

# Dynamic Service Binding Method for Device-to-Device(D2D) Communication Based Cooperative Services

Meeyeon Lee<sup>†</sup> · Dusan Baek<sup>\*\*</sup> · Jung-Won Lee<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

In recent years, various services in mobile environments due to the growth of mobile devices and related techniques like wireless networks. Furthermore, as the increasing communication traffic in cellular networks has become a new significant issue, many studies for device-to-device(D2D) communication and D2D-based cooperative services have been performed recently. In this paper, we design a smart agent system for D2D-based cooperative services and propose a dynamic service binding method based on service ontology. We classify roles of mobile devices for cooperative services by defining three types of smart agents, and construct a knowledge base in order to describe properties of 'service' unit. The proposed knowledge model, D2D cooperative service ontology, can enable a autonomous cooperative services between mobile devices by binding a requested service to the appropriate member device according to the real-time context in mobile environments.

**Keywords :** Device-to-Device Communication(D2D), Cooperative Service, Service Ontology, Agent System, Context, Dynamic Service Binding

## 단말 간 직접 통신(D2D) 기반 협력 서비스를 위한 동적 서비스 바인딩 기법

이 미 연<sup>†</sup> · 백 두 산<sup>\*\*</sup> · 이 정 원<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

최근에는 모바일 기기 자체의 성능뿐만 아니라 무선 네트워크 등의 연관 기술들이 발달함에 따라 모바일 환경에서의 다양한 서비스에 대한 관심이 높아지고 있는 추세이다. 게다가 급증하는 통신 부하 문제가 새로운 이슈로 떠오르면서 단말 간 직접 통신(D2D)과 이에 기반한 단말 간의 협력 서비스 방식에 대한 연구가 활발해지고 있다. 본 논문에서는 D2D 기반의 협력 서비스를 위한 스마트 에이전트 시스템을 설계하고 서비스 온톨로지 기반의 동적 서비스 바인딩 기법을 제안한다. 3가지 타입의 에이전트를 설계하여 협력 서비스를 위한 역할을 구분하고, 에이전트의 기능을 서비스 단위로 모델링하여 속성을 기술함으로써 지식 베이스를 구축한다. 제안한 지식 모델인 D2D 협력 서비스 온톨로지는 실시간의 상황이 지속적으로 변화하는 모바일 환경에서 가변적인 상황에 따라 필요한 서비스를 최적의 멤버 기기에게 동적으로 바인딩함으로써 효율적이고 자율적인 협력 서비스를 가능케 할 수 있는 핵심 기술이라 할 수 있다.

**키워드 :** 단말 간 직접 통신(D2D), 협력 서비스, 서비스 온톨로지, 에이전트 시스템, 컨텍스트, 동적 서비스 바인딩

## 1. 서 론

최근 모바일 환경은 높은 성능의 스마트 모바일 기기뿐만 아니라 무선 네트워크 등의 관련 기술들의 발전으로 다양한 서비스의 대상으로 주목받고 있다. 특히, 모바일 기기를 대표하는 스마트폰은 성능적인 면과 보급 및 사용적인 측면에서 지속적으로 성장하고 있다. 스마트폰의 보급률은 2013년도에 세계적으로는 33%, 국내는 73%에 달하고 있으며, 2017년에는 50%(세계)~85%(국내)에 달할 전망이다[1, 2]. 뿐만 아니라, 스마트폰이나 태블릿 PC 이외에도 스마트 자

※ 이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2010-0013796).

※ 본 논문은 아주대학교의 2011 교내 일반연구비 지원을 받아 수행되었음(S-2011-G0001-00079).

※ 이 논문은 2014년도 한국정보처리학회 춘계학술발표대회에서 'D2D 기반 스마트 에이전트 시스템을 위한 서비스 온톨로지 설계'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.

† 준 회 원 : 아주대학교 전자공학과 연구조교수

\*\* 준 회 원 : 아주대학교 전자공학과 석·박사통합과정

\*\*\* 종신회원 : 아주대학교 전자공학과 부교수

Manuscript Received : July 4, 2014

First Revision : September 19, 2014

Accepted : September 19, 2014

\* Corresponding Author : Jung-Won Lee(jungwony@ajou.ac.kr)

동차, 스마트 CCTV 등이 개발되면서 모바일 서비스의 주체 혹은 대상은 점점 확대될 것이다. 하지만 모바일 기기가 다양해지고 대중화됨에 따라 파일 공유, 오디오/비디오 전송, 웹 접속 등을 위한 모바일 데이터 트래픽 또한 기하급수적으로 증가하고 있으며, 2018년도에는 그 수요가 현재의 10배 이상에 육박할 것으로 예상된다[2, 3]. 이로 인해 기존의 기지국 중심의 셀룰러 통신망의 과부하는 더욱 극심해질 것이며 이에 대한 다양한 대처 방안이 개발되고 있다.

단말 간 직접 통신(D2D; Device-to-Device communication) 기술은 기지국과 무선 접속 공유기를 거치지 않고 모바일 단말 간에 직접 통신하는 기술로서, 셀룰러 네트워크의 부하를 줄일 수 있는 다양한 기술 중에서 가장 주목받고 있는 방법이라 할 수 있다[4, 5]. D2D 기술은 기지국의 트래픽 부하를 줄일 수 있는 장점 이외에도, 단말의 전력 사용 감소나 전송 지연 감소 등과 같은 많은 긍정적 효과를 낼 수 있다[4-8].

