

오픈소스 모바일 클라우드 서비스: R 기반 공간영상정보 필터링 사례

An Open Source Mobile Cloud Service: Geo-spatial Image Filtering Tools Using R

강상구* · 이기원**

Sanggoo Kang · Kiwon Lee

요약 정보통신기술(ICT: Information Communication Technology) 분야의 시장을 주도하는 모바일, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 등과 같은 트렌드 기술들은 공간정보 분야를 포함한 대부분의 응용분야에 지대한 영향을 미치고 있다. 이 중에서 클라우드 컴퓨팅은 비록 우리나라에서는 초기 적용단계 수준이지만 다른 트렌드 기술들 간의 연계를 위한 플랫폼 역할을 담당한다. 특히 모바일과 클라우드 컴퓨팅이 결합된 형태인 모바일 클라우드는 모바일 단말 환경의 제한점들을 보완하고 기존의 모바일 앱에 비하여 더 많은 정보처리기능의 제공이 가능하다는 점에서 주목을 받고 있다. 이번 연구에서는 모바일 클라우드 환경을 OpenStack 및 다양한 오픈소스를 활용하여 구축하고, 이를 플랫폼으로 하여 공간영상정보 필터링 기능을 수행하는 시스템을 시험적으로 설계 및 구현하였다. 한편 공간영상정보 처리는 빅데이터 분석기술로 각광받고 있는 R 환경을 적용하여 필터링 처리를 수행하였다. 이러한 시도는 향후 R을 활용한 공간영상정보 분석 서비스 개발과 다양한 공간정보와 연계되는 새로운 서비스 모델 개발에 적용될 것으로 기대한다.

키워드 : 모바일 클라우드, 클라우드 컴퓨팅, 영상필터링, R

Abstract Globally, mobile, cloud computing or big data are the recent marketable key terms. These trend technologies or paradigm in the ICT (Information Communication Technology) fields exert large influence on the most application fields including geo-spatial applications. Among them, cloud computing, though the early stage in Korea now, plays a important role as a platform for other trend technologies uses. Especially, mobile cloud, an integrated platform with mobile device and cloud computing can be considered as a good solution to overcome well known limitations of mobile applications and to provide more information processing functionalities to mobile users. This work is a case study to design and implement the mobile application system for geo-spatial image filtering processing operated on mobile cloud platform built using OpenStack and various open sources. Filtering processing is carried out using R environment, recently being recognized as one of big data analysis technologies. This approach is expected to be an element linking geo-spatial information for new service model development and the geo-spatial analysis service development using R.

Keywords : Mobile Cloud, Cloud Computing, Image Filtering, R

1. 서론

2010년대 이후 모바일, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터는 지속적으로 여러 국내외 정보통신기술 분야의 시장조사 전문기관 및 전문가들에 의해 시장을 주도하는 주요 기술로 부각되고 있다[7,26].

이러한 기술들은 시장뿐만 아니라 관련 기술개발 분야에 파급 효과를 가지고 있어서 정보통신 기술 분야뿐만 아니라 공간정보 분야를 포함한 여러 관련분

야에 많은 영향을 주고 있다. 이를 활용하는 각 분야에서는 기본적으로 각각의 기술들의 장점을 살려 목적에 맞게 활용하는 것이 중요하고 기술들을 연계하거나 융합하여 활용하는 것도 중요한 사항이다.

최근 정보통신분야 주요기술의 연계 또는 융합은 컴퓨팅 환경을 제공하는 클라우드 컴퓨팅을 중심으로 이루어지고 있다. 클라우드 컴퓨팅의 정의는 여러 가지가 있지만 미국 국립표준기술연구원(NIST)에서 제시한 클라우드 컴퓨팅은 ‘사용자의 요구에 따라 인터

† This research was financially supported by Hansung University.

* Sanggoo Kang, Graduate Student, Dept. of Information Systems Engineering, Hansung University. lainer23@naver.com

** Kiwon Lee, Professor, Dept. of Information Systems Engineering, Hansung University. kilee@hansung.ac.kr (Corresponding Author)

넷을 통해 필요한 컴퓨팅 자원을 대여하고 사용한 만큼만 비용을 지불하는 기술'로 정의하였다[25]. 이를 일반적인 표현으로 정리하면 'PC 대신 온라인상에 소프트웨어와 데이터를 저장해 두고 필요할 때마다 접속해 사용하는 서비스, 값비싼 전산장비를 사지 않고 클라우드 서비스 제공업체의 서버와 소프트웨어, 스토리지(storage), 네트워크 등을 빌려 쓰고 사용한 만큼 요금을 지불하는 시스템'이라고 할 수 있다. 실제로 클라우드 컴퓨팅 기술은 여러 분야의 서비스를 개발하거나 운영에 필요한 다양한 형태의 컴퓨팅 자원을 제공하고 있으며 예로 상업적인 클라우드 컴퓨팅 중에 하나인 Amazon의 경우 약 20개 이상의 서로 다른 컴퓨팅 환경을 서비스하고 있다. 또한 클라우드 컴퓨팅은 경제적인 사용 가격, 필요에 따른 컴퓨팅 자원의 확장 및 축소대규모 컴퓨팅 자원 대여, 유지 보수 등의 측면에서 장점을 가지고 있고[19,27], 이는 클라우드 컴퓨팅을 연계하는 다른 기술에도 적용될 수 있다. 최근 모바일 또는 빅데이터를 활용하여 정보를 처리하고자 하는 사용자의 관심 증가와 더불어 저장 관리해야 하는 데이터의 양이 늘어나고 있는 상황에서 클라우드 컴퓨팅 기반의 연계 방식은 서비스 개발 시 매우 중요한 고려사항 중 하나이다. 하지만 현재 우리나라에서는 클라우드 서비스를 온라인 저장 서비스와 같은 개념으로 소개되고 있어 클라우드 컴퓨팅을 기반으로 하는 서비스에 대한 이해와 활용은 다른 나라에 비해 낮은 편이다.

