

# 오픈소스 프로젝트 데이터 기반 스마트홈 기술 생태계 분석: Matter 표준을 중심으로

전승선<sup>1</sup> · 이왕재<sup>2</sup> · 박재규<sup>2</sup> · 이학연<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 IT정책전문대학원, <sup>2</sup>삼성전자 기술연구소, <sup>3</sup>서울과학기술대학교 산업공학과

## Analyzing Technology Ecosystem of Smarthome Based on Open Source Projects Focusing on the Matter Standard

Sungsun Jeoun<sup>1</sup> · Wangjae Lee<sup>2</sup> · Jaekyu Park<sup>2</sup> · Hakyon Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>The Graduate School of Public Policy and Information Technology, Seoul National University of Science and Technology

<sup>2</sup>Samsung Electronics Co. RnD Center

<sup>3</sup>Department of Data Science, Seoul National University of Science and Technology

The smarthome market is experiencing rapid growth, exceeding a compound annual growth rate of 20%. However, previous research in this area has predominantly relied on patent-based approaches, resulting in a lag in capturing the content and pace of technological change. This study aims to analyze the latest trends and structures in smarthome technology, with a focus on the Matter standard, using GitHub data. 144 repositories related to the Matter project are collected from GitHub. The developer coupling measure is used to measure the connections between smart home projects, creating the smarthome technology network. Clustering the technology network yields the six technology clusters of smarthome: Smarthome User Experience, Autonomic Device Control, IoT Cloud Computing, Smarthome Network, IoT Platform, and Smarthome Development Support. Using the metrics of 'stars' and 'releases' in Github, this study also proposes the technology matrix of smarthome which categorize smarthome projects into four types: Trending Innovators, Established Standards, Dynamic Evolvers, and Hidden Gems. The findings of this study are poised to inform decision making in formulation and implementation of technology strategy for smarthome companies.

**Keywords:** Smarthome, Matter, Network Analysis, GitHub, Open Source Software, Technology Ecosystem

### 1. 서론

스마트홈은 사물인터넷(Internet of things: IoT)과 인공지능 기술이 집약된 가전제품과 가정 설비를 통합하여 다양한 서비스와 정보를 제공함으로써 거주자 생활의 질을 향상시키는 첨단 시스템이다. 사물인터넷 기기의 상용화와 보급 확대를 통해 가전기기, 스마트폰, 스마트 스피커, 월패드 등을 네트워크로

연결하고 제어하는 기술 환경이라고도 할 수 있다. 이런 스마트홈 기술은 센서 장치, 유무선 네트워크, 플랫폼, 가전기기 및 사물인터넷 단말기에 사용되고 있고, 최근에는 클라우드와 인공지능이 추가로 접목되어 지능형 스마트홈으로 진화하고 있다(Hong, 2020). 이러한 스마트홈 소비자 시장은 삼성전자, 마이크로소프트(Microsoft) 같은 전자기기 업체와 IT 서비스 회사가 주도하고 있다. 이 기업들은 노르딕 반도체(Nordic

이 연구는 한국연구재단의 이공분야기초연구사업(기본연구)의 지원을 받아 수행되었음(NRF-2021R1F1A1045787).

\* 연락저자 : 이학연 교수, 서울시 노원구 공릉로 232 서울과학기술대학교 프론티어관 607호, Tel: 02-970-6469, Fax: 02-974-2849,

E-mail: hylee@seoultech.ac.kr

2024년 1월 19일 접수; 2024년 2월 5일 수정본 접수; 2024년 2월 22일 게재 확정.

