

# 모바일 사용자 및 어플리케이션을 위한 지역 간 클라우드 인프라 연동

정영우\*, 석성우\*, 김선욱\*, 오명훈\*, 가니스\*, 강동재\*

## Cloud Brokerage Across Borders for Mobile Users and Applications (BASMATI)

Young-Woo Jung\*, Song-Woo Sok\*, Sun-Wook Kim\*, Myeong-Hoon Oh\*,  
Ganis Zulfa Santoso\*, Dong-Jae Kang\*

### 요약

자원 제약성, 이동성 지원의 어려움 등 모바일 어플리케이션의 한계를 극복하고, 서비스 및 데이터의 효율적인 관리를 위해서는 클라우드 플랫폼과 모바일 장치를 동시에 원활하게 사용할 수 있는 강화된 모바일 어플리케이션 프로비저닝이 반드시 필요하며, 이러한 요구사항은 동적 환경을 지원하는 클라우드 연동 및 중개 기술을 통해 해결될 수 있다. 본 논문은 한-EU 간 공동 R&D 협업을 통해 모바일 서비스 및 어플리케이션을 위해 지역 간 클라우드 인프라를 연합하고 중개하는 기술을 개발하는 BASMATI 프로젝트에 대해 소개한다. 본 논문에서는 BASMATI 플랫폼의 설계 및 구현, BASMATI 플랫폼 검증을 위한 유즈케이스, 클라우드 상호운용성을 위한 표준화 활동 등을 주로 논의한다.

**Key Words** : Mobile Service, Mobile Application, Multi Cloud, Cloud Federation, Cloud Brokerage, Interoperability, Dynamic Offloading, Service Movement

### ABSTRACT

In order to overcome the limitations of mobile applications such as resource constraints and the difficulty of mobility support, and to efficiently manage services and data, it is necessary to provision mobile applications by effectively using cloud platforms and mobile devices at the same time. These requirements can be solved through cloud federation and brokerage technologies that support dynamic environments. This paper introduces the BASMATI project, which develops a technology of cloud federation and brokerage across borders for mobile services and applications through cooperative R&D collaboration between Korea and EU. In this paper, we will mainly focus on the design and implementation of the BASMATI platform, the use cases for the verification of the BASMATI platform, and standardization activities for cloud interoperability.

※ 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다. [R0115-16-0001, 모바일 사용자 및 어플리케이션을 위한 지역 간 클라우드 인프라 연동(BASMATI)]

• First Author: Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), jungyw@etri.re.kr, 정희원

\* 한국전자통신연구원 클라우드컴퓨팅연구그룹, {swsok, swkim99, mhoonoh, ganis, dj kang}@etri.re.kr

논문번호 : KICS2017-08-223, Received August 29, 2017; Revised November 6, 2017; Accepted November 6, 2017

## I. 서론

최근 모바일 장치가 더욱 강력해지고 정교해졌음에도 불구하고, 보다 많은 자원을 필요로 하는 모바일 어플리케이션 또한 광범위하게 확산됨에 따라 모바일 장치의 자원 제약성은 여전히 극복되지 못하고 있다. 이러한 환경에서 클라우드 컴퓨팅 기술은 모바일 장치의 보다 광범위한 서비스 시나리오 제공을 가능하게 하였으며, 특히 모바일 장치의 한계를 극복하고 서비스 및 데이터의 효율적인 관리를 위해서는 클라우드 플랫폼과 모바일 장치를 동시에 원활하게 사용할 수 있는 강화된 모바일 어플리케이션 프로비저닝이 반드시 필요하다.

그러나, 지금까지의 모바일 장치와 클라우드 간 상호작용은 다중 클라우드 간 연합된 인프라가 아닌 특정 클라우드 서비스 제공자(Cloud Service Provider, CSP)를 대상으로 하기 때문에 자원의 제약 사항이 여전히 발생하며, 특히 사용자의 이동에 따른 위치 기반 서비스 제공에 어려움이 있다. 또한, 연합 클라우드가 가능하다 하더라도, 대부분 정적으로 사전 정의된 자원만을 지원함으로써 어플리케이션의 자원 요구사항을 미리 예측하기 힘든 대규모 이벤트와 같은 실제 서비스의 동적 요구사항을 만족시킬 수 없다. 따라서, 모바일 서비스 및 데이터의 요구사항 뿐만 아니라 비즈니스 측면에서도 동적인 환경을 지원하는 클라우드 연합 및 중개 기술이 필요하다.

본 논문에서 소개하는 한-EU 간 공동 R&D로 진행되는 BASMATI 프로젝트는 모바일 장치와 클라우드에 대한 통합적 접근 방식을 통해 모바일 서비스와 어플리케이션의 동적 요구사항을 지원하는 통합 플랫폼을 제공하는 것을 목표로 한다. 이를 위하여 (1) 사용자 및 어플리케이션 요구사항에 대한 예측 모델링 기술, (2)비즈니스 로직에 따른 클라우드 연합 기술, (3) 확장 가능한 중개 및 동적 오프로딩을 통한 최적 서비스 제공 기술, (4)서비스 제공 전반에 걸친 서비스 품질, 보안, 개인 정보 보호 보장 기술 등을 지원한다. 이를 통해 BASMATI 플랫폼은 사용자 및 어플리케이션 예측 모델, 연합 패턴, 자원 및 데이터 관리 정책, 중개 및 오프로딩 결정의 런타임 적용을 지원하며, 실제 서비스 지원시 상황 변화에 대한 즉각적인 대응이 가능하도록 할 수 있다.