모바일 단말에서 클라우드 컴퓨팅 기술이 결합된 경우에 해당하는 애플의 iCloud는 사진이나 문서를 클라우드 서버 환경에 보관하고 모바일 기기 및 데스크탑에서 제공되는 서비스를 통하여 클라우드 서버에 저장되어 있는 파일들을 시각화하거나 공유할 수 있는 서비스이다. 이와 같은 모바일 클라우드는 연구뿐만 아니라 실제 서비스에서 구현되어 일반인들도 활용하고 있는 기술이다. 빅데이터와 클라우드 컴퓨팅과의 연계도 이루어지고 있으며 주로 빅데이터 분석에 필요한 대규모 컴퓨팅 환경을 구축하는데 클라우드 컴퓨팅이 활용되고 있다. 예로 Amazon에서 제공하고 있는 EMR (Elastic MapReduce)이 있다.

공간정보 분야에서도 모바일, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 기술들을 연계하거나 활용하기 시작하는 단계이다[5,8,10]. 관련 연구로 Lee[21]는 모바일 기반의 위치기반서비스에 클라우드 스토리지를 적용하여 위치정보 저장에 따라 확장 가능한 시스템 구현 연구를 수행한 바 있다. Wang[28]은 클라우드 컴퓨팅 환경을 기반으로 하여 공간영상정보의 병렬처리 실험 연구를

하였고, Lee[22]는 클라우드 컴퓨팅에 대한 전반적인 내용 및 클라우드 컴퓨팅과 공간정보 연계 방안을 제안한 바 있다. Yue[30]는 서로 다른 클라우드 환경에서 공간정보처리와 관련된 비교 연구를 수행하였다. 한편 Almeer[1]와 Wang[29]은 빅데이터 분석 기술을 활용한 공간영상정보 관련 시스템 개발 및 서비스 구현에 대해서 연구를 수행했다. 이와 같이 공간정보 분야에서 ICT 분야의 주요 기술들을 활용한 여러 연구가 존재하고 있지만 모바일, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터를 동시에 연계한 기술 개발이나 서비스 모델 개발에 대한 연구는 발표된 경우가 거의 없다.

이번 연구에서는 모바일 클라우드 서비스를 기반으로 빅데이터 분석과 밀접한 관련이 있는 R 언어를 연계하여 공간정보 분야에 실험적으로 적용해보고자 한다. R 언어는 통계분석에 주로 활용되고 있지만 오픈소스로 공개되어 있기 때문에 공간정보 분야를 포함한 여러 분야에서 활용이 가능하다. 이번 연구에서는 R 언어를 공간영상정보에 필터링 과정에 적용하였다. 모바일 클라우드 환경은 iOS 모바일 환경과 오픈소스 클라우드 플랫폼 중에 하나인 OpenStack (<http://www.openstack.org/>)을 기반으로 자체적으로 구축한 비공개 클라우드 컴퓨팅 환경을 연계하여 활용하였다. 이를 통해 시험적용 사례를 개발하고 관련 기술의 연계를 위한 시스템 구성 및 활용 가능성을 확인해보고자 한다.

공간정보 분야의 모바일, 클라우드 컴퓨팅과 관련된 선행 연구로 모바일 기기와 클라우드 컴퓨팅 환경을 연계하여 공간영상정보 분석을 위한 시스템 설계 및 구현과 관련된 몇 가지 연구가 수행되었다[11,12,13,14,15,16,18,23]. 이전의 연구에서 사용된 클라우드 컴퓨팅 환경은 Amazon EC2 (Elastic Compute Cloud), KT Ucloud와 같은 상업적인 클라우드 환경과 OpenStack을 기반으로 자체적으로 구축한 클라우드 환경을 사용한 점에서 차이점을 가지고 공간영상정보 분석 엔진이나 시스템 구조 등에서 차이점을 가지고 있다. Kang[15]은 OpenStack을 기반으로 구축한 클라우드 컴퓨팅 환경과 태블릿 PC를 연계하여 공간영상정보를 분석할 수 있는 시험적 시스템을 R을 활용하여 구축하였다. 이 연구에서도 R을 기반으로 하고 있으나 시스템 구조나 제공 알고리즘의 유형 등에서 차이가 있다. 앞선 연구들과 이번 연구의 가장 큰 차이점은 공간영상정보 필터링을 위한 기능에 집중하여 시스템을 설계 및 개발한 점, 데이터베이스, 사용자 스토리지를 기존 연구들에서 하나의 서버에서 처리해온 것을 분할한 점, 특히 사용자 스토리지의 경우 Ceph(<http://www.ceph.com>)