또한, 최근에는 D2D 통신 기술 자체에 대한 연구뿐만 아니라 D2D 기반 근접 서비스(proximity-based service) 형태의 새로운 서비스 기법에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 가장 단순한 형태의 서비스로는 환경에 배치되어있는 로컬 푸시 콘텐츠(local push contents) 제공 기기가 이동 중인 모바일 기기로 직접적으로 유용한 정보를 전달하는 로컬 푸시 서비스(local push services)[9]가 개발되어 선보이고 있기도 하다. 하지만 이러한 서비스는 D2D 통신 기술을 사용할 뿐, 단말 간의 협력이 필요한 복합적인 서비스를 대상으로 하거나 상황 인식에 기반한 자율적인 서비스를 목표로 하지 않는다.

D2D 기반 서비스의 가장 큰 주류는 기기 간의 콘텐츠 전송 또는 공유 기법에 대한 연구라고 할 수 있다. 동일한 콘텐츠를 다운로드하기 원하는 여러 개의 모바일 단말들이 셀룰러 네트워크를 통해 콘텐츠를 분할하여 전송받은 후에 D2D 기술로 서로 공유하거나[10], 콘텐츠를 주고받는 역할을 구분하여 배포자(spreaders) 기기와 고객(client) 기기 간에 peer-to-peer 방식으로 전송하는 기법[11] 등이 제안되어 오고 있다. 클러스터 기반의 멀티미디어 데이터 전송 기법[12]은 전송 시간을 최소화할 수 있는 클러스터링 방법에 초점을 맞추고 있다. 이러한 기존 연구들은 모바일 단말 간의 협력 기법을 제시하고 있기는 하지만, 기기의 이동(새로운 기기의 유입이나 기존 기기의 이탈 등)과 같이 모바일 환경에서 발생 가능한 다양한 상황 변화에 대처하지 못하거나 다양한 서비스를 대상으로 하지 못하는 한계점을 보인다. 이외에도 D2D 기반 서비스의 타입을 분류하고 요구사항을 명시한 연구[13]도 진행된 바 있지만, 아직까지는 대부분 개념을 정의하거나 연구 이슈를 정리하는 정도에 그치고 있다.

이와 같이, 기존의 D2D 기반의 서비스 기법에 대한 연구들은 대부분 멀티미디어 데이터 전송에 초점을 맞추거나, 모바일 기기 간의 협력 서비스 시에 기기의 상태 변화나 이동과 같이 동적으로 변화하는 상황을 고려하지 못하고 있으며, 이를 시스템 관점에서 해결하기 위한 협력 기법에 대한

연구도 미비한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 D2D 통신 기술에 기반한 자율적인 협력 서비스 기법을 제안하고자 한다. 이를 위해 에이전트 기반의 협력 시스템을 설계하고, 이 시스템의 지식 베이스로서의 서비스 온톨로지를 구축한다. 서비스 온톨로지는 도메인 정보와 서비스의 속성 정보를 기술함으로써, 실시간의 상황에 따라 협력 서비스의 달성을 위해 필요한 세부 서비스와 적합한 기기(멤버)를 바인딩해 줄 수 있는 근거 지식이 된다. 즉, 모바일 환경의 가변적인 상황을 고려하여 동적인 서비스 바인딩을 가능케 하며, 효율적인 협력 서비스를 지원할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 본 연구를 통해 설계한 D2D 기반 스마트 에이전트 시스템을 설명하고, 3절에서는 기반 지식 베이스인 D2D 협력 서비스 온톨로지의 구조 및 기술 규격을 제안한다. 4절에서는 본 연구의 목표인 동적 서비스 바인딩 기법에 대해 자세하게 살펴본 후, 5절에서 실험 결과를 통해 유효성을 보인다. 마지막으로 6절에서 결론을 맺고 향후 연구 방향을 제시한다.

## 2. D2D 기반 스마트 에이전트 시스템

기존의 모바일 서비스 방식은 대부분 서버-단말 간의 일방적인 서비스 형태였던 반면에, D2D 통신 기술은 단말 간의 협력 서비스라는 새로운 형태의 서비스를 가능케 할 수 있다. 근거리 내의 모바일 단말끼리 통신이 가능해짐에 따라 서비스를 요청하거나 제공함으로써 협력을 통해 문제를 해결할 수 있게 된다. 이를 위해서는 단말들이 체계적으로 협력할 수 있는 시스템이 필요한데, 본 논문의 이전 연구[14]에서는 콘텐츠 전송을 위한 스마트 에이전트 기반의 협력 시스템을 제안한 바 있다.

D2D 기반 협력 서비스에 대한 기존 연구들에서는 클러스터(cluster) 개념을 사용하고 있으며[12], 본 논문에서도 이를 차용하여 다음과 같이 용어를 정의하였고, Fig. 1에 개념도를 보인다.

- **협력 서비스(cooperative service)**: 근거리 내에 존재하는 모바일 단말들 간의 협력을 통해 제공되는 특정 서비스로서, 달성해야 하는 목표가 된다. 예를 들어, 콘텐츠 공유 서비스, 사고 감지 및 대응 서비스 등이 있을 수 있다.
- **협력 클러스터(cooperative cluster)**: 모바일 단말들이 특정 협력 서비스를 위해 상호 협력하며 형성한 그룹이다. 각 클러스터는 달성해야 하는 목적을 가지며 다수의 멤버들로 구성된다.
- **협력 클러스터 멤버(cooperative cluster member)**: 스마트폰, 태블릿, 스마트 자동차, 스마트 CCTV 등과 같은 스마트 모바일 기기는 협력 서비스에 멤버로 참여할 수 있다. 멤버는 특정 협력 서비스 달성을 위해 형성된 협력 클러스터에 소속되어 다른 멤버들과

