모바일 클라우드 컴퓨팅 서비스를 위한 위성영상 병렬 정보처리 성능 예비실험

강상구* · 이기원* · 김용승**

*한성대학교 정보시스템공학과, **한국항공우주연구원 위성정보연구센터

Preliminary Performance Testing of Geo-spatial Image Parallel Processing in the Mobile Cloud Computing Service

Sanggoo Kang*, Kiwon Lee* and Yongseung Kim**

*Dept. of Information Systems Engineering, Hansung University,

**Satellite Information Research Center, Korea Aerospace Research Institute

Abstract : Cloud computing services are known that they have many advantages from the point of view in economic saving, scalability, security, sharing and accessibility. So their applications are extending from simple office systems to the expert system for scientific computing. However, research or computing technology development in the geo-spatial fields including remote sensing applications are the beginning stage. In this work, the previously implemented smartphone app for image processing was first migrated to mobile cloud computing linked to Amazon web services. As well, parallel programming was applied for improving operation performance. Industrial needs and technology development cases in terms of mobile cloud computing services are being increased. Thus, a performance testing on a satellite image processing module was carried out as the main purpose of this study. Types of implementation or services for mobile cloud varies. As the result of this testing study in a given condition, the performance of cloud computing server was higher than that of the single server without cloud service. This work is a preliminary case study for the further linkage approach for mobile cloud and satellite image processing.

Key Words : Mobile Cloud, Parallel Processing, Smartphone App, Performance Testing, Amazon Web Services

요약 : 클라우드 컴퓨팅 서비스는 경제성, 확장성, 보안성, 공유성, 접근성 등에서 특징점이 있기 때문에 단순한 사무용 시스템에서 전문적 과학정보처리까지 여러 분야에서 활용되고 있다. 그러나 공간정보 분야, 특히 원격탐사 분야에서는 연구나 기술 개발 단계가 아직 초기 수준이다. 이번 연구에서는 기존 연구에서 구축한 스마트폰 위성영상 정보처리 시스템을 아마존 웹 서비스와 연계된 모바일 클라우드 컴퓨팅 환경으로 이동하고 연산 성능 향상을 위해 병렬처리 프로그래밍 기법을 적용하였다. 앞으로 모바일 클라우드 컴퓨팅 서비스에 대한 산업적 수요와 관련 기술개발 사례가 증가할 것이므로 이 연구에서는 주로 영상처리 기능에

대한 성능 측정 실험을 우선적으로 수행하였다. 모바일 클라우드 컴퓨팅 환경의 운영이나 서비스 방식이 다양한 데, 이번 연구에서 적용된 실험 조건에서는 클라우드 서버가 단일 서버 방식에 비하여 성능이 우수한 것으로 나타났다. 이 연구는 모바일 클라우드를 위성영상정보처리와 연계하기 위한 예비 연구이다.

1. 서론

2000년대 중후반 정보통신기술 분야에 새로운 컴퓨팅 서비스 패러다임으로 나타난 클라우드 컴퓨팅 서비스는 현재까지도 정보통신기술 분야의 핵심 키워드로 꾸준히 부각되고 있다. 또한 다양한 컴퓨팅 서비스 분야에서 이에 기반한 실무 활용 사례가 증가하고 있다(한국정보화진흥원, 2011). 클라우드 컴퓨팅 서비스를 채택하는 경우에는 경제적이고도 다양한 사용 요금책정 방식의 설정, 유연한 하드웨어 장비의 확장성, 증대된 보안성, 공유의 편리성, 다양한 단말기를 통한 접속 접근성, 병렬처리 시스템 구축의 용이성 등과 같은 많은 장점을 갖는 것으로 알려져 있다. 이러한 장점 때문에 새로 구축되는 컴퓨팅 서비스뿐만 아니라 기존에 구축된 사무용 시스템이나 애플리케이션을 클라우드 컴퓨팅 환경으로 연계하거나 이동하려는 상황도 많다. 따라서 이러한 산업적 수요에 잠재적인 기대효과가 더하여져 새로운 서비스 제공을 위한 기반 기술은 지속적인 발전되고 있으며 이는 다양한 플랫폼을 통하여 배포되고 있다(Armbrust *et al.*, 2009; Barnatt, 2010).