를 활용하여 클라우드 컴퓨팅 환경과는 독립적으로 작동할 수 있도록 설계 및 구현했다는 점에서 차별화된다. 이번 연구는 모바일, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 요소 기술들을 연계하는 공간영상정보 처리 서비스를 시험적으로 설계하고 구축하는 점에 주안점을 두고 있으며 이를 통해 모바일 클라우드 컴퓨팅 환경에서 이러한 알고리즘을 사용하는 시스템 구성과 실제적인 적용 사례를 제시하고자 한다.

2. 모바일 클라우드

모바일 클라우드는 Figure 1에 나타낸 것과 같이 클라우드 컴퓨팅과 다양한 모바일 기기의 결합으로 정의된다. 이러한 모바일 클라우드는 모바일 기기의 컴퓨팅 속도, 메모리 및 배터리 한계 등 한정된 자원으로 인한 제한점을 클라우드 컴퓨팅 환경의 풍부한 자원을 활용하여 해결 또는 보완할 수 있다는 점 등에서 장점을 가진다. 이번 연구에서 모바일 클라우드 용어는 인프라스트럭처 기반의 모바일 클라우드의 의미로 사용하였다[6,17,24]. 한편 Hung[9]은 모바일 클라우드 앱을 위한 프레임워크를 제안하고 관련된 주제인 앱의 재구성(App re-design) 및 배치, 네트워크 상태 및 서비스 이용 가능성, 앱 제어, 데이터 및 정보 보안 측면에 대해서 정리하였다. 이러한 주제는 공간정보 분야의 모바일 클라우드 앱 개발 및 운영에도 적용되는 사항이다.

모바일 클라우드의 핵심적인 역할을 하는 클라우드 컴퓨팅 환경은 상업적으로 운영되고 있는 Amazon EC2, Microsoft Azure, Rackspace Cloud, Google Compute Engine 등을 활용하거나 오픈소스 클라우드 플랫폼인 OpenStack, CloudStack과 Eucalyptus 등을 기반으로 자체적인 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축하여 활용하는 것이 가능하다. 각 클라우드 컴퓨팅 환경에 따라 성능

및 가격의 차이가 존재하며 상업적인 클라우드 컴퓨팅 환경과 오픈소스 클라우드 플랫폼을 통해 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축하는 것은 기술적 내용을 포함한 여러 가지 측면에서 고려해야 하는 사항이 달라질 수 있다. 따라서 모바일 클라우드 서비스의 목적에 따라 클라우드 컴퓨팅 환경을 선택하는 것도 중요한 문제 중에 하나이다. 한편 Lance[20]는 오픈소스 클라우드 플랫폼에 대해서 기능 위주로 비교 정리하였다. 결과적으로 각 플랫폼 간에 차이점이 존재하지만 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축하기 위한 기본 핵심기능은 모든 플랫폼에서 공통적으로 지원하고 있는 것으로 나타났다.

이번 연구에서는 OpenStack의 Havana 버전을 기반으로 자체적으로 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축하여 사용하였다. 여러 오픈소스 클라우드 플랫폼 중 OpenStack은 다수의 개발자 및 일반 사용자가 개발과 유지 보수에 참여하고 있으며 IBM, HP, Red Hat, Rackspace, Dell, Cisco 등 많은 다국적 기업이 지원하고 있는 성공적인 오픈소스 중에 하나이다. 또한 OpenStack을 활용하여 성공적으로 클라우드 컴퓨팅 환경을 구축 및 활용하고 있는 사례가 존재함으로 안정적으로 활용이 가능하고 향후 발전 가능성이 높다고 판단되어 이번 연구에서 사용하였다.

모바일 클라우드에서 중요한 사항 중 하나는 데이터 스토리지이다. 상업적인 클라우드 환경이나 오픈소스 클라우드 플랫폼에서는 모두 데이터 스토리지를 지원하고 있으며 대표적으로 Amazon의 S3와 같은 스토리지 관련 서비스가 제공되고 있다. 이번 연구에서는 OpenStack과는 별개로 스토리지 관련 오픈소스 중에 하나인 Ceph를 통해 스토리지를 구축하였고 이를 공간영상정보 관리에 활용하였다.

3. 시스템 설계 및 구현

이번 연구에서 구현한 R 기반 공간영상정보 필터링 모바일 클라우드 서비스는 크게 모바일, 클라우드 컴퓨팅, 스토리지 환경으로 나뉜다. 사용된 환경의 상세 정보는 Table 1에 정리하였다. 시스템 구축에 필요한 여러 기술적 사항 중에서 이번 연구에서는 오픈소스를 중심으로 시스템을 구축할 수 있다는 점과 클라우드 컴퓨팅 기반의 확장성을 이용할 수 있는 시스템 구성 요소를 주로 고려하고 실제 적용하였다.