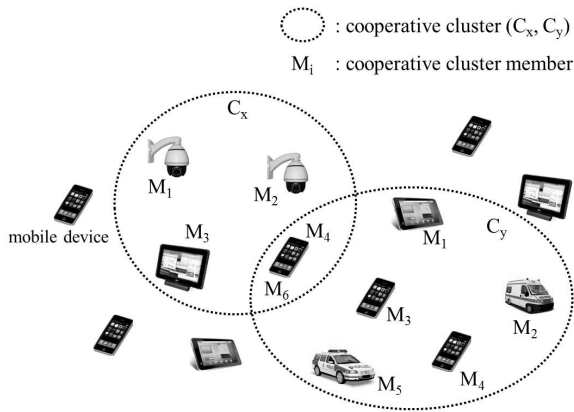


Fig. 1. The concept of D2D-based cooperative services

D2D 기반으로 통신한다. 모바일 단말은 동시에 여러 협력 클러스터에 멤버로 참여할 수 있고, 각 클러스터 내에서 특정 역할을 담당하게 된다.

예를 들어, Fig. 1에는 협력 클러스터가 2개 형성되어 있으며( $C_x$ 와  $C_y$ ), 협력 클러스터  $C_x$ 의 목적은 교통사고 감지 및 처리 서비스이며 4개의 멤버로 구성되어 있다.  $C_x$ 의 멤버 중,  $M_4$ 는 다른 협력 클러스터  $C_y$ 에도 멤버  $M_6$ 로 참여하고 있다.

본 논문에서는 협력 클러스터 멤버들의 역할에 따라 3가지 타입의 스마트 에이전트를 정의하고 설계하였다. 각 에이전트는 스마트 모바일 기기에 탑재되어 사용자의 개입이나 조작 없이 상황에 따라 독립적으로 실행 혹은 중지될 수 있다.

- **요청 에이전트(requester agent):** 주변 상황을 인지하여 근거리 내의 다른 모바일 단말에게 필요한 서비스를 요청한다.
- **중개 에이전트(broker agent):** 요청 에이전트에 의해 요청된 서비스를 달성하기 위한 협력 클러스터를 형성하고 전반적으로 관리한다. 근거리 내의 다양한 모바일 단말들과 D2D 기반으로 통신하며 실시간의 상황 변화에 따라 요청 에이전트와 제공 에이전트를 중개하여 협력이 원활하게 이루어질 수 있도록 한다. 즉, 협력 서비스의 제공 상태나 협력 클러스터의 멤버들을 전반적으로 관리하는 역할을 담당한다.
- **제공 에이전트(provider agent):** 중개 에이전트로부터 할당받은 서비스를 수행한다. 협력 서비스 달성을 위해 협력 클러스터 내에서 실제로 수행되어야 하는 서비스를 제공한다.

모바일 단말기기는 3가지 에이전트 타입으로 구성된 스마트 에이전트를 탑재하게 되고, 사용자의 설정이나 기기의 상태 등에 따라 에이전트가 자율적으로 구동된다. 따라서 각 모바일 단말은 동시에 다중 에이전트를 구동함으로써 여러 역할을 담당할 수 있다. 즉, 단말은 여러 개의 협력 클러스터에 멤버로 참여할 수 있고, 하나의 협력 클러스터 내에서는 다중 역할을 수행할 수 있다. 담당하는 역할의 다중

여부에 따라 다음과 같이 스마트 에이전트의 지능 레벨(intelligent level)을 분류할 수 있다.

- 지능 레벨 1: 모바일 단말기상에서 3가지 타입의 에이전트(요청, 중개, 제공) 중에서 한 가지만 구동되며, 그에 따라 한 가지 역할만 담당한다.
- 지능 레벨 2: 단말이 동시에 두 가지 역할을 독립적으로 수행한다. 즉, 요청 에이전트와 중개 에이전트가 동시에 구동되는 경우, 요청과 제공 에이전트, 중개와 제공 에이전트가 동시에 구동되는 경우에 해당 단말의 지능 레벨은 2단계라고 할 수 있다.
- 지능 레벨 3: 특정 단말이 세 가지 타입의 에이전트를 모두 구동하여 다중 역할을 동시에 담당한다. 따라서 상황 인지를 통한 서비스 요청, 실제 서비스 제공, 협력 중개의 역할을 동시에 담당하므로 지능 레벨이 가장 높다고 할 수 있다.

협력 서비스가 이루어지는 환경은 모바일 단말의 이동, 단말의 상태 변화와 같은 다양한 요인들이 실시간에 지속적으로 변화하는 가변적 환경이기 때문에, 이러한 동적 변화에 적절하게 대처할 수 있는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 상황 변화에 따라 협력 클러스터 내에서 필요한 서비스를 수행할 수 있는 멤버를 탐색하여 동적으로 바인딩할 수 있는 기법을 제안하고자 한다. 이에 앞서, 동적 서비스 바인딩의 기반 지식이 되는 D2D 협력 서비스 온톨로지를 설계한다.

### 3. 온톨로지 모델링

실시간 변화하는 상황을 능동적으로 반영하기 위해서는 협력 클러스터 내에서 필요한 서비스를 판단하고 해당 서비스를 제공할 수 있는 가장 적합한 멤버를 결정할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 D2D 기반 협력 서비스를 위한 기반 지식 베이스로서의 서비스 온톨로지를 설계하고, 데이터 모델링 기법을 제안한다. 서비스 온톨로지는 도메인 지식을 바탕으로 기능 또는 프로세스를 기술하기에 적합한 지식 표현 방법으로, 웹 서비스 등을 기술하기 위해 널리 사용되고 있다[15].