본 논문의 2장에서는 BASMATI 프로젝트에 대한 개요를 소개하고, 3장에서는 BASMATI 플랫폼의 설계 및 구현 내용을 기술한다. 4장에서는 BASMATI 플랫폼 기술의 적용 가능성을 검증하기 위한 3가지

유즈케이스에 대한 소개 및 개발 현황을 기술하고, 5장에서는 BASMATI 기술 중 클라우드 상호운용성 관련 표준화 현황을 상세 기술한다. 또한, 6장에서는 본 논문의 결론 및 BASMATI 프로젝트의 향후 방향에 대하여 기술한다.

## II. BASMATI 프로젝트 개요

한국의 3개 기관과 EU의 5개국 5개 기관 등 총 8개 기관이 파트너로 참여하는 BASMATI 컨소시엄은 모바일 사용자가 지역 간 이동 시 연합 클라우드 인프라 자원을 효율적으로 중개할 수 있는 혁신적인 플랫폼을 구현하는 것을 목표로 하고 있으며, 그림 1에서 보는 바와 같이 4가지의 BASMATI 비전을 제시하고 있다. BASMATI 플랫폼은 모바일 사용자의 서로 다른 이동 패턴과 행동에 따른 다양한 예측 모델을 제공함으로써, 다양한 형태의 모바일 클라우드 서비스를 가능하게 하며, 어플리케이션 배치 시 뿐만 아니라 어플리케이션이 실행 중에도 비즈니스 관점을 고려한 최적의 클라우드 자원을 연동할 수 있는 다양한 패턴을 제공한다. 또한, 서로 다른 멀티 클라우드 뿐만 아니라, 엣지 장치를 포함한 다양한 자원을 통합 관리할 수 있는 하이브리드 인프라 관리를 제공하며, 다양한 중개 및 오프로딩 로직을 제공함으로써 모바일 사용자 및 어플리케이션에 대한 최적의 자원 중개 및 분할 실행을 지원한다.

이러한 BASMATI 비전을 달성하기 위하여, BASMATI 컨소시엄은 아래와 같은 8가지의 세부 프로젝트 목표를 제시하고 있다.

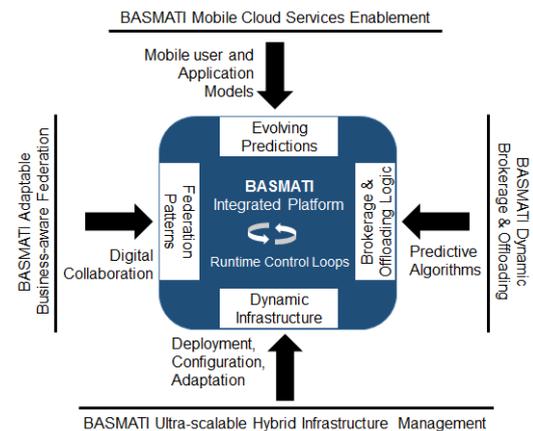


그림 1. BASMATI 비전  
Fig. 1. BASMATI vision

- 어플리케이션의 유형에 따라 연합 클라우드 및 또는 기타 장치에 중개 및 오프로딩 활용이 가능한 모바일 클라우드 서비스 이식성 지원
- 연합 및 중개 결정의 실시간 적용을 가능하게 하기 위한 상황 인지 및 이동성 패턴 분석 지원
- 최적의 로직에 기반한 추상화되고 통합된 연합 클라우드 환경의 개발, 배치 및 구성
- 중개 플랫폼의 런타임 적용 패턴을 통한 모바일 어플리케이션의 동적 배치 및 오프로딩 지원
- 모바일 장치 및 연합 클라우드의 이종 자원에 대한 확장 가능한 하이브리드 인프라 관리 지원
- 모바일 클라우드 서비스의 기능적, 비기능적 요구사항 보장
- 서로 다른 분야의 세가지 실제 시나리오를 통한 BASMATI 결과의 유효성 검증
- 다양한 BASMATI 세부 기술에 대한 홍보 및 표준화

이와 같은 목표를 달성하기 위하여, BASMATI 컨소시엄은 그림 2에서 보는 바와 같이 8개의 WP(Work Package)를 구성하여 관련 기술동향 분석, BASMATI 플랫폼 설계 및 구현, BASMATI 유즈케이스 설계 및 구현, BASMATI 기술 표준화, BASMATI 홍보 및 사업화 등 다양한 활동을 수행하고 있다.

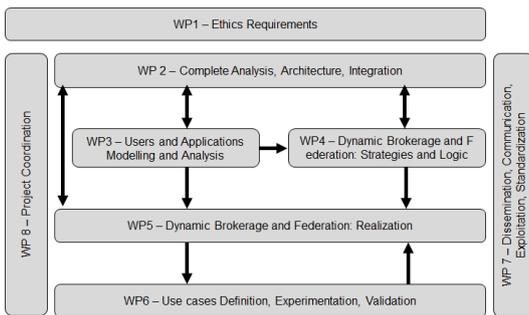


그림 2. BASMATI 컨소시엄 WP 구성  
Fig. 2. BASMATI consortium WPs

### III. BASMATI 플랫폼 설계 및 구현

본 장에서는 BASMATI 플랫폼의 전체 구조와 BASMATI 컴포넌트들 간의 인터페이스 방법에 대해 기술하고, 설계에 따른 BASMATI 플랫폼 v1.0의 구현 내용에 대해 소개한다.