구축한 클라우드 컴퓨팅 환경 위에서 생성한 서버는 우분투(Ubuntu) 운영체제를 사용하였다. 서버에는 R과 추가 패키지를 설치하여 필터링 엔진으로 활용하

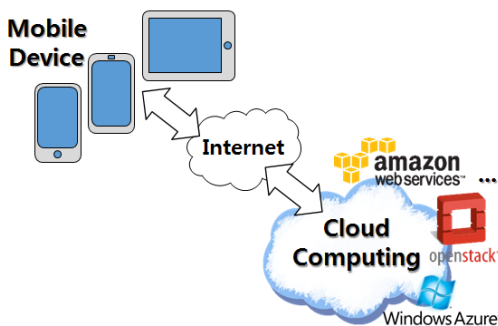


Figure 1. Concept of mobile cloud

Table 1. Open source environments for development and operation applied in this study

	Environment	Version
Cloud Computing Server	Operating System	Ubuntu 12.04
	MongoDB	2.6.3
	GDAL	1.11.0
	PyMongo	2.7.1
	Apache Web Server	2.2.22
	R	3.1.1
	biOps (R package)	0.2.2
	Python	2.7.3
Storage Server	Operating System	Ubuntu 12.04
	Ceph	0.8
Mobile Client	iOS SDK	7.1
	Route-me	GitHub
	AFNetworking	GitHub
	MBProgressHUD	GitHub

였다. R은 기본적으로 통계분석 기능제공을 목적으로 시작된 오픈소스 프로젝트를 통하여 만들어진 프로그래밍 언어 또는 환경이다. R은 최근 빅데이터 분석을 위한 핵심 기술 요소로 부각되고 있으며 2014년 7월 현재 약 5700개 이상의 활용 가능한 파생 오픈소스 패키지가 존재한다(<http://www.r-project.org/>). 이러한 패키지들 중에서 공간영상정보와 관련 있는 패키지는 ‘biOps’, ‘landsat’, ‘rasterVis’ 등이 있다[3,4]. 물론 이를 기반으로 개발자가 추가적인 개발을 통해 목적에 맞는 응용시스템을 구현할 수 있다. 이번 연구에서는 R 패키지 중 영상정보 처리 일부 기능을 제공하고 있는 ‘biOps’ 패키지를 사용하여 공간영상정보의 필터링이 가능한 모바일 클라우드 서비스를 설계 및 구현하였다. biOps에는 영상 필터링 알고리즘을 주로 제공하는 데[2], 이번 연구에서는 그 중에 Homogeneity, Prewitt, Sobel과 Canny 알고리즘을 적용하였다. 필터링 기법은 사용자가 결정해야 하는 변수가 적고 공간영상정보 처리 방법 중 단순한 연산 과정으로도 처리할 수 있기 때문에 처리에 걸리는 시간이 일반적으로 많이 소모되지 않는다. 모바일 환경의 경우 일반적인 데스크톱 환경에 비해서 빠른 처리시간을 가지는 것이 중요하고 공간영상정보 처리가 가능한 모바일 클라우드 서비스 설계 및 개발을 시험적으로 수행함에 있어서 적합하다고 판단되어 이번 연구에서 적용 실험하였다.

한편 서버 측 개발 환경 중 하나인 GDAL (Geospatial Data Abstraction Library)은 공간영상정보 파일의 입

출력을 지원할 뿐만 아니라 공간영상정보를 다루는 시스템에 필요한 여러 커맨드라인 응용 어플리케이션을 제공하기 때문에 공간정보 관련 오픈소스 또는 시스템에서 활용되고 있고, 이번 연구에서는 분할화 및 파일 포맷 변환 등을 처리하기 위해 사용하였다. MongoDB는 모바일 클라우드 서비스의 사용자 관리를 위해서 사용하였다. MongoDB의 경우 여러 인스턴스를 활용하여 확장 가능한 형태로 운영이 가능하다. 이러한 점은 클라우드 컴퓨팅 환경의 장점인 확장성을 고려했을 때 유용하게 활용이 가능한 데이터베이스 중에 하나이다. 아파치 웹 서버는 모바일 클라우드 앱을 통해 전달되는 사용자의 요청을 처리하고 응답하기 위해 사용하였다. 한편 서버환경의 작동 및 운영을 위해서는 파이썬(Python)을 통해 여러 스크립트를 개발하여 사용하였다. 파이썬의 경우 다른 프로그래밍 언어로 대체 가능하나 많은 라이브러리를 지원하고 있어서 확장성 측면이나 설계 변경 시에 이점을 가지고 있다. 또한 쉽게 이해 가능한 언어로 인식되고 있는 만큼 실험을 위한 시스템 구축에도 적합하기 때문에 이번 연구에서 사용하였다. 스토리지 서버 환경은 블록, 오브젝트, 파일 스토리지 구축이 가능한 오픈소스 중에 하나인 Ceph를 기반으로 파일 스토리지를 구축하고 이를 기반으로 각 사용자의 파일이 저장 관리되도록 하였다.