공간정보 분야에서도 클라우드 컴퓨팅 서비스와의 연계 및 활용 사례가 SpatialStream(www.spatialstream.com), GISCloud(www.giscloud.com), SC2-Geoportal(www.skeinc.com/GeoPortal.html) 등과 같이 발표되고 있다. 그러나 현재는 국제적으로도 초기 단계로 기존의 웹 기반 공간정보 자료제공 서비스 시스템을 일부 대체하는 단계라고 할 수 있다. 또한 학술적인 연구 측면에서도 클라우드 컴퓨팅 환경에서 공간정보의 연계나 적용을 위한 기본적인 내용이나 적용 전략 등을 다루는 경우가 많다. 관련된 연구로, Ostermann *et al.*(2010)은 클라우드 컴퓨팅 환경인 Amazon Web Service(AWS)에서 실제 실행 자료가 되는 여러 인스턴트들을 생성하면서 연산 속도를 의미하는 성능 분석의 기초연구를 수행하였다. Sriram and Ali(2010)는 클라우드 컴퓨팅과 관련된 주요 주제를 6개의 카테고리로 분류하여 정리하였으며, Zhang *et al.*(2012)은 클라우드 컴퓨

팅의 핵심 기술 중에서 가상화, 대용량 분산 저장 공간, 병렬처리 프로그래밍 모델, 데이터 관리에 대한 사항을 체계화하였다. 한편 유선실(2012)은 개인 클라우드 서비스의 활성화 가능성을 제시한 바 있다. 강상규와 이기원(2012)은 클라우드 컴퓨팅 서비스 연계 스마트폰 앱 개발 전략 측면에서 오픈소스, 병렬처리 프로그래밍, HTML5 등의 연계 중요성을 강조하였고, 김광섭과 이기원(2012)은 아마존 AWS를 이용해서 3차원 지형정보 시각화 모바일 웹을 시험적으로 개발하였다. 또한 Lee(2012)는 클라우드 컴퓨팅 서비스와 위성영상 정보처리 연계 모델에 대하여 정리한 바 있다.

본 연구의 핵심 주요어 중에 하나인 모바일 환경은 스마트폰, 모바일 패드 등 일반적인 모바일 단말기를 총칭하는 것이다. 특히 스마트폰은 안드로이드(Android), iOS, 바다(Bada), 블랙베리(BlackBerry), 윈도우폰(Window Phone) 등과 같은 여러 가지의 운영체제가 존재하므로 각 운영체제 별로 또는 상호 운영 환경을 구축하여 사용자의 필요에 맞는 여러 가지 앱(App)을 개발하고 이를 설치, 활용하게 된다. 스마트폰 단말기와 스마트폰 앱 성능은 계속 발전, 향상되어 왔지만, 연산 처리 속도, 배터리 용량 문제, 한정된 저장 공간 등과 같은 제반 사항은 일반 사용자 및 기업 사용자들의 요구사항을 모두 충족시키는데 한계가 있다. 그러나 모바일 클라우드 컴퓨팅 서비스는 일반 클라우드 컴퓨팅 서비스의 장점이 스마트폰 환경에 적용되어 모바일 기기가 가지는 한계를 넘어서는 서비스가 가능하기 때문에 이에 대한 수요가 증가하고 있다(Fernando *et al.*, 2013). 본 연구에서 사용한 모바일 클라우드 컴퓨팅 서비스 용어는 모바일 기기와 클라우드 컴퓨팅 서비스가 서로 연계되어 사용자에게 제공되는 것을 의미하고, 사용자는 모바일 기기를 통해서 클라우드 컴퓨팅 환경에 접속하거나, 클라우드 컴퓨팅 환경을 활용하여 정보처리하고, 이를 모바일 기기에서 시각화 할 수 있다. 그러나 공간정보와 연계된 모바일 클라우드 컴퓨팅 서비스의 경우도 아직까지는 많은 연구가 이루어지지 못한 분야이다.

