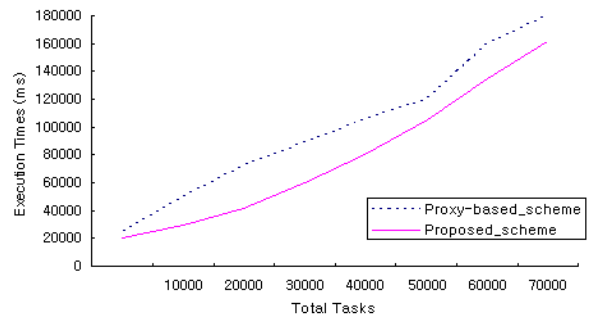
본 논문에서의 성능 평가는 본 논문에서 제안하는 구조와 기존의 프록시 기반 모바일 그리드 구조를 비교한다.

성능평가를 위한 파라미터는 다음과 같다.

- **작업 수행 시간** : 작업 수행 시간은 작업이 할당된 시점부터 작업이 종료되는 시점을 의미한다. 본 논문에서는 작업 수행시간을 전체 작업량의 증가와 비교한다.
- **작업 손실** : 작업 손실은 모바일 기기의 이동 또는 파워 오프로 인하여 재수행 혹은 작업의 이주가 발생해야 하는 것을 의미한다. 본 논문에서는 랜덤 이동성과 랜덤 파워 수치를 기반으로 전체 작업시간에서의 작업 손실을 비교한다.

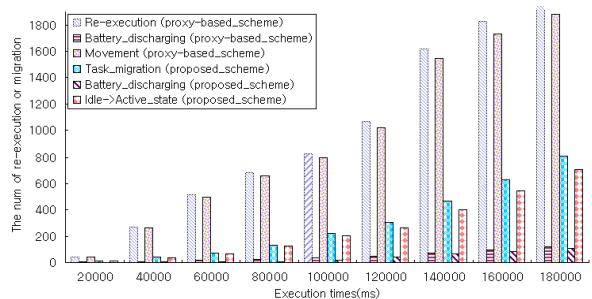
5.4 성능 평가

본 논문에서는 작업 수행동안 발생한 결과를 전체 작업, 시작 작업, 이동, 파워 오프, 작업 이주등의 파라미터와 비교한다.



<그림 14> 작업량 증가에 따른 수행시간 변화

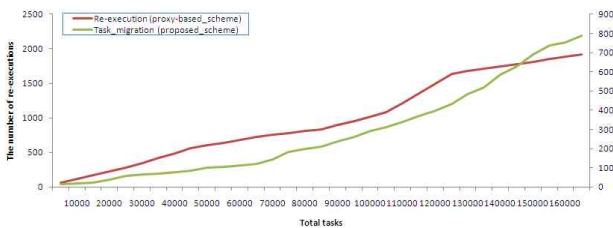
그림 14는 전체 작업 수행 시간에 대하여 전체 작업의 양을 증가시켜 보았다. 모든 경우에서 제안하는 구조는 프록시 기반 모바일 그리드 구조보다 좋은 성능을 보인다. 제안하는 구조는 자원 선택에서 페이징 캐시를 기반으로 유희한 자원을 선별하기에 모바일 기기의 이동 확률이 매우 낮았거나 작업중에 가용상태로 변화하는 경우가 미약하였다. 그리고 제안하는 구조와는 다르게 프록시 기반 모바일 그리드 구조는 울퉁불퉁한 변화를 보인다. 이는 프록시 기반 모바일 그리드 구조에서는 모바일 기기의 빈번한 이동 및 파워 오프로 인하여 재작업 혹은 작업의 이주가 발생한 것을 보여준다.