모바일 클라이언트 환경은 사용자에게 공간영상정보의 시각화나 필터링을 클라우드 컴퓨팅 환경에 요청하는 유저 인터페이스가 제공되는 것으로, iOS 운영체제를 기반으로 공간영상정보 시각화를 위해서 Route-me 라이브러리를 사용하였고 클라우드 컴퓨팅 환경에서 구축된 서버와 모바일과의 연계를 위해서 AFNetworking 라이브러리를 사용하였다. 한편 필터링 처리 과정 진행을 나타내기 위해서는 MBProgressHUD 라이브러리를 사용하였다. 이와 같은 라이브러리들은 2014년 6월 30일 기준 최신 버전을 개발 환경에 설치하여 사용하였다.

Figure 2는 구현한 시스템의 구성도를 나타낸 것으로 주요 처리 과정에 대해서는 화살표로 나타내었다. 사용자는 모바일 클라우드 서비스에 회원가입 및 로그인하고 시각화하고자 하는 공간영상정보를 선택하여 B1 처리 과정을 통해 사용자 스토리지에 위치한 분할된 공간영상정보를 시각화할 수 있다. 이후 A1, A2, A3와 같은 순차적인 과정을 통해서 공간영상정보 필터링 수행이 이루어진다. 모바일 앱에서 Filtering Mode Request 모듈을 통해서 클라우드 컴퓨팅 환경의 처리 서버에 필요한 변수들을 전달하고 서버에서는 Image

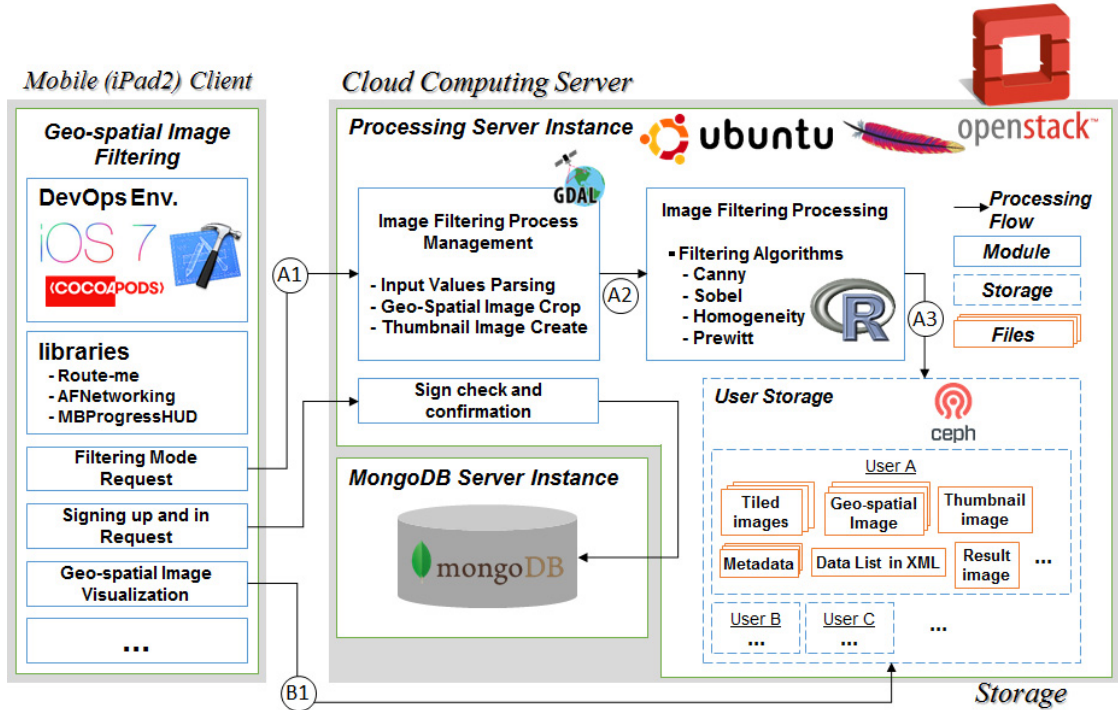


Figure 2. System components of mobile client, storage server, and cloud computing server and work flow of mobile cloud application for the geo-based image filtering