구글 영상이나 기타 포털에서 제공하는 항공사진, 위

성정보와 독립적으로 위성영상 정보처리를 목적으로 하는 스마트폰 앱의 개발은 기존의 연구에서 수행된 바 있다. 강상구와 이기원(2010, 2011)은 안드로이드 스마트폰 운영체제와 데스크톱 리눅스 서버를 기반으로 동작하는 위성영상 정보처리 앱을 오픈소스를 기반으로 하여 시험적으로 개발하였다. 스마트폰에서 위성영상 정보처리 기능을 사용자가 이용하는 경우 정보처리 성능이 중요한 고려사항 중에 하나이므로, 강상구와 이기원(2010, 2011)의 연구에서는 위성영상자료의 서버 구축 시에 타일(Tile) 구조로 영상을 분할 저장하고, 영상처리 영역을 스마트폰에 시각화 되고 있는 인근 영상만으로 설정하는 방식을 적용한 바 있다. 그러나 기존 연구에서는 하나의 CPU 코어를 사용하였다. 개발된 앱이 실제 많은 사용자에게 원활하게 서비스되기 위해서는 속도 개선의 필요성이 존재하고, 이번 연구에서는 클라우드 컴퓨팅 서비스를 활용하여 영상처리를 병렬로 처리하도록 함으로써 속도를 향상 시키고자 하였다. Alonso-Calvo *et al.*(2010)은 클라우드 환경에서 다중 에이전트(Agent)를 구성하여 대용량 영상 자료처리 성능을 비교한 바 있는 데, 에이전트 숫자와 연산 성능간의 일반화할 수 있는 특징적인 결과를 제시하지는 않았다. 이는 자료구조와 처리 알고리즘에 따라 클라우드 컴퓨팅 성능이 달라질 수 있음을 의미하는 것이다. 그러나 일반적으로 위성영상 정보처리 과정을 병렬처리하는 경우 성능 향상이 있으므로 이번 연구에서는 기존 개발된 시스템을 병렬처리가 가능하도록 재설계하고, 구현 성과를 AWS 클라우드 컴퓨팅 서비스를 기반으로 동작하도록 시스템을 이동하고, 이를 활용하도록 소스코드를 수정하였다. 물론 구축된 시스템은 기존 데스크톱 리눅스 서버와 동일한 기능을 수행한다. 이것은 모바일 클라우드 서비스의 하나의 시험 구축 사례가 될 수 있다.

연구 주제와 관련하여 여러 사항이 설명되고 제시될 수 있지만 이번 연구에서는 주로 성능 평가에 주안점을 두었다. 즉 기존 연구에서 개발된 시스템과 클라우드 컴퓨팅 서비스를 통해서 구축한 동일한 기능의 시스템을 대상으로 하여 위성영상 정보처리 속도를 측정 및 비교하였다. 이번 연구에서 성능 평가에 주안점을 두고, 클라우드 컴퓨팅 서비스 구성 방식을 3가지로 나눈 이유는 공간정보 분야의 다양한 앱이 클라우드 컴퓨팅 환경을 기반으로 이동할 때 얻을 수 있는 효과를 살펴보고,

앱을 서비스하기 위한 적합한 서버 구성 방식을 테스트하기 위함이다. 연구 내용으로는 우선 클라우드 컴퓨팅 서비스와 병렬처리 컴퓨팅을 개관하고 클라우드 기반 위성영상 정보처리 대상이 되는 서버를 세 가지 유형으로 구축한 뒤 클라우드 환경이 아닌 기존의 스마트폰 앱과 동일 기능에 대한 처리 속도를 비교한 결과를 제시하고 이를 분석하고자 한다.

2. 클라우드 컴퓨팅 서비스

클라우드 컴퓨팅은 운영 방식에 따라서 공개 클라우드, 개인 클라우드와 두 가지를 결합한 하이브리드 클라우드로 나눌 수 있고, 각각의 클라우드는 서비스 방식에 따라 Infrastructure as a Service(IaaS), Platform as a Service(PaaS), Software as a Service(SaaS)로 나눌 수 있다.

IaaS는 컴퓨팅에 필요한 하드웨어 장비나 장치 자원들을 서비스 하는 것으로, 서버 가상화(Virtualization) 기술과 클라우드 컴퓨팅 운영관리 기술 등으로 이루어진다. 이를 통해 클라우드 컴퓨팅 서비스 제공 기업은 클라우드 상에 있는 유휴 상태의 하드웨어 자원을 최소한으로 유지할 수 있고, 사용자는 유동적이고, 신속하게 하드웨어 자원을 대여, 확장, 유지, 관리하는 것이 가능하다. 클라우드 컴퓨팅 서비스를 사용하지 않는 기업 또는 기관에서는 일반적으로 사용자에게 특정한 서비스를 제공하기 위해서 최대 동시 사용자 수를 예측해서 서버를 구축해야 하고, 운영하기 위해서 많은 고정적인 비용, 인력 비용이 발생하지만, 클라우드 컴퓨팅 서비스를 채택하는 경우에는 일반적으로 하드웨어 자원을 대여하는 시간단위로 비용이 발생하고, 서비스 이용 사용자가 급속히 증가하는 시간에만 컴퓨팅 자원을 확장하여 운영하는 것이 가능하기 때문에 기존 데이터센터에 비해서 경제적인 서비스 운영 및 관리가 가능하다. 또한 IaaS를 활용하여 병렬처리가 가능한 서버를 구성하는 것도 가능하다. 일반적으로 병렬처리 프로그래밍 기법은 분산처리 환경, 클러스터 환경 등의 다중 CPU가 상호작용하여 정보처리가 가능한 컴퓨팅 환경에서, 또는 하나의 CPU에 여러 개의 코어가 존재하는 컴퓨팅 환경에서 사용되고 있는 것으로, 병렬로 정보처리하여 성능