### 3.1 BASMATI 플랫폼 설계

BASMATI 플랫폼 아키텍처는 그림 3과 같이 Mobile, Federation, Adapters의 3개의 계층으로 구성된다. 이 중에서 BASMATI 플랫폼의 핵심 계층은 Federation 계층과 Adapters 계층이다. Federation 계층은 Application Back-end Management와 Federation Management 컴포넌트로 나누어지는데, 이 2개의 컴포넌트와 Adapters 계층의 Cloud Providers Management 컴포넌트가 BASMATI 아키텍처의 핵심이다. 이후 부분에서는 각 컴포넌트의 구조와 기능에 대해 상세 기술한다.

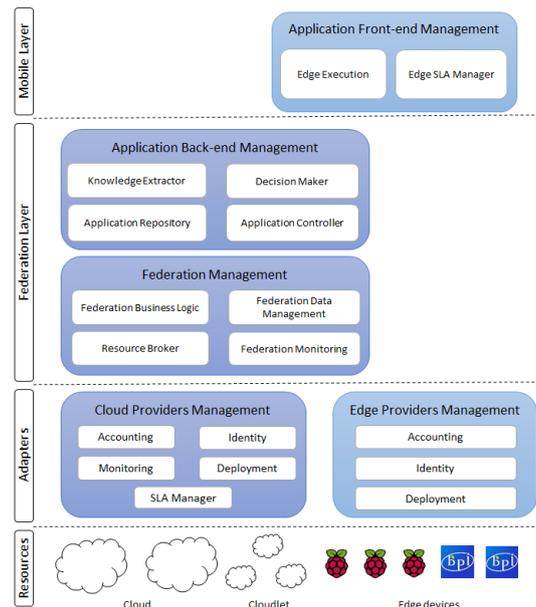


그림 3. BASMATI 플랫폼 아키텍처  
Fig. 3. BASMATI platform architecture

#### 3.1.1 Application Back-end Management

Application Back-end Management 컴포넌트는 BASMATI의 어플리케이션 관리를 위한 컴포넌트로, 사용자 어플리케이션의 관리를 지원하는 것이다. 이 컴포넌트는 아래와 같은 세부 컴포넌트로 구성된다.

- Decision Maker: 클라우드 상에 어플리케이션을 효율적으로 배포하고 관리하기 위한 계획을 생성하고 제공한다. 이를 위해 Decision Maker는 사용자 요구사항, 사전 정보, 과거 실행 기록 등 가용한 모든 정보를 고려하여 어플리케이션 배포에 대한 결정을 내린다. 또한, 실시간 모니터링 정보에 기반하여 실행 중인 어플리케이션의 오프로딩, 재

배치 등의 정책 결정도 수행한다.

- **Knowledge Extractor:** 사용자 이동성 모델링 및 응용프로그램 모니터링 데이터 분석을 통해 필요한 자원을 예측한다. Knowledge Extractor의 예측 및 평가 모델은 어플리케이션의 요구 사항과 측정값의 관계를 평가하고 그 결과를 Decision Maker에 전달하여 Decision Maker가 정확한 결정을 내리는 것을 돕는다.
- **Application Controller:** Decision Maker가 생성한 어플리케이션의 배포 계획을 수행하여 실제 자원의 할당 및 어플리케이션 설치 등의 역할을 수행한다. 또한, 어플리케이션의 시작, 중지, 삭제, 재배포 등의 생명주기 관리를 담당한다. 어플리케이션에 관한 모든 정보는 아래의 Application Repository에 저장하고 참조한다.
- **Application Repository:** BASMATI 플랫폼에서 실행되는 모든 응용프로그램에 대한 정보를 저장하는 저장소로, 모든 응용프로그램 정보를 BEAM(BASMATI Enhanced Application Model) 포맷으로 저장하고 이에 접근할 수 있는 API를 제공한다. BEAM은 표준 어플리케이션 배포 정의 문서인 TOSCA(Topology and Orchestration Specification for Cloud Applications)<sup>[1]</sup>를 기반으로 BASMATI 어플리케이션을 위해 필요한 정보를 추가하여 정의된 포맷이다.

### 3.1.2 Federation Management

Federation Management는 복수의 Cloud Service Provider(이하 CSP)를 연합하여 하나의 단일 클라우드 인프라로 사용할 수 있게 하며, 이와 같이 BASMATI 플랫폼에서 제공하는 단일 클라우드 인프라를 기반으로 어플리케이션의 배포, 실행, 모니터링 등의 기능을 제공한다. Federation Management는 아래와 같은 세부 컴포넌트로 구성된다.

- **Federation Business Logic:** 연합된 클라우드 자원 간의 상호 운용성 수준을 확인하고, 이를 통해 어플리케이션 및 CSP의 SLA를 관리한다. 또한, 연합에 참여하고 있는 이해관계자들(사용자, BASMATI, CSP) 간의 적절한 수익 배분을 위한 자원 선택 프로세스를 지원한다.
- **Resource Broker:** Decision Maker를 위해 어플리케이션 배치에 적합한 자원 목록을 연합에 참여하고 있는 클라우드 자원 중에서 선정하여 제공한다. 자원 선정을 위해 가용한 자원들의 특성을 인덱싱

하고, 각 CSP의 SLA 위반 이력 정보를 피드백하여 최적의 후보 자원 목록을 구성하여 제공한다.