Semiconductor), 텍사스 인스트루먼트(Texas Instruments) 등의 반도체 기업과 구글(Google), 아마존(Amazon)을 대표기업으로 하는 IT 플랫폼 업체들과도 상호 지원하는 동시에 경쟁하며 성장하고 있다. 글로벌 비즈니스와 기술 분야의 시장 정보를 제공하는 Fortunebusinessinsights.com(2023)의 보고서에 따르면, 세계 스마트홈 시장은 2022년에 802.1억 달러에서 2030년에는 3382.8억 달러로 성장할 것으로 예상된다. 이는 연평균 20.1%에 이르는 급격한 성장을 의미한다. 새롭게 등장한 스마트홈 산업은 사물인터넷, 빅 데이터, 인공지능 등 디지털 기술과 다양한 산업 기술을 결합하며 산업의 패러다임을 크게 변화시키고 있다(Kim, 2018). 또, 이러한 큰 상업적 기회는 기업들로 하여금 스마트홈 시장의 선점을 위해 효과적인 소비자 요구 파악과 기술전략을 수립하게 하는 노력의 강력한 동기가 된다. 따라서 빠르게 성장하고 변화하는 시장과 기술 속에서 스마트홈 관련 정확한 기술 동향 파악 및 전략 수립은 스마트홈 기업 생존의 핵심 요인이다(Cui, 2019).

이에 스마트홈 기술 전략 수립 및 의사결정 지원을 목적으로 스마트홈 기술 자체에 대한 연구가 일부 이루어져 왔다. Miao(2019)는 스마트홈 분야의 기술 융합 네트워크를 구축하였으며, Byeon(2016)은 스마트홈 관련 사물인터넷 연구 동향을 파악하였고, Moon *et al.*(2017)은 사물인터넷 기술 융합 그룹을 분류하였다. Park(2015)은 한국과 미국의 스마트홈 특허 동향을 비교 분석하였고, Kim *et al.*(2016)은 범위를 보다 확장하여 미국과 한국의 사물인터넷 관련 특허 네트워크를 구축하고 기술 간 연결 관계를 분석하였다. 하지만 이와 같은 스마트홈 기술 분석 연구들은 기술의 대응지표로서 특허 데이터만을 사용하였기에, 출원부터 등록까지 상당한 시간이 소요되는 특허의 특성상 최신 기술 동향을 다루기에는 적시성이 부족하다는 근본적인 한계점을 지닌다(Lee and Lee, 2020).

스마트홈에서 소프트웨어는 전체 시스템의 두뇌 역할을 하여, 장치 제어 및 자동화, 상호 연결, 원격 액세스, 보안, 업데이트 등 모든 중요 기능을 담당하므로 스마트홈 구성의 핵심 요소라고 할 수 있다. 스마트홈 소프트웨어는 많은 개발자들의 참여로 대부분 오픈소스로 개발되고 있어 최신 기술동향을 파악하기 위해서는 오픈소스 데이터 분석이 필수인데, 이런 소프트웨어 개발 데이터를 바탕으로 스마트홈 기술을 분석한 연구는 이루어지지 않았다. 또한 스마트홈의 핵심 소프트웨어들은 글로벌 표준인 매터(Matter)를 준수한다(Elec4.co.kr, 2022). 오픈소스 프로젝트인 매터는 깃허브에서 개발, 배포, 관리되고 있으며 스마트홈 관련 기술은 매터를 중심으로 회사와 개발자가 연결되어 개발되고 있다. 따라서 매터를 중심으로 기업과 개발자간 연결 데이터를 분석하면, 스마트홈의 주요 기술 동향 파악이 가능하다. 최근 소프트웨어 연구에서는 깃허브를 이용한 최신 동향 분석이 활발하게 진행되고 있으므로(Valerio, 2017; Zhang, 2019; Lee and Lee, 2020), 스마트홈 분야도 최신 기술 동향 파악을 위해 깃허브 데이터를 활용하는 것이 필요하다.

이에 본 연구는 오픈소스 소프트웨어 데이터를 활용하여 스

마트홈 기술의 개발 동향을 분석하고자 한다. 먼저 스마트홈의 글로벌 표준인 매터를 중심으로 프로젝트 관계와 프로젝트 참여 개발자들의 커플링(developer coupling) 관계를 이용하여 스마트홈 프로젝트 네트워크를 구성한다. 이후 중심성을 기준으로 최신 스마트홈 핵심 프로젝트를 도출하여 특성을 분석한다. 또 클러스터링 기법 기반으로 현재 개발 중인 주요 스마트홈 기술 유형을 파악하고, 프로젝트의 중요도를 반영하는 스마트홈 기술 분석 매트릭스를 제시하여 기술 유형별 특성을 규명한다. 이를 바탕으로 4개 기술 유형별 프로젝트가 향후 지향해야 할 전략을 제시하여 기업의 스마트홈 기술 전략 수립과 스마트홈에 대한 국가 연구 정책 수립에 활용될 수 있도록 한다.