을 향상시킬 수 있는 방법이다. 이러한 병렬처리 프로그래밍은 하나의 CPU안에 여러 개의 코어가 존재하는 멀티코어 CPU가 보편화되고, 클라우드 컴퓨팅 서비스를 통한 다중 프로세서 컴퓨팅 환경 구축이 용이해지면서 많이 사용되고 있는 추세이다. 병렬처리 프로그래밍은 순차 프로그래밍 기법에 비해서 정보처리의 속도를 높일 수 있다는 장점이 있지만 개발된 소스코드의 디버깅이 쉽지 않고, 복잡도가 높아지는 등의 단점이 존재하고, 소스코드를 구현할 때 고려해야 하는 부분이 늘어난다. 이러한 사항을 최소한으로 하고, 병렬처리 프로그래밍이 가능하도록 지원하는 환경으로 OpenMP(Open Multi-Processing), MPI(Message Passing Interface), 구글에서 구현한 병렬처리 프로그래밍 모델인 MapReduce 등이 대표적이다(Dean and Ghemawat, 2004). 한편 IaaS의 대표적인 사례로는 AWS가 있다. AWS는 Elastic Compute Cloud(EC2), Elastic Block Store(EBS), Amazon Machine Image(AMI), Relational Database Service(RDS), Simple Storage Service(S3), Elastic Load Balancing(ELB) 등의 서비스로 이루어져 있고, 이러한 서비스들이 상호작용함으로써 사용자에게 클라우드 컴퓨팅 서비스가 제공되고 있다. AWS 외에도 IBM, Rackspace, Joyent 등이 IaaS 서비스 사례에 포함된다. PaaS는 클라우드 컴퓨팅 환경에서 작동 가능한 애플리케이션을 개발할 수 있는 개발 도구를 서비스하는 것으로 요약된다. PaaS의 주된 사용자 계층인 개발자는 직접 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축하지 않아도 클라우드 컴퓨팅 환경을 활용하는 애플리케이션을 개발하는 것이 가능하다. 일반적으로 PaaS의 경우 서비스를 제공하는 기업에서 정한 개발 플랫폼 안에서만 개발이 가능하다는 제약이 있다. 이러한 PaaS의 대표적인 사례로는 마이크로소프트 애저(Azure), 구글 앱 엔진(Google Apps Engine)이 있다. SaaS는 클라우드 컴퓨팅 환경에서 작동하는 애플리케이션을 제공하는 서비스로, 일반 사용자 집단에서 주로 사용되고 있는 클라우드 컴퓨팅 서비스 방식이다. 사용자는 SaaS를 사용함으로써 자신의 컴퓨터에 특정한 애플리케이션을 설치하지 않아도 웹을 통해서 애플리케이션에서 제공하고 있는 정보처리 기능을 사용하는 것이 가능하고, 정보처리 결과를 따로 사용자 개인 컴퓨터에 저장하지 않더라도, 클라우드 컴

퓨팅 환경에 저장하고 관리할 수 있다. 이를 통해 사용자는 특정 장소, 기기, 시간에 구애받지 않고 자유롭게 데이터를 정보처리하고 저장, 관리 및 공유할 수 있다. 이러한 SaaS의 대표적인 사례는 구글에서 제공하는 Gmail, Docs, Calendar 서비스와 세일즈포스(Salesforce)의 고객관계관리 서비스, 마이크로소프트의 Office Live 등과 같은 서비스가 있다.

한편 다른 정보통신기술 분야와 마찬가지로 클라우드 컴퓨팅 서비스에서도 오픈소스에 관한 기술 개발과 활용에 대한 관심도 증가하고 있다. 클라우드 컴퓨팅 서비스 구축 및 운영에 핵심적인 역할을 하는 가상화를 위해서 Linux KVM(Kernel-based Virtual Machine), Xen, VirtualBox 등과 같은 오픈소스가 개발되어 활용되고 있으며, 클라우드 컴퓨팅 서비스를 운영하고 관리하기 위해서 OpenStack(www.openstack.org), Eucalyptus(Elastic Utility Computing Architecture for Linking Your Programs to Useful System, www.eucalyptus.com), XCP(Xen Cloud Platform), CloudStack(www.cloudstack.org), OpenNebula(www.opennebula.org), Nimbus(www.nimbusproject.org) 등의 오픈소스가 사용되고 있다(Endo *et al.*, 2010; Sempolinski and Thain, 2010; 한국전자통신연구원, 2011).