- **Federation Data Management:** BASMATI 컴포넌트와 어플리케이션이 생성하여 사용하는 데이터를 저장하고, 자동화된 복제, 오프로딩 등을 통해 효율적으로 관리한다. 서로 다른 데이터 저장소를 지원하기 위해 서로 다른 종류의 저장소에 대한 접근을 추상화하여, 공통의 인터페이스를 제공해주는 특정 프레임워크를 지원한다..
- **Federation Monitoring:** 서비스 기반 모니터링 및 데이터 수집을 통해 어플리케이션의 실행 상태를 확인한다. 어플리케이션 배포 시 각 VM에 모니터링 에이전트가 자동으로 설치되며, 모니터링 에이전트는 각 VM과 어플리케이션의 모니터링 데이터를 수집하여 전송하고, 이와 같이 수집된 데이터를 실시간으로 분석하여 SLA 위반 사항을 감지한다. 부하분산을 위해서 데이터 수집기는 각 CSP 별로 생성되어 실행된다.

### 3.1.3 Cloud Providers Management

Cloud Providers Management(이하 CPM)는 서로 다른 클라우드 서비스 공급자들의 연합을 지원해 클라우드 자원들의 사용을 편리하게 하는 역할을 수행한다. CPM의 주요 컴포넌트 기능은 아래와 같다.

- **Identity 및 Accounting:** BASMATI 플랫폼 사용자는 CPM을 통해 단일 identity를 이용하여 연합에 참여하는 모든 CSP에 접근할 수 있도록 하며, CPM은 이를 통해 사용자의 비용 정산과 지불을 실행한다.
- **Deployment:** CPM은 CSP에서 제공하는 RESTful API를 활용하여 사용자 어플리케이션을 배포한다. 표준 어플리케이션 배포 정의 문서 포맷인 TOSCA를 지원하는 CSP의 경우에는 TOSCA 포맷으로 어플리케이션의 정의를 생성하여 배포를 요청한다. TOSCA를 지원하지 않는 CSP의 경우에는 어플리케이션의 개별 구성 자원에 대한 배포 요청을 반복하여 처리한다.
- **Monitoring:** CSP가 제공하는 자원 모니터링 기능은 제한적이다. BASMATI 플랫폼에서 필요로 하는 것들을 모든 정보를 모니터링하기 위해서 CPM에서는 자원 할당시점에 모니터링 에이전트를 각 VM에 설치한다. 모니터링 에이전트가 수집한 모니터링 정보는 연합 모니터링 정보 저장소에 저장되고 SLA 위반 처리를 포함한 BASMATI 플랫폼

의 실시간 정책 결정 및 어플리케이션 관리에 활용된다.

- SLA Manager: 어플리케이션, BASMATI 플랫폼, CSP 간의 SLA를 관리하고, SLA 위반 시 대체 자원 또는 다른 CSP를 통해 어플리케이션의 배포 및 실행을 지속적으로 수행한다.

### 3.1.4 BASMATI 컴포넌트 인터페이스

BASMATI 플랫폼의 각 컴포넌트들 간의 통신은 REST(Representational state transfer)<sup>[2]</sup> 기반의 OCCI(Open Cloud Computing Interface)<sup>[3]</sup> 표준을 따른다. REST는 모든 자원을 URI(Uniform Resource Identifier)로 표현하고, 이에 대해 POST, GET, PUT, DELETE 메소드를 제공하는 HTTP기반 프로토콜 및 API이다.

BASMATI 컴포넌트가 처리하는 대부분의 서비스 및 자원은 OCCI 표준 인터페이스를 통해 제공된다. 그러나, 일부 OCCI 표준을 적용하기 어려운 경우 한해서 독자 REST API를 제공한다.

또한, 컴포넌트 간 교환 데이터 포맷으로 JSON과 XML 데이터 형식을 사용한다. JSON과 XML은 사용언어, 운영체제, 플랫폼 등에 독립적으로 데이터를 교환할 수 있기 때문에, BASMATI와 같은 분산 구조의 아키텍처를 구성하는 컴포넌트 간 데이터 교환에 적합하며<sup>[4]</sup>, 관련 개발 도구와 라이브러리가 풍부한 장점이 있다.

### 3.2 BASMATI 플랫폼 v1.0 구현

현재 BASMATI 컨소시엄 파트너들이 개발한 개별 컴포넌트들을 통합하여 BASMATI 플랫폼 v1.0을 완료하였다. 그림 4는 구현된 BASMATI 플랫폼의 구성을 보여주고 있다.

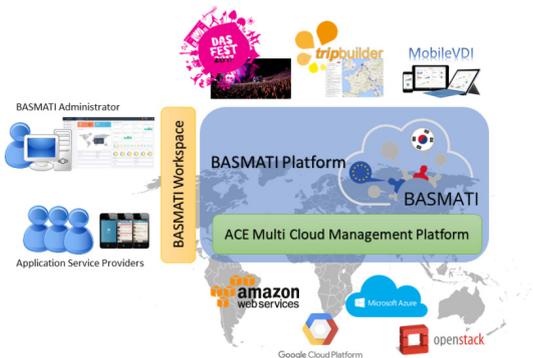


그림 4. BASMATI 플랫폼 v1.0  
Fig 4. BASMATI platform v1.0

BASMATI 플랫폼 v1.0에서는 이종의 CSP들의 연함을 지원하는 ACE(Amenesik Cloud Engine)에 기반한 CPM을 통하여 아마존부터 구글, MS 등 상용 CSP들과 오픈스택 클라우드 등의 멀티 클라우드 연함을 지원한다. 이를 통해 어플리케이션의 배포 및 실행 시 서로 다른 위치에 존재하는 이종 CSP들 중에서 Application Service Provider(이하 ASP)의 요구에 가장 적합한 자원을 선택할 수 있고, 사용자 이동성 및 시간에 따른 변화를 감지하여 어플리케이션의 실시간 재배치 및 자원변경을 수행할 수 있다.