본 논문에서 설계한 D2D 협력 서비스 온톨로지는 Fig. 2에 보인 것과 같은 4단계의 과정에 따라 구축된다. 서비스 온톨로지의 표현 단위인 ‘서비스’ 단위는 앞서 정의한 D2D 기반 스마트 에이전트 시스템의 3가지 타입의 에이전트들이 수행할 수 있는 기능(operation)들로부터 모델링된다.

- ① 도메인 지식 모델링 및 도메인 온톨로지 구축: D2D 기반 협력 서비스를 위한 기본 정보와 타깃 도메인에 종속적인 세부 지식을 모델링하여, 도메인 온톨로지 생성한다.
- ② 타깃 도메인 기반 서비스 추출: 타깃 도메인에서의 협력 서비스를 대상으로 에이전트의 기능 및 서비스 단위를 도출하여 정의한다.

- ③ 기술 규격에 따른 서비스 속성 명시: D2D 협력 서비스 온톨로지 내에 반드시 기술되어야 하는 속성 정보를 명시하고, 서비스들 간의 의미 관계를 구조화한다.
- ④ D2D 협력 서비스 온톨로지 구축: 각 서비스에 대한 속성 및 구조 정보를 OWL-S[16]와 같은 서비스 온톨로지 언어를 사용하여 기술한다.

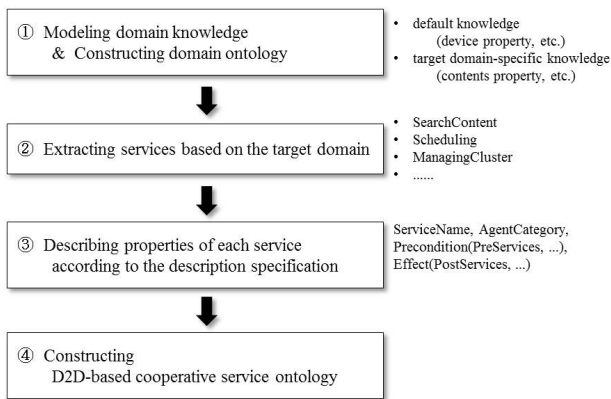


Fig. 2. A modeling process of D2D-based cooperative service ontology

위의 단계를 거쳐 생성되는 D2D 협력 도메인 온톨로지 와 서비스 온톨로지에 표현되는 정보는 다음의 세부 절에서 상세하게 설명한다.

### 3.1 D2D 협력 도메인 온톨로지

도메인 지식은 타겟 영역에서의 중요한 개념과 그들 간의 의미적인 관계를 의미한다. 본 연구가 대상으로 하는 D2D 기반 협력 서비스 영역에 대한 도메인 지식은 Fig. 3과 같이 크게 2가지 분류로 나눌 수 있다.

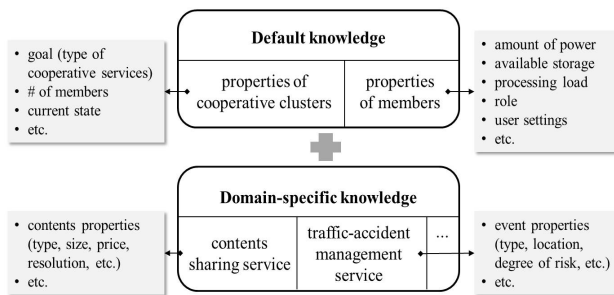


Fig. 3. Domain ontology for D2D-based cooperative services

첫 번째는 기본 지식(default knowledge)으로, 도메인에 상관없이 D2D 기반 협력 서비스 시에 중요하게 참고되어야 하는 정보이다. 즉, 실시간 동적으로 변화될 수 있는 상황 정보들이 도메인 온톨로지에 표현되어있어야 하고, 이들이 동적 역할-멤버 바인딩 시에 근거가 된다.

- 협력 클러스터의 상태: 각 협력 클러스터의 속성 정보로서, 목적, 서비스 진행 정도 등과 같은 항목들을 표

현한다. 또한 멤버의 이동에 따른 클러스터 구성이 실시간으로 변화하기 때문에 이에 대한 정보도 기술되어야 한다.

- 멤버의 상태: 각 협력 서비스에 참여 중인 모바일 단말 기기 멤버의 상태 속성이다. 즉, 멤버의 기본 정보(식별자, 기기 모델 등)뿐만 아니라, 동적 서비스 바인딩에 영향을 미칠 수 있는 모바일 기기의 상태(전력량, 가용 저장 공간, 프로세싱 부하 정도 등) 정보가 필요하다.

두 번째는 도메인 종속적인 특수 지식(domain-specific knowledge)이 표현되어야 한다. 예를 들어, 콘텐츠 공유 서비스의 경우에는 콘텐츠 자체의 속성 정보(종류, 화질, 가격, 출처 등) 등이 필수적으로 요구되고, 교통사고 감지 및 대응 서비스를 위해서는 사고의 속성(사고 규모, 종류 등) 정보가 필요하다. 도메인 온톨로지에 포함된 두 종류의 정보는 D2D 협력 서비스 온톨로지 구축을 위한 서비스 기술 시에 사용된다.

### 3.2 D2D 협력 서비스 온톨로지

서비스 단위는 도메인 지식 모델링 시에 도출한 기능들을 추상화하고 속성 및 구조 정보를 기술하여 서비스 온톨로지 내에 포함한다. 서비스 또한 도메인 지식과 마찬가지로 기본 서비스와 도메인-종속적 서비스로 분류할 수 있다.