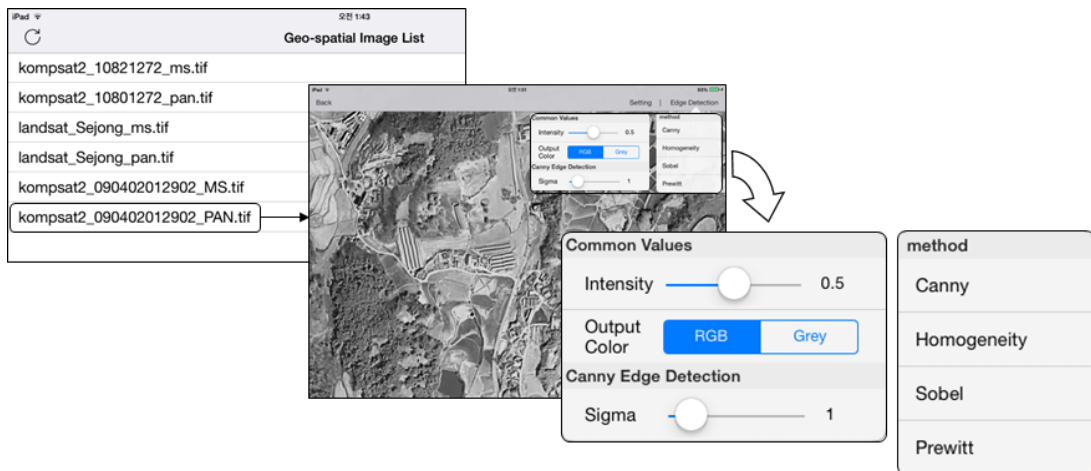


Figure 3. User interface on client side of an iPad2 mobile cloud application

Filtering Process Management 모듈을 통해 전달받은 변수를 활용하여 원본 공간영상정보 중 필터링을 요청받은 부분만을 잘라내고 썸네일 이미지를 생성하는 과정을 거친다. 이후 실제 필터링은 R언어로 작성된 Image Filtering Processing 스크립트를 통해서 수행되고 필터링의 최종 결과물은 이미지로 스토리지에 저

장된다. 모든 과정이 완료되면 모바일 서비스에서 처리 결과를 시각화하는 화면으로 이동하며 다시 B1 처리 과정을 통해서 필터링 결과가 시각화된다.

Figure 3에는 로그인 후 선택 가능한 공간영상정보 목록이 나타난 화면과 하나의 공간영상정보를 선택했을 때 주요 메뉴 체계와 시각화 결과를 나타내고 있다.

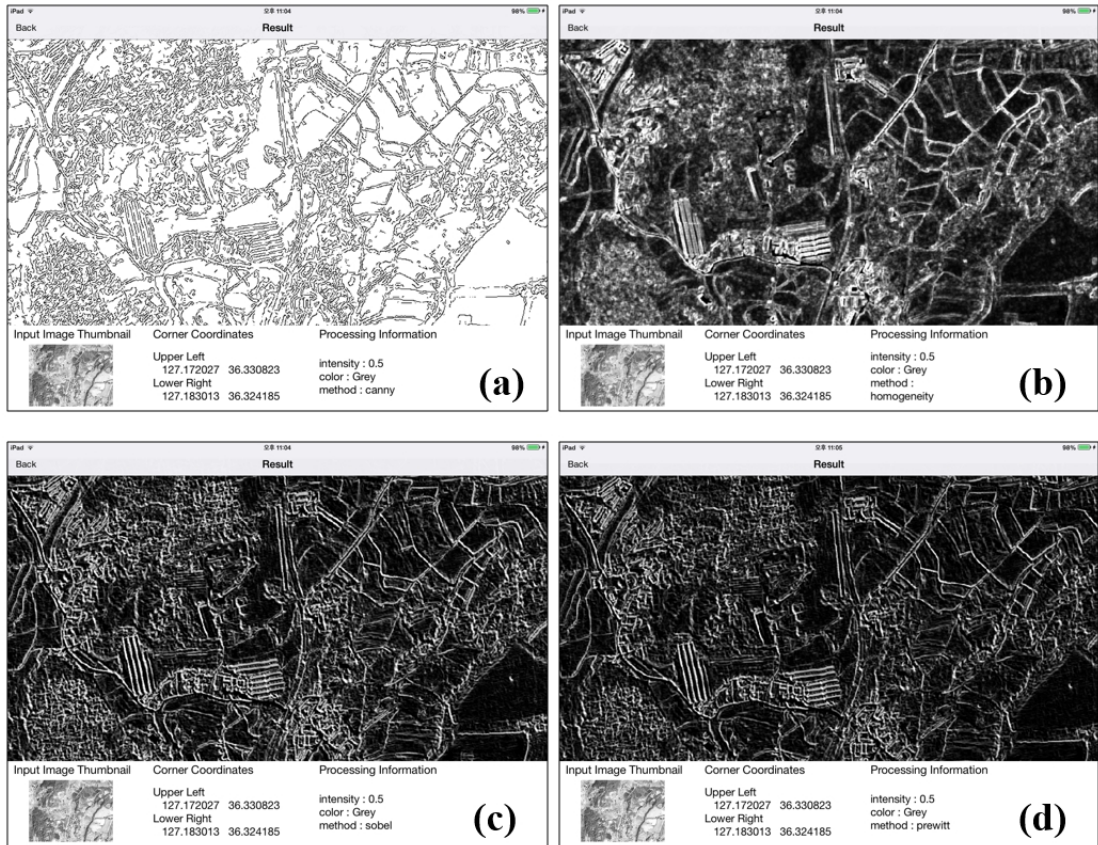


Figure 4. Examples of geo-based image filtering processing using R: (a) Canny filtering, (b) Homogeneity filtering, (c) Sobel filtering, and (d) Prewitt filtering