3. 모바일 클라우드 환경 위성영상 정보처리 결과

이번 연구에서는 클라우드 컴퓨팅 서비스를 기반으로 스마트폰을 통해서 요청되는 위성영상 정보처리 과정을 수행하도록 서버를 구축하고 강상구와 이기원(2010)의 연구에서 구축한 단일 서버 애플리케이션과 동일 기능을 대상으로 하여 위성영상 정보처리 성능을 비교하였다.

Xiong and Perros(2009), Ostermann *et al.*(2010)과 Iosup *et al.*(2011)의 경우 AWS EC2 클라우드 컴퓨팅 환경에서 영상정보 처리 기능에 대한 성능 비교 연구를 수행한 바 있으나, 이번 연구는 스마트폰 모바일 클라우드 컴퓨팅 서비스 환경에서 병렬처리 프로그래밍 기법을 적용하기 위해 서버의 구성을 달리하고, 멀티코

Table 1. Performance testing types and environments for geo-spatial images processing

Servers Environments	Single Desktop Server	Single AWS EC2 Server (t1.micro)	Single AWS EC2 Server (m1.large)	Triple AWS EC2 Server (t1.micro × 3)
CPU clock	2.4 GHz (AMD Athlon 4600+)	One EC2 Compute Unit (ECU) provides the equivalent CPU capacity of a 1.0-1.2 GHz.		
CPU core	Dual core	One EC2 Compute Unit	Dual core (Each core has got two EC2 Compute Units)	One EC2 Compute Unit × 3
Memory	3.3 GB	613 MB	7.5 GB	613 MB × 3
Operating System	Linux Fedora 14	Amazon Linux AMI	Amazon Linux AMI	Amazon Linux AMI
Platform	32-bit	32-bit	64-bit	32-bit × 2, 64-bit

Table 2. Operation and development environments

	Environment	Version	Testing Server
Server-side	OTB(Orfeo Toolbox)	3.8	All
	GDAL	1.8.1	All
	Apache Httpd	2.2.17	All
	Python Parallel	1.6.2	Triple AWS EC2 Server and Single AWS EC2 Server(m1.large)
Client-side	Operating System	Android 2.2	
	gvSIG Mini	0.2.0	
	Java JDK	1.7.0_02	

어 환경과 클러스터 환경에서 병렬처리를 모두 지원하고, 기존에 작성된 소스 코드를 병렬처리 프로그래밍 방식으로 변경하는데 용이한 코딩 방식을 제공하는 파이썬(Python) 병렬처리 라이브러리인 Python Parallel(PP)를 사용하여 구축된 시스템의 성능 비교 실험을 수행하였고, 이것은 기존의 연구와 기본적인 접근 방식에서 차이가 있다.

클라우드 컴퓨팅 서비스를 활용하여 연구를 수행하기 위해서, 이번 연구에서는 여러 기업의 IaaS를 서비스 중에서 안정적으로 서비스되고 있는 AWS를 선택하였다. AWS의 EC2를 통해서 생성할 수 있는 여러 가지 인스턴스 중에서 3가지 방식으로 인스턴스(Instance)를 구성했고, 일부 구성 방식은 여러 개의 CPU를 사용하여 정보처리하는 컴퓨팅 환경을 가지는 서버를 구성하였다. EC2에서는 클러스터 환경을 가지는 인스턴스를 제공하고 있지만, 이번 연구에서 사용하지 않은 이유는 AWS의 클러스터가 이번 연구에서 실험하고자 하는 정보처리에 필요한 CPU에 비해서 매우 크고, 이번 연구가 여러 개의 인스턴스를 생성하여 다중 CPU를 가지는 환경을 구축하고 실험하는데 주안점을 두고 있기 때문이다. 기존 연구와 이번 연구에서 구성한 서버의 하드웨어 자원, 즉 테스트 환경은 Table 1과 같다.