- 기본 서비스(default services): 타겟 도메인과 상관없이 모든 D2D 협력 서비스 시에 기본적으로 필요한 서비스들이다. 예를 들어, ‘협력 서비스 관리’, ‘멤버 등록’, ‘협력 클러스터 관리’ 서비스 등은 모든 도메인에서 필요하다.
- 도메인-종속 서비스(domain-specific services): 특정 협력 서비스를 위한 세부 서비스들이다. 예를 들어, 교통사고 감지 및 처리 서비스에 대한 시나리오로부터 ‘교통 정리 서비스’, ‘경찰 연락 요청 서비스’ 등을 도출할 수 있다.

D2D 기반 협력 서비스가 효과적으로 달성되기 위해서는 필요한 세부 서비스들을 결정하고 이들을 최적의 멤버에게 할당하여 역할을 분담하여야 한다. 이러한 결정의 근거로 사용될 수 있는 각 서비스들에 대한 속성 정보가 서비스 온톨로지에 기술되며, 본 논문에서는 Table 1에 보인 기술 규격으로 정의하였다. 제안한 규격 항목은 크게 3가지 대분류로 구성되어있으며, 이에 따라 서비스에 대한 기본 정보부터 서비스 실행을 위해 요구되는 사항, 서비스 실행 후의 변동 사항 등의 정보를 표현할 수 있다.

Table 1의 규격 항목 중, ServiceProfile 항목은 서비스에 대한 기본 정보를 기술하며 4개의 세부 항목으로 구성된다.

- ServiceID: 서비스의 식별자이다.
- ServiceName: 서비스의 텍스트 이름이다.
- AgentCategory: 해당 서비스가 어떤 타입의 에이전트의 서비스인지를 명시한다. 본 논문에서 제안한 D2D 기반 스마트 에이전트 시스템의 3가지 에이전트 타입

Table 1. Description specification of service ontology for D2D-based cooperative services

Factors of specification		Value	Brief explanation	
ServiceProfile	ServiceID	(string)	service identifier	
	ServiceName	(string)	a name of a service	
	AgentCategory	{R, B, P}	a type of agents for a service	
	Description	(string)	a brief comment for a service	
Precondition	DeviceCondition	Status	{Free, Available, Busy, NotAvailable}	a required state of a device (according to processing load)
		BatteryResidual	(number)	a required power
		Capacity	{1, 2, 3}	a required capacity
		Trust	{1, 2, 3}	a required trust level
		UserSetting	{Y/N}	a required user-setting
	ServiceCondition	Input	(string)	required input values for a service
PreServices		(ServiceIDs)	precedent services for a service	
Effect	DeviceStatus	{Free, Available, Busy, NotAvailable}	a device state after executing a service	
	PostServices	(ServiceIDs)	following services after executing a service	
	Output	(string)	results after executing a service	

인 요청(R), 중개(B), 제공(P) 에이전트 중 하나로 명시된다. 멤버가 해당 서비스를 수행하게 되면 이 규격 항목에 명시되어 있는 에이전트가 구동되면서 역할을 부여받는다.

- Description: 서비스에 대한 간단한 설명이나 주석을 기술하는 항목이다.

Precondition 항목은 해당 서비스를 수행하기 위해 전제되어야 하는 조건들로서, 크게 2가지 측면으로 구분하여 세부 항목들을 정의하였다. DeviceCondition은 모바일 기기 측면에서의 전제 상태들을 의미하며, 해당 서비스를 수행하기 위해 만족해야 하는 최소한의 상태 조건을 기술한다. 실시간으로 이 속성들에 명시되어있는 조건을 만족한 기기 또는 멤버가 해당 서비스를 수행하게 됨으로써 역할이 바인딩될 수 있다. 기술 규격의 현재 버전에서는 5개의 세부 항목으로 분류하였다.

- Status: 모바일 기기의 프로세싱 부하 정도를 의미한다. 기기가 현 시점에 수행 중인 작업의 부하 정도에 따라 어떤 서비스이든지 수행할 수 있는 상태(Free)부터 다른 서비스를 수행할 수 없는 상태(NotAvailable)까지의 의미적인 레벨값을 갖도록 설계하였다.
- BatteryResidual: 해당 서비스를 수행하기 위해 필요한 기기의 최소 배터리 잔류량이다. 모바일 기기의 특성상, 전력이 중요한 이슈이기 때문에 서비스의 안정적인 수행을 위해 요구되는 전력량을 체크해야 한다.
- Capacity: 모바일 기기의 하드웨어적 성능을 레벨값으로 표현하는 항목으로, 해당 서비스를 수행하기 위해 요구되는 최소 성능 정도를 기술한다.
- Trust: D2D 기반 협력 서비스 시의 역할 수행에 대한 모바일 기기의 신뢰도 레벨이다. 모든 기기는 협력 서비스에 멤버로 참여하면서 역할을 충실히 수행해왔는

지에 대한 신뢰도를 평가받게 되고, 신뢰도 레벨에 따라 바인딩될 수 있는 역할의 경중이 달라진다. 예를 들어, ‘협력 클러스터 관리’와 같은 중요한 서비스는 신뢰도가 낮은 기기에 바인딩되지 않아야 한다.

- UserSetting: 기기의 소유자가 설정할 수 있는 항목으로, 기기의 역할을 제한하거나 특정 서비스의 제공을 거부하는 등의 설정을 수동으로 할 수 있기 때문에, 해당 서비스를 실행하기 위해 요구되는 설정 상태를 명시한다.