이후 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 선행 연구들의 진행 방향, 결과와 한계를 살펴보고 제3장에서는 분석대상 데이터와 네트워크 분석방안에 대해 설명한다. 제4장에서는 스마트홈네트워크 구축을 통해 스마트홈 기술의 중심 프로젝트를 도출하고, 클러스터링을 통해 스마트홈 주요 기술 유형을 파악한다. 제5장에서는 스마트홈 프로젝트의 특성별 영역별 기술 매트릭스를 구성하고 기술 유형별 특징을 분석한다. 마지막 제6장에서는 연구의 시사점, 한계와 향후 연구 방향을 제시한다.

## 2. 선행 연구

스마트홈 서비스가 확산됨에 따라 스마트홈 요소 기술 개발을 위한 연구는 활발히 이루어지고 있으나, 스마트홈 기술 자체를 분석 대상으로 삼는 연구는 아직 충분히 이루어지지 않은 상황이다(Jeon *et al.*, 2021). 다만 일부 연구에서 스마트홈 및 스마트홈의 핵심 기술인 사물인터넷에 대한 정량적인 기술 분석이 이루어져 왔으며, 이 연구들은 대부분 스마트홈 관련 특허 데이터를 활용하였다.

Park(2015)은 사물인터넷 기술에 있어 한국과 미국의 특허 동향을 비교하는 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 토픽 모델링 기법을 이용하여 주제별 군집을 생성하고, 토픽들의 유사도를 분석하였다. 연구 결과 한국은 미국에 비해 사물인터넷 도입시기가 10년 정도 늦지만, 양국 모두 무선 통신 분야가 다른 기술요소들과 융합화가 많이 이루어진다는 점과 군사 및 물류와 같은 산업에서 지속적으로 성장하고 있다는 것을 파악하였다. Byeon(2016)은 특허와 논문 DB를 기준으로 정부 제시 5가지 사물인터넷의 국가 기술 분류를 연구 동향에 대한 통계적 분석을 실시한 결과, 논문 R&D 연구방향과 기술보호를 목적으로 하는 특허출원 방향이 일치하지 않는다는 것을 발견하였다. Moon *et al.*(2017)은 사물인터넷 융합의 주요 기술 군을 서비스, 플랫폼, 디바이스, 네트워크로 정의한 후, 미국 특허청에서 수집된 특허 클래스를 위 네 가지 기술 군에 할당하고 이들 관계를 파악하였다. 이 연구에서는 디바이스 중심의 사물인터넷 기술 분석 결과 센서를 비롯한 헬스케어, 냉장과 냉동 장치, 에너지 관리, 로봇, 임베디드와 같은 기술들이 주요 융합 그룹

으로 도출되었고, 전체를 대상으로 분석하여 사물인터넷 요소 기술 중심의 스마트 헬스케어, 스마트홈, 무인 자동차와 같은 사물인터넷 응용영역들이 기술융합을 이루고 있다고 파악하였다. Miao(2019)는 동시 발생 매트릭스 기반으로 스마트홈 기술 융합 네트워크를 구축하였으며, 센서 및 위치 기술이 노령 안전 모니터링 커뮤니티에서 널리 퍼져 있고, 오염 제거 및 감지 기술은 노령 가정 청소 커뮤니티에서 널리 퍼져 있다는 것을 파악하였다. Shim(2016)은 IPC 코드를 분석하여 사물인터넷 특허의 기술 융복합을 파악하였다. 이 연구에서는 사물인터넷 특허 중 건강관리와 환자 기록관리의 기술 융복합에 의한 헬스케어 분야의 특허 출원이 가장 많다는 것을 확인하였다.