또한, 웹 기반의 BASMATI 워크스페이스를 제공하여 관리자와 ASP에 대해 BASMATI 플랫폼에 대한 접근성을 제공하고 있다. 관리자는 워크스페이스를 통해 BASMATI 플랫폼이 지원하는 연합 클라우드에 대한 정보, 어플리케이션의 상태 및 자원 현황을 관제할 수 있고, ASP들은 어플리케이션의 실행 상황을 모니터링하고 어플리케이션의 수명주기를 관리할 수 있다.

BASMATI 컨소시엄은 BASMATI 플랫폼 v1.0을 대상으로 BASMATI 유즈케이스로 정의된 DAS FEST, TripBuilder, MVD를 통한 BASMATI 플랫폼의 성능 평가와 기능 개선을 진행하고 있으며, 향후 v2.0에서는 엣지 장치와 사용자 단말 간의 오프로딩 기능, Knowledge Extractor의 예측 정확성 향상, 어플리케이션 스케일링 자동화 등 기능 고도화를 진행하여 최종 BASMATI 플랫폼을 완성하고, 마지막으로 BASMATI 유즈케이스를 통해 최종 버전 BASMATI 플랫폼의 성능 및 기능을 재검증할 계획이다.

## IV. BASMATI 유즈케이스

BASMATI 유즈케이스는 BASMATI 프로젝트의 연구 및 개발 패키지 결과를 통합한 플랫폼에 시나리오 기반 서비스 연동을 통해 적용 가능성을 검증하고 BASMATI 개념 및 기술에 대한 유용한 피드백을 제공하는데 목적을 둔다. 특히, 다음 항목들에 중점을 두고 서비스를 적용한다.

- BASMATI 프로젝트에서 개발된 결과물인 플랫폼과의 실제 연동을 기반으로 수행
- BASMATI 프로젝트의 주요 혁신 기술에 대한 가능성을 보여주고 그 실현에 대한 질적 및 양적 검증 수행
- BASMATI 플랫폼이 실제 환경에서 활용될 수 있는 일련의 서비스 시나리오를 식별하고 설계

- 시연 중심의 각 유즈케이스 시나리오 별 구현 및 실험
- 개발된 기술들의 기능, 효과 및 품질 테스트
- 개발된 기술 시연을 통한 BASMATI 보급 및 개발 활동의 적극 지원

BASMATI 유즈케이스는 모바일 가상 데스크톱 서비스<sup>[5]</sup> 및 대규모 이벤트 정보 서비스인 DAS FEST<sup>[6]</sup>, 사용자 중심의 여행 설계 서비스인 TripBuilder<sup>[7]</sup>를 대상으로 한다. 해당 유즈케이스의 자세한 설명은 다음 절에서 상세하게 기술한다.

#### 4.1 모바일 가상 데스크톱 유즈케이스(MVD)

##### 4.1.1 개요

모바일 가상 데스크톱 유즈케이스는 가상화 된 데스크톱을 사용자에게 네트워크를 통해서 제공하는 모바일 가상 데스크톱 서비스를 대상으로 하며 연합 클라우드 환경에서 사용자에게 가상 데스크톱 서비스를 안정적으로 제공하는 QoS를 보장하고 사용자가 다양한 터미널을 통해 언제 어디서나 가상 데스크톱에 액세스 할 수 있도록 한다. 가상 데스크톱 유즈케이스의 목적은 사용자가 한 위치에서 다른 위치로 이동할 때 모바일 가상 데스크톱 서비스의 품질 저하를 개선하기 위해 연합 클라우드 환경 기반의 서비스 확장 및 배포를 가능하게 하는 것이다.

##### 4.1.2 기술 개발

BASMATI 플랫폼 기반 모바일 가상 데스크톱 서비스를 제공하기 위해서는 기존의 베어메탈 서버 기반의 가상 데스크톱 서비스<sup>[5]</sup>가 아닌 가상화 서버를 기반으로 가상 데스크톱 서비스를 제공해야 한다. 이를 위해 모바일 가상 데스크톱 유즈케이스에서는 중첩 가상화를 사용하여 서비스를 제공한다<sup>[8]</sup>. 그림 5는 BASMATI 플랫폼 기반 모바일 가상 데스크톱 서비스 구조도를 나타낸다.

BASMATI 플랫폼 기반 모바일 가상 데스크톱 서비스를 제공하기 위해서는 기존의 베어메탈 서버 기반의 가상 데스크톱 서비스가 아닌 가상화 서버를 기반으로 가상 데스크톱 서비스를 제공해야 한다. 이를 위해 모바일 가상 데스크톱 유즈케이스에서는 중첩 가상화를 사용하여 서비스를 제공한다. 그림 6은 BASMATI 플랫폼 기반 모바일 가상 데스크톱 서비스 구조도를 나타낸다.