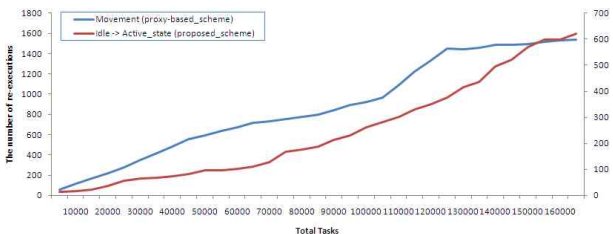
<그림 15> 수행 시간 증가에 따른 재수행

그림 15는 작업의 재수행 발생 횟수 혹은 작업 이주 발생 횟수와 전체 작업 시간을 비교한다. 6

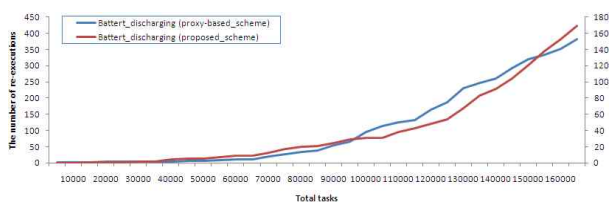
개의 막대그래프 중 왼쪽부터 첫 번째, 두 번째, 세 번째 막대그래프는 프록시 기반 모바일 그리드 구조이며 네 번째, 다섯 번째, 여섯 번째 막대 그래프는 본 논문에서 제안하는 구조이다. 첫 번째, 네 번째 막대그래프는 전체 작업 시간 동안 작업의 재수행 발생 누적 횟수이다. 두 번째, 다섯 번째 막대그래프는 전체 작업 시간 동안 파워 오프로 인한 작업의 재수행 발생 누적 횟수이다. 세 번째, 여섯 번째 막대그래프는 전체 작업 시간 동안 모바일 기기의 이동으로 인한 작업의 재수행 발생 누적 횟수이다. 그림 15에서 보여지는 막대그래프들의 차이는 본 논문에서 제안하는 구조의 성능이 프록시 기반 모바일 그리드 구조의 성능보다 좋음을 보여준다.



<그림 16> 작업량 증가에 따른 재수행



<그림 17> 이동 발생에 따른 재수행



<그림 18> 파워 오프에 따른 재수행

그림 16, 17, 18은 작업의 재수행 발생 횟수 혹은 작업 이주 발생 횟수와 전체 작업의 수와 비교한다. 왼쪽 Y축은 프록시 기반 모바일 그리드 구조에서 발생한 재수행 횟수이며 오른쪽 Y축은 본 논문에서 제안하는 모바일 그리드 구조에서 발생한 작업 이주 횟수이다. 그림 16은 작업량의

증가에 따른 재수행/작업 이주 발생 누적 횟수이다. 그림 17은 모바일 기기의 이동에 의한 재수행/작업 이주 발생 누적 횟수이다. 그림 18은 파워 오프로 인한 재수행/작업 이주 발생 누적 횟수이다.

성능 분석을 통하여 본 논문에서 제안하는 IP 페이징 기반 자원 검색 방법은 작업의 이주는 발생하였으나 작업의 재수행은 발생하지 않았다. 그리고 제안하는 방법에서는 파워 오프로 인한 작업의 재수행은 거의 발생하지 않았다. 하지만 작업의 이주로 인한 부가적인 작업 수행으로 인하여 그림 14와 같이 보듯이 큰 작업 수행시간 이득을 얻어올 수는 없었다.

6. 결 론

본 논문에서는 그리드 네트워크에 모바일 기기를 자원으로 제공하였다. 유희한 모바일 기기와 그리드 상태 정보 수집을 위하여 IP 페이징 방법을 사용하였다. 그리고 모바일 기기의 작업 관리를 위하여 SIP를 이용하여 지속적인 모바일 기기의 관리를 수행하였다. 그 결과, 모바일 그리드 서비스를 제공하기 위하여 페이징과 SIP를 적용한 모바일 그리드 컴퓨팅 프레임워크를 제안하였다. 추가적으로 현재 모바일 그리드 컴퓨팅에서 필요한 유희한 모바일 자원 선택, 이동성 관리, 기기종 기기 포용, 브로커 서비스 등을 제안하였다. 그리고 본 논문에서 이러한 기능을 포함하는 모바일 프록시를 제안하였다.