Precondition 중에서, ServiceCondition은 서비스 측면에서의 전제 조건이다.

- Input: 서비스 수행 시에 필요한 입력값이다. 예를 들어, ‘콘텐츠 검색’ 서비스는 콘텐츠의 이름이나 종류 등에 대한 정보가 필요하다.
- PreServices: 해당 서비스를 수행하기 전에 협력 클러스터 내에서 반드시 수행되어야 하는 선행 서비스들을 명시한다. 서비스들의 의미적 또는 구조적 관계를 표현할 수 있다.

마지막으로 Effect 항목은 각 서비스가 수행되면서 또는 수행된 후에 멤버나 협력 클러스터에 미칠 수 있는 영향을 기술한다.

- DeviceStatus: 해당 서비스를 수행하게 되는 멤버의 상태가 명시된 상태로 변경된다. 예를 들어, 멤버 M<sub>3</sub>가 ‘협력 클러스터 관리’ 서비스를 수행하게 된다면 ‘NotAvailable’ 상태로 변경된다.
- PostServices: 해당 서비스가 수행된 후에 협력 클러스터 내에서 반드시 뒤따라 수행되어야 하는 후속 서비스들을 명시한다. Precondition의 PreServices 항목과 마찬가지로, 서비스들의 의미적 또는 구조적 관계

를 표현할 수 있다.

- Output: 서비스 수행 후에 발생하는 결과물 또는 출력 값이다. 예를 들어, ‘콘텐츠 검색’ 서비스를 수행한 후에는 콘텐츠 소유 여부(Y/N)가 결과가 된다.

본 논문에서 제안한 규격에 따라 명시된 서비스들의 속성 정보는 실행 시간에 협력 클러스터 내에서 요구되는 서비스를 가장 적합한 기기에게 수행하도록 할당해줌으로써 적절한 동적 서비스 바인딩이 가능케 할 수 있다. D2D 협력 서비스 온톨로지에 기반한 동적 서비스 바인딩 기법에 대해 다음 절에서 자세하게 설명한다.

### 4. 동적 서비스 바인딩 기법

D2D 기반 스마트 에이전트 시스템을 통한 협력 서비스는 가변적인 모바일 환경을 대상으로 하기 때문에, 실시간의 상황 변화에 대응하면서 서비스를 안정적으로 끊김 없이 수행하여 목표를 달성하는 것이 중요하다. 이를 위해, 본 논문에서는 실행 시의 상황을 인식하여 필요한 서비스를 최적의 멤버 기기에게 동적으로 바인딩할 수 있는 기법을 제안한다. 이 기법은 앞서 설계한 스마트 에이전트 시스템과 D2D 협력 서비스 온톨로지에 기반한다. 기법 설명에 앞서 다시 한 번 용어를 정의하면, 본 논문에서의 ‘서비스(service)’는 D2D 협력 서비스 온톨로지의 표현 단위로서, 협력 목표 달성을 위해 필요하며 모바일 기기가 수행할 수 있는 독립적인 기능을 의미한다. ‘멤버(member)’는 협력 클러스터에 소속되어 협력 서비스에 참여하는 모바일 기기이다.

Fig. 4는 동적 서비스 바인딩을 위한 알고리즘이며, ‘서비스 바인딩’ 서비스는 협력 클러스터 내의 중개 에이전트 멤버가 관장한다고 가정한다.

```

procedure Dynamic_Service_Binding (SID)           ①
begin
  for (Di; a mobile device in D2D range)           ②
    begin
      if ( (Di.Status = SID.Status) &&              ③
          (Di.BatteryResidual ≥ SID.BatteryResidual) && ④
          (Di.Capacity ≥ SID.Capacity) &&           ⑤
          (Di.Trust ≥ SID.Trust) &&                 ⑥
          (Di.UserSetting = SID.UserSetting))      ⑦
        then Add Di into candidate members          ⑧
      end
    M = the best device in candidate members        ⑨
    Trigger SID.AgentCategory of M                  ⑩
  end
  
```

Fig. 4. Algorithm for dynamic service binding

- ① 협력 클러스터 내에서 필요한 특정 서비스(ServiceID)를 수행할 최적의 모바일 기기를 탐색한다.
- ② D2D 통신이 가능한 범위 내의 모든 모바일 기기를 대상으로 한다.
- ③~⑦ 서비스의 기술 규격 항목 중, Precondition의

DeviceCondition 항목들이 조건에 부합하는지 체크한다. 즉, 기기의 프로세싱 부하 정도, 전력 상태, 성능, 신뢰도, 사용자 설정 상태가 서비스 속성에 명시된 최소 조건을 만족해야 한다.

- ⑧ 모든 조건을 만족하는 기기는 해당 서비스 수행이 가능한 후보 기기가 된다.
- ⑨ 후보 기기 탐색이 종료된 후에, 후보 기기들의 속성값을 비교하여 최적의 기기를 선택해 해당 서비스를 수행하도록 하고, 만약 멤버가 아니라면 멤버로 등록한다.
- ⑩ 선택된 멤버 기기상에서 해당 서비스에 해당하는 타입의 에이전트가 구동되며 서비스 수행을 시작한다.

제안한 기법은 D2D 협력 서비스 온톨로지 내에 멤버의 속성과 같은 도메인 지식과 각 서비스의 속성들이 기술되어 있기 때문에 가능하다. 즉, 실시간의 상황 정보와 온톨로지 정보를 비교하여 동적으로 서비스를 멤버 기기에게 바인딩해줌으로써 효과적인 서비스 수행이 가능해질 것이다. 또한 멤버의 이탈이나 새로운 기기의 유입과 같은 상황에도 유연하게 대처할 수 있다.