Table 1에서 단일 서버(Single Desktop Server)는 가상구와 이기원(2010, 2011)의 연구에서 사용한 리눅스 서버로 CPU는 2개의 코어를 가지고 있지만, 기존 연구에서는 하나의 코어만을 사용해서 위성영상 정보처리 과정을 수행했다. 한편 Single AWS EC2 Server (t1.micro), Single AWS EC2 Server(m1.large), Triple AWS EC2 Server(t1.micro × 3)는 기존 연구와 정보처리 속도를 비교하기 위해서 클라우드 컴퓨팅 서비스를 통해서 구성된 서버들이다. t1.micro는 아마존에서 제한된 기능을 일정 사용량까지 무료로 제공하고 있는 인스턴스로 연구를 위한 테스트 서버, 서버와의 입출력이 많지 않은 애플리케이션을 시험적으로 서비스하기에 적합하다. m1.large는 AWS에서 유료로 사용할 수 있는 인스턴스 중에 하나이다.

스마트폰을 통해 위성영상 정보처리를 위해서 구축한 서버의 개발 환경은 Table 2와 같다. 속도 측정을 위해 사용된 위성영상 정보처리 알고리즘은 위성영상으로부터 선형 성분을 강화해서 시각화하는 것으로 OTB에서 제공하는 기본 기능인 'Line_Segment_Detect'를 사용하였다(OTB Development Team, 2010). 스마트폰에서 사용자가 위성영상 정보처리를 요청하게 되면 화면에 시각화 되고 있는 중심 타일 영상과 이를 둘러싼

Fig. 1. Tile structure of an applied geo-spatial image.

8개의 타일 영상을 정보처리하게 된다. 성능 평가 실험을 위하여 사용된 9개의 타일링된 영상은 Fig. 1과 같고, 영상은 국내 임의의 지역을 대상으로 한 정위치 보정된 KOMPSAT-2 영상이다. 각 영상의 크기는 256×256 으로 일반적으로 웹을 활용한 지도서비스에서 사용하는 크기와 동일하고, 각 영상은 1MB이하의 파일 크기를 가진다.

Fig. 2는 이번 연구에서 구성한 서버 중에서 Triple AWS EC2 서버($t1.micro \times 3$)에서 수행되는 위성영상 정보처리 과정으로 3개의 $t1.micro$ 인스턴스를 사용하는 병렬처리 순서와 단계를 나타낸다. 세 개의 서버 중에서 하나를 주요 서버(Main Server)로 하고, 나머지 두개를 부속 서버(Sub-server)로 구성하고, 위성영상 정보처리가 가능하도록 동일하게 시스템을 구축 및 설치하였다. 위성영상 정보처리는 사용자가 스마트폰 앱에서 주요 서버로 위성영상 정보처리를 요청하고, 주요 서버에서는 PP를 통해 부속 서버와 함께 위성영상 정보처리를 병렬 처리하여 각 서버에 처리 결과를 저장하고, 각 서버에서 정보처리가 완료되면 부속 서버에서 처리된 결과를 주요 서버로 전송하는 과정을 수행한다. 이러한 단계를 거쳐 모든 정보처리가 완료되면 스마트폰 앱에서

처리 결과 영상이 표출된다. 한편, Single Desktop Server와 Single AWS EC2 Server($t1.micro$)는 별도의 부속 서버가 없이 주요 서버에서만 모든 처리가 이루어진다. 따라서 PP를 통해 병렬 처리하는 과정인 Fig. 2에 있는 ②단계도 생략된다. Single AWS EC2 Server($m1.large$)의 경우도 부속 서버가 없지만, 2개의 CPU 코어를 사용하여 병렬처리하기 때문에 Fig. 2 ②단계가 주요 서버에서 내부적으로 처리된다.

Table 3은 구성한 서버에서 동일한 위성영상 정보처리를 수행에 걸린 CPU 시간을 측정한 것으로 Fig. 2의 ②단계부터 ④단계에 걸리는 전체 시간을 타임스탬프(Time Stamp) 방식으로 측정한 것이다. 구성한 서버에 따라서 Fig. 2의 ②단계는 생략되거나 주요 서버 내부적으로 수행된다. Fig. 2의 ①, ⑤, ⑥단계는본 연구의 주된 목적이 병렬처리 속도를 측정하는 것이기 때문에 이번 위성영상 정보처리 속도 측정에서는 제외하였다.

Table 3에서 나타난 것과 같이, 위성영상 정보처리 속도를 측정한 결과 하나의 코어를 사용하는 Single Desktop Server에 비해서 클라우드 컴퓨팅 환경의 서버들이 더 빠른 속도로 정보처리되는 결과를 볼 수 있었다. 하나의 CPU의 단일 코어로 정보처리하는 Single

Fig. 2. Parallel processing procedure and system layout using the triple AWS EC2 Server (t1.micro x 3).