또한, BASMATI 플랫폼과 연계된 클라우드 기반

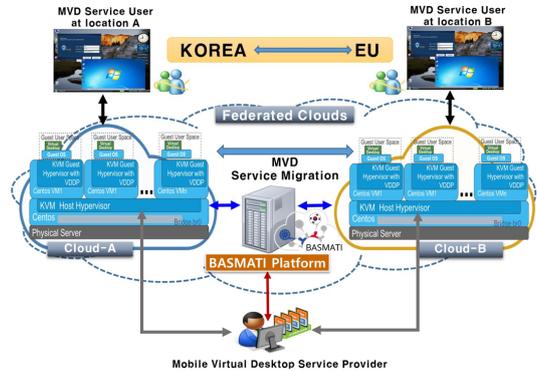


그림 5. BASMATI 기반 가상 데스크톱 서비스 구조도  
Fig 5. Structure of BASMATI-based virtual desktop service

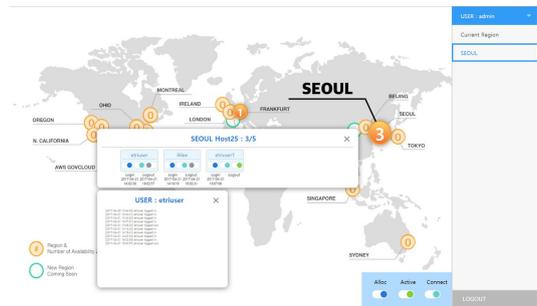


그림 6. BASMATI 기반 MVD 관리자 포털  
Fig 6. BASMATI-based MVD administrator portal

모바일 가상 데스크톱 서비스 마이그레이션을 제공하기 위해 다음과 같은 기술을 지원한다.

- BASMATI 기반 모바일 가상 데스크톱 서비스 구조 및 서비스 흐름 설계
- 연합 클라우드 환경을 지원하는 중첩적 가상화 기술<sup>[9]</sup> 분석 및 설계
- 중첩적 가상화 기반 데스크톱 서비스 플랫폼 프로토타입 구현
- 사용자 서비스 연결 및 인증, 마이그레이션 기능 제공을 위한 사용자 및 관리 포털 구현

#### 4.2 대규모 이벤트 유즈케이스 (DAS FEST)

##### 4.2.1 개요

대규모 이벤트 유즈케이스는 DAS FEST와 같은 대규모 이벤트 및 축제에 대한 실시간 정보를 제공하는 서비스를 기반으로 하며 사용자에게 통합된 지도를 통해 온라인 및 오프라인 기반의 대규모 이벤트의 상황 및 편의 시설, 응급 상황에 대한 정보를 제공한

다. CAS의 DAS FEST 앱<sup>6)</sup>이 대표적인 서비스 사례이다.

#### 4.2.2 기술 개발

BASMATI 플랫폼 기반 대규모 이벤트 서비스를 위한 DAS FEST 앱은 중개 메커니즘과 동적 어플리케이션 관리의 통합 기술 개발에 중점을 두고 있으며 프로토타입 구현 및 배포, 운영, 지원 및 평가를 포함하고 있다. 그림 7은 BASMATI 플랫폼 기반 DAS FEST 앱 서비스를 위한 사용자 인터페이스를 나타낸다.

또한, BASMATI 플랫폼과의 연동을 통한 DAS FEST 앱의 기능 확장을 진행하고 있으며 해당 내용은 다음과 같다.

- 중요 정보 시각화에 대한 고도화
- 대규모 이벤트 상황의 실시간 모니터링
- 사진 및 비디오, 위치와 같은 콘텐츠에 대한 실시간 공유
- 대규모 이벤트 참석자들의 상황 파악을 위한 다양한 센서 지원
- 앱 지원을 위한 로컬 및 클라우드 리소스 동적 조절



그림 7. BASMATI 기반 DAS FEST 사용자 인터페이스  
Fig. 7. BASMATI-based DAS FEST user interface

### 4.3 TripBuilder 유즈케이스

#### 4.3.1 개요

TripBuilder 유즈케이스는 관광객이 자신만의 맞춤형 관광 투어를 만들 수 있도록 도와주는 여행 설계 시스템을 대상으로 하며 대상 도시, 방문 시간 및 관광객의 프로필을 고려하여 TripBuilder 시스템은 여행자의 관심을 최대화하고 관광 명소를 즐기는데 필요한 시간과 관심 장소를 기반으로 관광 투어 일정을 생

성해 준다. TripBuilder 시스템의 관광 투어 생성 알고리즘에 제공되는 지식은 공개적으로 사용 가능한 소스인 Wikipedia, Flickr 및 Google Maps을 기반으로 한다.

#### 4.3.2 기술 개발

TripBuilder 시스템은 다양한 소스에서 데이터를 다운로드하고 전세계에서 가장 인기있는 도시들을 포함하는 거대한 지식 정보풀을 구축하기 위하여 스트림 및 일괄 처리를 모두 포함하는 확장 가능하고 강력한 Cloud 아키텍처에 중점을 둔다. 그림 8은 BASMATI 플랫폼 기반 TripBuilder 시스템을 위한 사용자 인터페이스를 나타낸다.

Tripbuilder 시스템은 많은 BASMATI 플랫폼 기능을 사용하여 백엔드 계산 성능을 향상시킬 수 있으며 특히 다중 클라우드 지원 BASMATI 플랫폼은 서비스 지역 경계를 넘어 여행하는 사람들을 위해 해당 서비스를 다른 클라우드 제공자에게 재배포하는 것을 지원한다.