### 5. 실험

본 연구에서 제안한 D2D 기반의 동적 서비스 바인딩 기법의 유효성을 검증하기 위해 실험을 진행하였다. 실험은 3대의 모바일 기기로 구성된 모의 환경에서 이루어졌으며, 용량 741,538KB의 콘텐츠를 전송하는 시나리오를 가정하고 임의로 상황을 변화시키면서 전송 속도와 시간을 측정하여 비교하였다. 즉, 모바일 기기 3대로 구성되어있는 협력 클러스터를 가정하고, 상황이 변화하였을 때 동적으로 최적의 멤버에게 콘텐츠 제공 서비스를 바인딩할 수 있도록 하였다. Fig. 5에 제시한 그래프는 모바일 환경에서의 대표적인 동적 변수인 기기의 이동성을 고려하였을 때의 실험 결과이다. 참여 기기들의 위치를 변화하면서 동적으로 콘텐츠 제공 서비스를 최적의 기기에 바인딩함으로써 콘텐츠 전송이라는 협력 서비스를 효율적으로 제공할 수 있는지를 테스트 하였다. 실험 초반에 기기 A가 콘텐츠 제공 서비스를 수행하던 중에 근거리에서 새로운 기기 B가 유입되면서 상황이 변화하였다. Fig. 5 (a)의 결과는 본 논문에서 제안한 기법을 적용하지 않아서 동적 서비스 바인딩이 이루어지지 않았을 경우의 결과로서, 기기 A에 의해 약 50,000kbps의 속도로 약 170초에 걸쳐 전송 서비스가 수행되었다. 반면에, Fig. 5 (b)의 경우에는 동적 상황을 인지하고 ‘콘텐츠 전송 서비스’의 Precondition과 기기 B의 상태, 협력 클러스터의 상태 등의 정보에 기반하여 기기 B가 해당 서비스를 수행하기에 최적임을 판단하게 된다. 그 후에 기기 B를 멤버로 등록하여 서비스를 바인딩함으로써 콘텐츠를 이어 전송한다(붉은 음영). 이때, 기기 A에 의해서만 서비스를 제공받던 Fig. 5 (a)의 경우보다 약 3배 높은 전송 속도로 약 100초 만에 콘텐츠를 전송하여 서비스 수행을 완료하였음을 확인할 수 있

다. Fig. 5의 두 경우를 비교하면, 동일한 콘텐츠를 전송받는 데 제안한 기법을 적용하였을 경우에 전송 속도가 향상되어 전송 시간이 감소되면서 전반적인 서비스 달성 시간이 단축되는 품질 향상이 가능함을 알 수 있다.

추후에는 제안한 D2D 기반 스마트 에이전트 시스템과 동적 서비스 바인딩 기법의 효율성을 증명하기 위해 다양한 시나리오를 대상으로 실험할 예정이다.

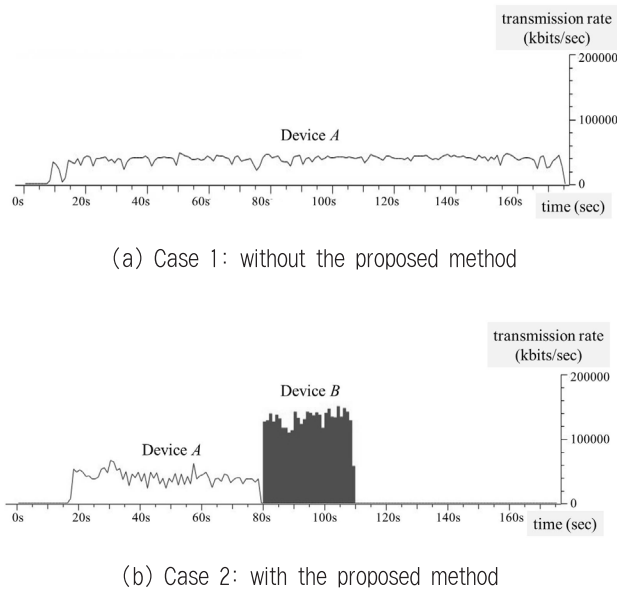


Fig. 5. Experiment result: transmission rate and time

## 6. 결론

본 연구에서는 모바일 환경에서의 셀룰러 네트워크 통신 부하 문제를 해결하고 서버-단말 간의 일반적인 서비스 방식을 개선하기 위한 방법으로, 단말 간 직접 통신 기반의 협력 서비스 시스템 및 기법을 제안하였다. 모바일 환경의 특성상, 실시간으로 끊임없이 변화하는 상황을 고려할 수 있어야 하기 때문에 정적인 협업 방식으로는 효율적인 서비스가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 스마트 에이전트 시스템을 통해 협력 서비스에서의 역할을 구분하여 3가지 타입의 에이전트를 설계하고, 필요한 서비스가 실시간에 가장 적합한 멤버에게 동적으로 바인딩될 수 있는 기법을 제시하였다. 또한 지식 베이스인 D2D 협력 서비스 온톨로지에 서비스 단위에 대한 속성 및 구조 정보를 기술함으로써 실행 시간에 필요한 서비스를 수행할 적합한 기기(멤버)를 탐색하여 바인딩하는 것을 가능케 하였다. 제안한 기법을 콘텐츠 전송 도메인에 구현하였고, 실험 결과를 통해 실시간의 상황 변화를 반영한 동적 서비스 바인딩 기법의 효과를 보

였다. 향후에는 다양한 도메인에 적용할 수 있도록 D2D 협력 서비스 온톨로지의 기술 규격과 구조를 개선하고, 다양한 상황 변화하에서 테스트를 통해 동적 서비스 바인딩 기법의 유효성을 증명할 계획이다.