Table 3. The result of CPU time stamp measures in seconds

Attempt	Servers	Single Desktop Server	Single AWS EC2 Server (t1.micro)	Single AWS EC2 Server (m1.large)	Triple AWS EC2 Server (t1.micro × 3)
1st		9.74892	7.85906	6.51982	4.10759
2nd		9.66248	7.63841	6.50519	4.06539
3rd		9.63022	7.77998	6.54937	4.00203
4th		9.72776	7.58577	6.56960	3.95982
5th		9.68844	7.62994	6.46758	4.04555

Desktop Server와 Single AWS EC2 Server (t1.micro) 중에서 Single AWS EC2 Server(t1.micro)의 정보처리 속도가 더 빠른 이유는 아마존의 t1.micro 인스턴스에 한 번에 많은 양의 정보처리가 요청되는 경우 EC2 Computing Unit(ECU)이 단기 확장되기 때문으로 볼 수 있고, 또한 Single AWS EC2 Server (t1.micro)와

Single AWS EC2 Server(m1.large)와 정보처리 속도 차이가 많이 나지 않는 것도 t1.micro 인스턴스의 ECU가 단기 확장되기 때문으로 볼 수 있다. 하지만 t1.micro는 일정 시간에 한정된 CPU 사용량이 정해져 있기 때문에, 항상 빠른 속도를 제공하지는 않는다. Table 3에서는 t1.micro가 원활하게 작동하는 상황에서 시간을

Fig. 3. Average CPU time according to testing server types and the number of CPU core.

측정한 것이다. Triple AWS EC2 Server는 최소 3개의 ECU를 사용하고, 처리량이 많은 경우 단기 확장되어 정보처리 됨으로, Fig. 3에 나타난 것과 같이, 이번 연구에서 테스트를 위해 구성한 서버 중에서 평균적으로 가장 빠른 속도로 위성영상 정보처리가 수행되는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

클라우드 컴퓨팅 서비스는 일반적인 웹 서비스 방식에 비하여 대용량 자료 처리, 빠른 성능, 전문적인 정보 처리 기능, 데이터 공유기능 등과 같은 장점이 있다. 또한 스마트폰 모바일 서비스와 연계하는 경우 연산 시간이 많이 소요되는 처리 과정을 클라우드 컴퓨팅 환경에서 처리할 수 있다. 따라서 향후 모바일 클라우드 컴퓨팅 서비스에 대한 기술 개발과 산업적 수요가 증대할 것이다. 이번 연구에서는 이러한 동향을 반영하여 클라우드 컴퓨팅 서비스와 스마트폰 모바일 앱 서비스를 연계하고, 이러한 모바일 클라우드 컴퓨팅 서비스에서 성능 측정 실험을 수행하였다. 성능 실험에서는 기존에 개발된 단일 서버 방식의 스마트폰 앱을 병렬처리와 모바일 클라우드 컴퓨팅 서비스가 가능하도록 애플리케이션으로 재설계하여 적용하였다. 클라우드 컴퓨팅 서비스는 IaaS의 대표적인 서비스인 AWS의 EC2를 사용하였고, 위성영상 정보처리의 병렬처리를 위해서 파이썬 프로그래밍 언어로 개발된 PP 라이브러리를 사용하였다. 또한 위성영상 정보처리는 OTB를 기반으로 구현하였다. 이

와 같이 모바일 클러스터 환경을 쉽게 구축할 수 있는 클라우드 컴퓨팅을 활용하여 위성영상 정보를 병렬 처리하는 단계와 처리 과정은 기존에 개발된 시스템을 클라우드 컴퓨팅 환경으로 이동, 수정 및 개선하는 방식이 될 수 있다. 성능 실험에 적용한 클라우드 컴퓨팅 환경은 하드웨어 자원을 달리하여 세 가지 유형으로 구성하였다.