모바일 그리드 컴퓨팅 환경에서는 이동성 관리, 네트워크 단절, 제한적인 파워, 작업 이주, 작업 스케줄링, 기기종 기기 간 통신, 보안등 많은 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이동성 관리, 작업 스케줄링, 제한적인 파워, 작업 이주 등의 문제를 해결하였다. 하지만 네트워크 단절, 기기종 기기 간 통신, 보안 등의 문제가 남아있다. 향후 이러한 문제를 해결하여 모바일 그리드 컴퓨팅에서 효과적인 이동성을 제공하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] I. Foster, C. Kesselman, & S. Tuecke.(2001). The Anatomy of the Grid : Enabling Scalable Virtual Organizations. *International J. Supercomputer Applications*, 15(3).
- [2] Ian Foster, & Carl Kesselma.(1998). *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure*. Morgan Kaufmann Publishers.
- [3] Ian Foster, & Carl Kesselman.(2004). *The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure*. Morgan Kaufmann Publishers.
- [4] I. Foster, A. Roy, & V. Sander.(2000). *A Quality of Service Architecture that Combines Resource Reservation and Application Adaptation*. 8th International Workshop on Quality of Service
- [5] Foster I.(2002). *The Physiology of the Grid: An Open Grid Services Architecture for istributed Systems Integration*. Global Grid Forum.
- [6] Foster, I.(2002). The Grid: A New Infrastructure of 21st Century Science. *Physics Today*, 55, 42-52
- [7] P. Ghosh, N. Roy, S. K. Das & K. Basu.(2004). *A Game Theory based Pricing Strategy for Job Allocation in Mobile Grids*. Proceedings of 18th International Parallel and Distributed Processing Symposium, Snata Fe, New Mexico.
- [8] V. Hingne, A. Joshi, T. Finin, H. Kargupta & E. Houstis.(2003). *Towards a Pervasive Grid*. Proceedings of 17th International Parallel and Distributed Processing Symposium, Nice, France.
- [9] T. Phan, L. Huang & C. Dulan.(2002). *Challenge: Integrating Mobile Wireless Devices Into the Computational Grid*. Proceedings of 8th International Conference on Mobile Computing and Networking, Atlanta, Georgia, USA.
- [10] Wesner, S., Jähnert, J. M., Aránzazu, M., Escudero, T. *Mobile Collaborative Business Grids: A short overview of the Akogrimo Project*. http://www.akogrimo.org/download/White_Papers_and_Publications/Akogrimo_WhitePaper
- [11] M. Fukuda, Y. Tanaka, N. Suzuki, Lubomir F. Bic & S. Kobayashi.(2003). *A mobile-agent-based PC grid*. In proceedings of Autonomic Computing Workshop Fifth Annual International Workshop on Active Middleware Services (AMS'03)
- [12] Rodrigo M. Barbosa & Alfredo Goldman.(2004). *MobiGrid - Framework for Mobile Agents on Computer Grid Environments*. MATA 2004, LNCS 3284. 147-157
- [13] Niranjani Suri, Paul T. Groth, Jeffrey M. Bradshaw(2001). *While You're Away: A System for Load-Balancing and Resource Sharing Based on Mobile Agents*. In proceedings of the 1st International Symposium on Cluster Computing
- [14] Forman, G. & Zahorjan, J.(1994). The Challenges of Mobile Computing. *IEEE Computer*, 27(4).
- [15] Xiaowei Zhang, Javier Gomez Castellanos, Andrew T. Campbell.(2002). P-MIP: paging extensions for mobile IP. *Mobile Networks and Applications*, 7(2), 127-141
- [16] A. T. Campbell & J. Gomez.(2001). IP Micro-Mobility Protocols. *ACM SIG-MOBILE Mobile Computer and Communication Review (MC2R)*, 4(4), 45-54.
- [17] C. Castelluccia.(1999). Extending Mobile IP with adaptive individual paging: A performance analysis. <http://www.inria.fr/planet/people/ccastel/>. INRIA.
- [18] R. Ramjee, T. La Porta and L. Li, Paging support for IP mobility using HAWAII . Internet Draft, Internet Engineering Task

Force, draft-ietf-mobileip-paging-hawaii-01.txt, January 2001.

[19] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, & E. Schooler.(2002). SIP: Session Initiation Protocol. RFC 3261.

[20] H. Schulzrinne, E. Wedlund, Application layer mobility using SIP. *Mobile Computing and Communications Review*, 4(3).

[21] E. Wedlund & H. Schulzrinne.(1999). *Mobility support using SIP*. 2nd ACM/IEEE International Conference on Wireless and Mobile Multimedia, Seattle, Washington.

[22] D. Vali, S. Paskalis, & A. Kaloxylos.(2003). A SIP-based Method for Intra-Domain Handoffs. *Proceedings of IEEE VTC- Fall 2003*, Orlando, FL, USA.

[23] D Vali, S. Paskalis, A. Kaloxylos, & L. Merakos.(2003). An Efficient Micromobility Solution for SIP Networks. *Proceedings of IEEE Globecom 2003*, San Francisco, CA, USA.

[24] Hoschek, H.(2002). Web service discovery processing steps. <http://www.itg.lbl.gov/hoschek/publications/icwi2002.pdf>.

[25] *UDDI specification*.(2003). www.oasis-open.org/committees/uddi-spec/doc/tcspecs.ht.

[26] SOAP Framework: W3C Simple Object Access Protocol ver 1.1. World Wide Web Consortium recommendation, www.w3.org/TR/SOAP/. 8, May, 2000.

[27] I Foster, & C. Kesselman.(1997). Globus: A Metacomputing Infrastructure Toolkit. *Intl J. Supercomputer Applications*, 11(2).

[28] Czajkowski, K.(2001). Grid Information Services for Distributed Resource Sharing. *Proceedings of the Tenth IEEE International Symposium on High-Performance Distributed Computing (HPDC-10)*, IEEE Press.

이 대 원



2001 순천향대학교
전기전자공학부(공학사)

2003 고려대학교
컴퓨터교육과(교육학석사)

2009 고려대학교 컴퓨터교육학과
(이학박사)

2009~현재 서경대학교 교양과정부 대우교수
관심분야: 그리드 컴퓨팅, 모바일 컴퓨팅,
분산시 스템, 컴퓨터교육, u-러닝
E-Mail: daelee@skuniv.ac.kr