## References

- [1] Smartphone Users Worldwide Will Total 1.75 Billion in 2014 [Internet], <http://www.emarketer.com/Article/Smartphone-Users-Worldwide-Will-Total-175-Billion-2014/1010536>, 2014.
- [2] Our mobile planet: understanding the mobile consumer, [Internet], <http://think.withgoogle.com/mobileplanet/en/>, Google Reports, 2013.
- [3] Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2013-2018 [Internet], [http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white\\_paper\\_c11-520862.html](http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html), 2014.
- [4] D. Feng, L. Lu, Y. Yuan-Wu, G.Y. Li, G. Feng, and S. Li, "Device-to-device communications underlying cellular networks," *IEEE Transactions on Communications*, Vol.61, No.8, pp.3541-3551, 2013.
- [5] J. Hong, S. Seong, S. Park, C.-W. Park, J.Y. Kim, S. Choi, and K. B. Lee, "D2D communication technology and standardization trends," *The Magazine of the IEIE(The Institute of Electronics and Information Engineers)*, Vol.4, No.4, pp.77-87, 2013.
- [6] L. Wei, R. Q. Ju, Y. Qian, and G. Wu, "Enable device-to-device communications underlying cellular networks: challenges and research aspects," *IEEE Communications Magazine*, Vol.52, No.6, pp.90-96, 2014.
- [7] X. Wu, S. Tavildar, S. Shakkottai, T. Richardson, J. Li, R. Laroia, and A. Jovicic, "FlashLinQ: A Synchronous Distributed Scheduler for Peer-to-Peer Ad Hoc Networks," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol.21, Issue.4, pp.1215-1228, 2013.
- [8] D. Camps Mur, A. Garcia, and P. Serrano, "Device-to-device communications with Wi-Fi Direct: overview and experimentation," *IEEE Wireless Communications*, Vol.20, Issue.3, pp.96-104, 2013.
- [9] J.-S. Ma, D.-H. Kim, J. Lee, C.-B. Park, S.-J. Yoon, H.-S. Lee, and C. Ryu, "Current D2D service development - Wi-Fi Direct centric," *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, Vol.30, No.11, pp.38-45, 2012.
- [10] L. Keller, A. Le, B. Cici, H. Seferoglu, C. Fragouli, and A. Markopoulou, "MicroCast: Cooperative Video Streaming on Smartphones," In *Proceedings of the 10th International Conference on Mobile Systems, Applications and Services*, pp.57-70, 2012.

[11] C. Varga, L. Blazovics, H. Charaf, and F.H.P. Fitzek, "Mobile Peer-to-Peer Spreading of Content," In *Proceedings of IEEE 73rd Vehicular Technology Conference*, pp.1-4, 2011.

[12] B. Peng, T. Peng, Z. Liu, Y. Yang and C. Hu, "Cluster-based multicast transmission for device-to-device(D2D) communication," in *Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference*, pp.1-5, 2013.

[13] S. Ryu, S-K Park, N-H Park, and S. Chung, "Development of Device-to-Device(D2D) Communication based New Mobile Proximity Multimedia Service Business Models," In *Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops*, pp.1-6, 2013.

[14] D. Baek, J.-W. Lee, "The design of service agent for D2D-based contents transmission," in *Proceedings of the 16th Korea Conference on Software Engineering*, Vol.16, No.1, pp.485-493, 2014.

[15] X. Liu, H. Liu, "Bootstrapping operation-level web service ontology: a bottom-up approach," in *Proceedings of International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing*, pp.19-26, 2011.

[16] D. Martin, et al., "OWL-S: Semantic markup for web services," *W3C Member Submission*, 2004.



**이 미 연**

e-mail : mylee@ajou.ac.kr  
 2003년 이화여자대학교 컴퓨터학과(학사)  
 2005년 이화여자대학교 컴퓨터학과(석사)  
 2012년 이화여자대학교 컴퓨터정보통신공학과(박사)  
 2012년~2014년 아주대학교 유비쿼터스  
 컨버전스연구소 연구원

2014년~현 재 아주대학교 전자공학과 연구조교수  
 관심분야: 유비쿼터스 컴퓨팅, 모바일 컴퓨팅, 상황인지,  
 온톨로지 등



**백 두 산**

e-mail : whitedusan@gmail.com  
 2012년 아주대학교 전자공학부(학사)  
 2012년~현 재 아주대학교 전자공학과  
 석·박사통합과정  
 관심분야: 모바일 컴퓨팅, 모바일 클라우  
 드 컴퓨팅, 상황인지 등



**이 정 원**

e-mail : jungwony@ajou.ac.kr  
 1993년 이화여자대학교 전자계산학과  
 (학사)  
 1995년 이화여자대학교 전자계산학과  
 (석사)  
 1995년~1997년 LG종합기술원 주임연구원

2003년 이화여자대학교 컴퓨터학과(박사)  
 2003년~2006년 이화여자대학교 컴퓨터학과 BK교수, 전임강사  
 (대우)  
 2006년~현 재 아주대학교 전자공학과 부교수  
 관심분야: 임베디드 소프트웨어, 모바일 상황인지, 온톨로지,  
 SOA 등