실험에 적용한 유형 중에서 Triple AWS EC2 Server는 3개의 ECU를 사용하여 이번 연구에서 테스트를 위해 구성한 서버 유형 중에서 평균적으로 가장 빠른 성능을 보이는 것으로 나타났으며, Single Desktop Server에 비하여 평균 연산 속도가 2.4배까지 빠른 결과를 보였다. 그러나 이번 연구의 결과는 AWS에서 제공하는 무상 방식이나 여러 가지 유상 방식 중에서 비용이 적게 드는 유상 방식 한 가지를 적용한 것이다. 따라서 실제적인 대규모 클라우드 컴퓨팅 서비스 환경을 구축하고 성능 분석 및 평가를 하는 경우에는 상당한 성능을 나타낼 것이다. 그러므로 이 연구는 전문가 그룹에서 적용할 수준의 보다 다양하고 복합적인 실제 영상분석 기능을 모바일 클라우드에서 성능 평가하기 위한 예비 연구로서 의미가 있다.

사 사

본 연구는 2012년 한국항공우주연구원 위성정보연구센터 위성정보공공활용사업 위탁과제로 수행되었음.

참고문헌

- 강상구, 이기원, 2010. 위성영상정보 분석을 위한 안드로이드 스마트폰 앱 개발, 대한원격탐사학회지, 26: 561-570.
- 강상구, 이기원, 2011. 위성영상정보 기반 코너 포인트 객체 추출 안드로이드 스마트폰 앱 개발, 대한원격탐사학회지, 27: 33-41.
- 강상구, 이기원, 2012. 공간영상정보 클라우드 서비스를 위한 스마트폰 앱 개발 전략, 한국지리정보학회 2012 춘계학술대회.
- 김광섭, 이기원, 2012. 클라우드 컴퓨팅 연계 모바일 3차원 공간객체 처리 기술 분석, 한국지리정보학회 2012 춘계학술대회.
- 유선실, 2012. 개인용 클라우드 (Personal Cloud) 서비스 동향, 방송통신정책, 24: 43-48.
- 한국전자통신연구원, 2011. 공개 SW기반 클라우드 기술 현황, 전자통신동향분석, 26: 43-54.
- 한국정보화진흥원, 2011. 2012년 IT 트렌드 전망 및 정책방향, IT 정책연구시리즈, 21p.
- Alonso-Calvo, R., J. Crespo, M. Garcia-Remesal, A. Anguita, and V. Maojo, 2010. On distributing load in cloud computing: A real application for very-large image datasets, *Procedia Computer Science*, 1: 2669-2677.
- Armbrust, M., A. Fox, R. Griffith, A.D. Joseph, R. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. Patterson, A. Rabkin, I. Stoica, and M. Zaharia, 2009. Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing, *University of California Berkeley Technical Report*, UCB/EECS-2009-28.
- Barnatt, C., 2010. *A Brief Guide to Cloud Computing*. Constable & Robinson Ltd., 289p.
- Dean, J. and S. Ghemawat, 2004. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters, *Proceedings of the 6th Symposium on Operating Systems Design and Implementation*, pp. 137-150.
- Endo, P.T., G.E. Gonçalves, J. Kelner, and D. Sadok, 2010. *A Survey on Open-source Cloud Computing Solutions*, Brazilian Symposium on Computer Networks and Distributed Systems.
- Fernando, N., S. W. Loke, and W. Rahayu, 2013. Mobile cloud computing: A survey, *Future Generation Computer Systems*, 29: 84-106.
- Iosup, A., S. Ostermann, N. Yigitbasi, R. Prodan, T. Fahringer, and D. Epema, 2011. Performance analysis of cloud computing services for many-tasks scientific computing, *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.*, 22: 931-945.
- Lee, K., 2012. Open Source Cloud Computing: An Experience Case of Geo-based Image Handling in Amazon Web Services, *Korean Journal of Remote Sensing*, 28: 337-346.
- Ostermann, S., A. Iosup, N. Yigitbasi, R. Prodan, T. Fahringer, and D. Epema, 2010. *A Performance Analysis of EC2 Cloud Computing Services for Scientific Computing*, *Cloudcomp*: 115-131.
- OTB Development Team, 2010. *The ORFEO Tool Box Software Guide*, Updated for OTB-3.8, 670p.
- Sempolinski, P. and D. Thain, 2010. A Comparison and Critique of Eucalyptus, OpenNebula and Nimbus, *IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science*, pp. 417-426.
- Sriram, I. and K.-H. Ali, 2010. Research Agenda in Cloud Technologies, 1st ACM Symposium on Cloud Computing, <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1001/1001.3259.pdf>.
- Xiong, K. and H. Perros, 2009. Service Performance and Analysis in Cloud Computing, *Proceedings of the 2009 Congress on Services I*: 693-700.
- Zhang, S., H. Yan, and X. Chen, 2012. Research on Key Technologies of Cloud Computing, *Physics Procedia*, 33: 1791-1797.