주요 메뉴에는 사용자가 필터링 알고리즘을 선택하거나 처리에 필요한 변수 값을 설정할 수 있는 부분으로 나뉘진다. 공간영상정보가 저장되는 사용자 스토리지는 네트워크로 연결되며 처리 서버에서 마운트(mount)하여 사용하였다. 따라서 스토리지의 저장 용량은 처리 서버의 영향을 받는 것이 아니라 따로 구축한 스토리지 서버에 따라 달라진다. 즉 사용자가 많아지거나 기능의 추가로 인해 저장용량이 많이 필요로 될 때 스토리지 서버의 용량을 증가시킴으로써 쉽게 해결이 가능하다는 점에서 장점을 가진다. 한편 사용자 관리를 위해서 사용된 MongoDB는 클라우드 컴퓨팅 환경의 장점을 살려 처리서버와 분리하여 구축하였다. 클라우드 컴퓨팅 환경에서는 쉽게 인스턴스 서버를 생성하여 활용하는 것이 가능하기 때문에 처리 서버의 기능이 늘어나거나 사용자수의 증가에 따라 각 모듈들도 MongoDB 만을 운영하는 서버와 같이 분리 운영하는 것도 가능하다.

이번 연구에서 구현한 모바일 클라우드 서비스를 실험하기 위해 2009년 국내 임의의 지역을 촬영한 다목적실용위성 2호 공간영상정보를 사용하였다. Figure 3에서 처리되는 영상의 크기는 줌 레벨에 따라 달라질 수 있으며 이번 연구에서는 바이트(byte) 타입의 986×736 크기를 가지는 부분 영상이 사용되었다.

Figure 4는 R을 기반으로 필터링을 수행한 결과를 나타낸 것이다. 여기서 제시한 네 가지 사례의 경우는 모두 클라우드 컴퓨팅 환경과 스토리지 서버에서 정보처리 및 처리 결과의 저장이 이루어진다. 한편 모바일 앱에서는 정보처리 요청과 시각화 기능만을 담당한다.

4. 결론 및 향후연구

모바일, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터와 같은 ICT 주요 기술은 다양한 응용 분야에 큰 파급효과를 미치고

있다. 이러한 파급효과는 각 기술이 연계됨으로써 현재보다 더 커질 것으로 예상된다. 공간정보 분야에서 이러한 추세를 그대로 따를 것임은 틀림없다.

이번 연구에서는 공간정보 분야에 ICT 주요 기술을 적용한 사례로 R을 기반으로 공간영상정보의 경계선 추출 기능을 주로 다루는 필터링 알고리즘을 수행하는 모바일 클라우드 서비스 어플리케이션을 시험적으로 개발하였다. 이 연구에서 사용된 모바일 클라우드 환경은 OpenStack을 기반으로 오픈소스 클라우드 서버 컴퓨팅 환경과 스토리지 환경을 구축하고 태블릿 모바일 환경에서 운영할 수 있도록 하였다. 이러한 방식은 공간영상정보 분석에 필요한 자원을 모바일 기기의 컴퓨팅 자원에 의존하지 않고 클라우드 컴퓨팅 환경을 활용함으로써 사용자 편의성을 높일 수 있기 때문에 향후 공간정보 분야의 서비스가 모바일을 기반으로 사용자에게 제공될 때 적용하는 것이 바람직하다.

이번 연구에서는 빅데이터 분석 언어로 주목받고 있는 R을 공간영상정보 필터링 처리에 활용하였다. R에는 추가적으로 설치 가능한 여러 패키지가 존재하기 때문에 개발 과정에서 패키지들을 잘 활용하는 것도 중요하다. 하지만 아직까지 R을 기반으로 하여 공간영상정보에 대한 전문적인 분석이 가능한 패키지들은 많지 않은 실정으로 보다 실무적인 정보처리와 분석을 위해서는 추가적인 개발 과정이 필요하다. 향후 연구로 공간영상정보를 처리할 수 있는 다양한 분석 엔진, 분석 알고리즘 또는 분석 환경을 클라우드 컴퓨팅에 적용하여 실험할 필요가 있다. 이와 더불어 공간영상정보 처리시간 및 모바일 시각화에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 스토리지 성능 향상을 위해 하드웨어 및 시스템 측면에서 최적화가 필요하다. 추가적으로 모바일 상에서 공간영상정보 분석을 위한 최적의 사용자 인터페이스 설계 및 실험 연구가 필요하다.