현재 BASMATI 플랫폼의 개발과 평가를 용이하게 하기 위해 TripBuilder 유즈케이스 기반 서비스 시나리오와 사용자 요구 사항이 정의되었으며, TripBuilder 시스템의 리소스를 자동으로 배포할 수 있는 BEAM 기반 인터페이스 정의를 진행하고 있다. 이 인터페이스는 사용자 요구 사항 및 응용 프로그램 컨텍스트에 대한 자세한 정보를 포함하고 있으며, TripBuilder 유즈케이스를 위한 리소스 최적화를 위해 BASMATI의 지능형 구성 요소와 연동할 예정이다.

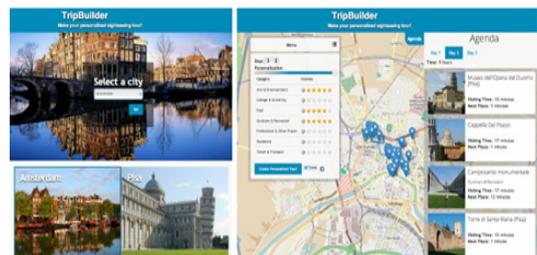


그림 8. BASMATI 기반 TripBuilder 사용자 인터페이스  
Fig. 8. BASMATI-based TripBuilder user interface

## V. 클라우드 상호운용성 표준화

BASMATI 관련 클라우드 상호운용성의 표준화를 위해서 과제 기간 및 연구 결과 도출 시점 등을 고려하여야 한다. 따라서, 직접 BASMATI 결과물을 위한 표준을 주도하는 전략 대신 기존 진행되고 있는 유사

표준화 활동에 기고하여 결과물을 반영하는 표준화 전략을 도입하였다.

클라우드 컴퓨팅 관련 국제 공적 표준화 활동을 위한 ITU-T SG13 WP2에서는 2012년부터 클라우드 컴퓨팅 전반적인 생태계 및 참조 구조를 비롯하여 개별 클라우드 컴퓨팅 서비스의 유즈케이스, 요구사항, 기능, 구조, 자원 관리 등에 대한 표준을 개발하고 있다<sup>[10]</sup>.

2016년 6월부터 개발 중인 Y.csb-reqts (Cloud computing requirements for cloud service brokerage)에서는 클라우드 서비스 제공자와 클라우드 서비스 사용자 사이에서 클라우드 서비스를 중개하는 클라우드 서비스 브로커리지 (CSB)의 개념과 기능 요구사항 정의를 목표로 하고 있다<sup>[11]</sup>. CSB에서는 멀티 클라우드에서 다수의 클라우드 서비스 제공자의 서비스를 클라우드 서비스 사용자에게 제공하므로, BSMATI의 클라우드 연합(federated cloud) 환경에서 자원 공유 모델과 유사점을 지니고 있다고 볼 수 있다.

2017년 2월에는 BSMATI 모델 기반으로 사용자가 지역 간 이동 시에 발생할 수 있는 서비스 이전 (service migration) 유즈케이스 및 관련 요구사항을 기고하여 반영하였다<sup>[12]</sup>.

이올러, 2017년 7월에는 클라우드 서비스 사용자의 요청에 따라 새로운 클라우드 서비스를 제공 받을 수 있는 커스터마이징 (customize) 방식의 유즈 케이스를 기고하였다<sup>[13]</sup>. 이 서비스 모델에서는 CSB가 클라우드 연합 환경에서 다양한 클라우드 서비스 제공자로부터의 가용 자원 및 서비스를 가공하여 사용자에게 새로운 서비스를 제공할 수 있다. 이를 위해 BSMATI 결과물에서 도출된 서비스 카탈로그 운영 방식을 기반으로 서비스 오케스트레이션 (orchestration) 가공 방식, 사용자의 서비스 명세 템플릿 등의 요구사항을 제안하였다.

2018년 상반기 제정을 목표로 하는 Y.csb-reqts 개발 일정에 따라, BSMATI 연구 내용을 적극적으로 반영하기 위해, BSMATI 전반적인 연구 활동 및 결과를 소개하는 기고를 계획하고 있다. 이를 기반으로 기존 승인된 표준과의 차별성 및 보완 요구를 도출하여, BSMATI 과제물 주도의 새 표준 아이템 개발을 추진할 예정이다.

## VI. 결론 및 향후 계획

한-EU 간 공동 R&D 프로젝트로 진행되는 BSMATI 프로젝트는 모바일 장치와 클라우드에 대

한 통합적 접근 방식을 통해 모바일 서비스 및 어플리케이션의 동적 요구사항을 지원하는 통합 플랫폼을 제공하는 것을 목표로 하고 있으며, 이를 위하여 BSMATI 컨소시엄은 (1)사용자 및 어플리케이션 요구사항에 대한 예측 모델링 기술, (2)비즈니스 로직에 따른 클라우드 연합 기술, (3)확장 가능한 중개 및 동적 오프로딩을 통한 최적 서비스 제공 기술, (4)서비스 제공 전반에 걸친 서비스 품질, 보안, 개인 정보 보호 보장 기술 등을 포함한 BSMATI 플랫폼을 개발하고 있다.

본 논문에서는 BSMATI 프로젝트에 대한 소개와 BSMATI 플랫폼 및 유즈케이스에 대한 설계 및 주요 개발 현황을 소개하였으며, BSMATI 플랫폼의 주요 기술 분야인 클라우드 상호운용성에 대한 표준화 활동 현황 및 향후 계획에 대해 소개하였다.