References

- [1] Almeer, M. H. 2012, Cloud Hadoop Map Reduce For Remote Sensing Image Analysis, *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 3(4):637-644.
- [2] Bordese, M; Alini, W. 2013, Package 'biOps' Reference Manual, Accessed July 16. <http://cran.r-project.org/web/packages/biOps/biOps.pdf>
- [3] CRAN Contributed Packages, Accessed July 16. <http://cran.r-project.org/web/packages/>
- [4] CRAN R, Accessed July 16. <http://cran.r-project.org/>
- [5] Evangelidis, K; Ntouros, K; Makridis, S; Papatheodorou, C. 2014, Geospatial services in the Cloud, *Computers and Geosciences*, 63:116-122.
- [6] Fernando, N; Loke, S. W; Rahayu, W. 2013, Mobile Cloud Computing: A Survey, *Future Generation Computer Systems*, 29(1):84-106.
- [7] Gartner. 2013, Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technology Trends for 2014, Accessed July 16. <http://www.gartner.com/newsroom/id/2603623>
- [8] Hong, S. T; Shin, Y. S; Chang, J. W. 2011, Optimization and Performance Analysis of Cloud Computing Platform for Distributed Processing of Big Data, *Journal of Korea Spatial Information Society*, 19(4): 55-71.
- [9] Hung, S-H; Shih, C-S; Shieh, J-P; Lee, C-P; Huang, Y-H. 2012, Executing Mobile Applications on the Cloud: Framework and Issues, *Computers and Mathematics with Applications*, 63(2):573-587.
- [10] Hwang, J. R; Kim, T. H; Choi, H. S. 2012, A Study on the Strategies for Promoting Spatial Information Service for Mobile Environment, *Journal of Korea Spatial Information Society*, 20(4): 57-67.
- [11] Kang, S; Lee, K; Kim, Y. 2012, Preliminary Performance Testing of Geo-spatial Image Parallel Processing in the Mobile Cloud Computing Service, *Korean Journal of Remote Sensing*, 28(4):467-475.
- [12] Kang, S; Lee, K. 2013, Testing Implementation of Remote Sensing Image Analysis Processing Service on OpenStack of Open Source Cloud Platform, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 16(4):141-152.
- [13] Kang, S; Lee, K. 2013, Mobile App Approach by Open Source Stack for Satellite Images Utilization, *Remote Sensing Letters*, 4(7):648-656.
- [14] Kang, S; Kim, K; Lee, K. 2013, Tablet Application for Satellite Image Processing on Cloud Computing Platform, Paper presented at the International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Melbourne, Australia, July 21-26.
- [15] Kang, S; Kim, K; Lee, K. 2014, Mobile Application for Geo-spatial Image Processing using R on Cloud Computing, Paper presented at the Conference on Geo-Spatial Information 2014 Spring, May 23.

- [16] Kang, S; Lee, K. 2014, Mobile Application Service of Satellite Image Fusion on OpenStack Cloud Platform, Paper presented at the International Conference on Earth Observations and Societal Impacts 2014, June 22-24.
- [17] Khan, A. R; Othman, M; Madani, S. A; Khan, S. U. 2014, A Survey of Mobile Cloud Computing Application Models, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 16(1):393-413.
- [18] Kim, K; Kang S; Lee, K. 2013, Geo-based Image Blending in a Mobile Cloud Environment, Remote Sensing Letters, 4(11):1117-1126.
- [19] Kouyoumjian, V. 2011, Demystifying the Cloud, Geonconnexion International Magazine, March 2011:46-48.
- [20] Lance, A. 2012, Comparing Open Source Private Cloud (IaaS) Platforms, open source convention, [http://cdn.oreilystatic.com/en/assets/1/event/80/Comparing Open Source Private Cloud Platforms Presentation.pdf](http://cdn.oreilystatic.com/en/assets/1/event/80/Comparing%20Open%20Source%20Private%20Cloud%20Platforms%20Presentation.pdf).
- [21] Lee, D. W; Liang, S. H. L. 2011, Geopot: A Cloud-based Geolocation Data Service for Mobile Applications, International Journal of Geographical Information Science, 25(8):1283-1301.
- [22] 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(3):337-346.
- [23] Lee, K.; Kang, S. 2013, Mobile Cloud Service of Geo-based Image Processing Functions: A Test iPad Implementation, Remote Sensing Letters, 4(9): 910-919.
- [24] Ma, X; Cui, Y; Stojmenovic, I. 2012, Energy Efficiency on Location Based Applications in Mobile Cloud Computing: A Survey, Procedia Computer Science, 10:577-584.
- [25] Mell, P; Grance, T. 2011, The NIST Definition of Cloud Computing, NIST Special Publication 800-145, Accessed July 16. <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>
- [26] NIPA. 2013, ICT Spot Issue, August, 9-16.
- [27] Van Rees, E. 2010, Challenges and Possibilities: ESRI and Cloud computing, GEO Informatics, Sept. 2010:24-26.
- [28] Wang, L; Kunze, M; Tao, J; von Laszewski, G. 2011, Towards Building a Cloud for Scientific Applications, Advances in Engineering Software, 42(9):714-722.
- [29] Wang, P; Wang, J; Chen, Y; Ni, G. 2013, Rapid Processing of Remote Sensing Images based on Cloud Computing, Future Generation Computer Systems, 29(8):1963-1968.
- [30] Yue, P; Zhou, H; Gong, J; Hu, L. 2013, Geoprocessing in Cloud Computing Platforms - A Comparative Analysis, International Journal of Digital Earth, 6(4):404-425.

논문접수 : 2014.8.4
수정일 : 2014.10.7
심사완료 : 2014.10.15