향후에는 엣지 장치와 사용자 단말 간의 오프로딩 기능, Knowledge Extractor의 예측 정확성 향상, 어플리케이션 스케일링 자동화 등 기능 고도화를 통한 BSMATI 플랫폼 v2.0을 개발할 예정이며, MVD, DAS FEST, TripBuilder 등 BSMATI 유즈케이스의 확장 개발을 통하여 최종 BSMATI 플랫폼의 성능 및 기능을 검증할 예정이다. 또한, 클라우드 상호운용성을 위한 기능적, 비기능적 요구사항에 대한 표준화를 완료한 후, 이를 기반으로 기존 승인된 표준과의 차별성 및 보완 요구를 도출하여 새로운 표준 아이템 개발을 추진할 예정이다.

## References

- [1] D. Palma and T. Spatzier, *Topology and orchestration specification for cloud applications (TOSCA)*, Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS), Tech. Rep., 2013.
- [2] M. Masse, *REST API Design Rulebook: Designing Consistent RESTful Web Service Interfaces*, O'Reilly Media, Inc., 2011.
- [3] T. Metsch and A. Edmonds, *Open cloud computing interface-infrastructure*, Standards Track, no. GFD-R in The Open Grid Forum Document Series, Open Cloud Computing Interface(OCCI) Working Group, Muncie(IN), 2010, Retrieved Aug. 20, 2017, from <https://www.ogf.org/documents/GFD.184.pdf>.
- [4] N. Nurseitov, M. Paulson, R. Reynolds, and

C. Izurieta, "Comparison of JSON and XML data interchange formats: a case study," *Caine 2009*, pp. 157-162, 2009.

[5] S. C. Oh and S. W. Kim, "Design and implementation of high performance virtual desktop system managing virtual desktop image in main memory," *KIISE Trans. Computing Practices*, vol. 22, no. 8, pp. 363-368, Aug. 2016.

[6] DAS FEST, *DIE OFFIZIELLE DAS FEST-APP*, Retrieved Aug. 29, 2017, from [http://www.dasfest.de/index.php?article\\_id=249&clang=0](http://www.dasfest.de/index.php?article_id=249&clang=0).

[7] TripBuilder, *About TripBuilder*, Retrieved Aug. 29, 2017, from <http://tripbuilder.isti.cnr.it/about>.

[8] B. Das, J. Kiszka, and Y. Zhang, *Nested Virtualization - State of the Art and Future Directions*, Retrieved Aug. 29, 2017, from <http://events.linuxfoundation.org/sites/events/files/slides/NestedVirtualization.pdf>.

[9] Y. B. Kim, J. W. Sa, S. W. Kim, Y. W. Chung, and S. J. Lee, "Efficient nested cloud system configuration using performance analysis," in *Proc. KIPS Int. Conf. Future Inf. Technol. 2017 (FutureTech 2017)*, Seoul, Korea, May 2017.

[10] ITU-T Recommendations, Retrieved Nov. 06, 2017, from [http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/index\\_sg.aspx?sg=13](http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/index_sg.aspx?sg=13).

[11] ITU-T work programme, Retrieved Nov. 06, 2017, from [http://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp\\_search.aspx?sg=13&q=17](http://www.itu.int/ITU-T/workprog/wp_search.aspx?sg=13&q=17).

[12] ITU-T SG13 contribution 118, Retrieved Nov. 06, 2017, from <https://www.itu.int/md/T17-SG13-C-0118/en>.

[13] ITU-T SG13 RGM contributions, Retrieved Nov. 06, 2017, from <https://extranet.itu.int/meetings/ITU-T/T17-SG13RGM/14819-170703/Contributions/Forms/Q17.aspx>.

정 영 우 (Young-Woo Jung)



1998년 2월 : 경북대학교 전자계산학과 졸업  
 2000년 2월 : 경북대학교 전자계산학과 석사  
 2000년 2월~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원  
 <관심분야> 시스템SW, 가상화, 클라우드 컴퓨팅

석 성 우 (Song-Woo Sok)



1999년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업  
 2001년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사  
 2000년 3월~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원  
 <관심분야> 시스템SW, 가상화, 클라우드 컴퓨팅

김 선 옥 (Sun-Wook Kim)



1996년 2월 : 충북대학교 컴퓨터과학과 졸업  
 2001년 2월 : 한양대학교 전자계산학과 석사  
 2011년 2월 : 고려대학교 전자계산학과 박사  
 2001년 1월~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원  
 <관심분야> 클라우드 컴퓨팅, 서버 가상화, VDI,

오 명 훈 (Myeong-Hoon Oh)



2005년 2월 : 광주과학기술원  
정보통신공학 박사 졸업  
2005년 4월~현재 : 한국전자통  
신연구원 책임연구원  
2006년 9월~현재 : 과학기술연  
합대학원대학교 겸임교수  
2012년 4월~현재 : ITU-T SG13  
에디터

<관심분야> 클라우드 컴퓨팅, 클라우드 인프라, 임  
베디드시스템

강 동 재 (Dong-Jae Kang)



1999년 2월 : 인하대학교 전자  
계산학과 졸업  
2001년 2월 : 인하대학교 전자  
계산공학 석사  
2010년 8월 : 인하대학교 컴퓨  
터정보공학 박사  
2001년 1월~현재 : 한국전자통  
신연구원 책임연구원

<관심분야> 시스템SW, 공개SW, 클라우드 컴퓨팅

가 니 스 (Ganis Zulfa Santoso)



2008년 2월 : 인도네시아 대학  
교 컴퓨터공학과 졸업  
2013년 2월 : 조선대학교 컴퓨  
터공학과 석사  
2010년 10월~현재 : 한국전자통  
신연구원 연구원

<관심분야> 클라우드 컴퓨팅, 가상화, 웹기술