하지만 이러한 특허 데이터를 활용한 연구는 빠르게 발전하며 신기술이 끊임없이 개발되고 있는 스마트홈 기술 특성을 반영하기에는 한계가 있다. 왜냐하면 특허는 심사와 기술적 복잡성 및 다국적 출원과 상업적 비밀 보호에 관련된 법적 절차 등의 이슈로 등록에 긴 시간이 소요되기 때문이다. 특허에 있어 최초 출원과 특허 등록에 소요되는 기간은 평균 2~4년이며 최대 5년까지 걸릴 수 있다(Murray and Stern, 2007).

한편, 최근에는 최신 기술 동향 파악을 위해 실시간으로 소프트웨어가 반영되는 깃허브 기반의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 깃허브는 세계적으로 약 1억 명의 개발자가 소스 코드를 개발 및 저장하고 프로젝트를 관리하는 대표적인 소프트웨어 저장소로 깃허브의 오픈소스는 누구나 개발에 참여할 수 있다(github.blog, 2023). 또 깃허브는 실시간으로 코드가 반영되어 최신기술 정보를 보유하고 있다(Munaiah *et al.*, 2017). 깃허브는 2억개 이상의 깃 저장소를 보유하고 있으며, 이곳에는 수많은 오픈소스 소프트웨어들이 레포지토리(repository) 단위로 관리된다(Kalliamvakou *et al.*, 2016). 따라서 기존에는 레포지토리의 리드미(readme) 파일의 텍스트 데이터에서 토픽을 추출하고, 이를 바탕으로 비슷한 토픽을 가진 레포지토리를 분류한 후 새로운 레포지토리의 주제를 파악하거나, 특정 주제에 대한 기존 레포지토리를 정량적으로 분석하는 연구가 진행되었고(Sharma *et al.*, 2017), Valerio(2017)는 깃허브 기반 연구 증가와 소프트웨어 엔지니어링에 대한 깊은 이해를 기반으로 깃허브에서 데이터를 추출하는 방법과 결과를 제시하였다. 특히 빠르게 성장하고 있는 인공지능 기술 분야에서는 매년 수천 편의 연구 실적이 발표되고, 관련 오픈소스 데이터가 실시간 공개되고 있다(Zhang, 2019). 이에 Chong(2019)은 깃허브 인공지능 프로젝트 토픽 정보를 대상으로 텍스트 마이닝을 적용하여 기술개발 동향을 상세하게 파악하였으며, 인공지능 기술을 응용 분야, 개발 도구, 알고리즘, 프로그래밍 언어의 4개 범주로 구분하였다. Lee and Lee(2020)는 깃허브 프로젝트 데이터를 활용하여 인공지능 프로젝트 네트워크를 구성하고 7가지 인공지능 기술 분야를 분류하였으며, 도출된 기술별 유형을 분석하고 향후 기술을 예측하였다.

한편 스마트홈 산업에 있어, 소프트웨어는 핵심 요소이며 연결 표준인 매터가 깃허브에서 오픈소스로 개발 및 배포되고

있으나 깃허브의 데이터를 기반으로 한 연구는 수행된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 스마트홈 최신 동향 파악을 위해 실시간 연구개발 현황이 반영되는 깃허브 오픈소스 데이터를 활용한다. 오픈소스 프로젝트 네트워크를 구성하여 스마트홈 핵심 프로젝트를 도출하고, 클러스터링과 유형 분류를 통해 스마트홈 기술을 실증적으로 분석한다.

### 3. 연구 방법

#### 3.1 데이터 수집

스마트홈의 사물 인터넷 장치 연결 기술 표준인 매터는 다양한 클래스의 사물 인터넷 장치 간의 상호 운용성을 향상시키기 위한 목적으로 생성 되었으며(csa-iot.org, 2021), 다양한 생태계의 스마트 기기와 플랫폼의 원활한 상호 동작을 보장한다. 이 표준은 CHIP(Connected Home over IP)이 근간이며, CHIP은 2019년, 사물인터넷 대기업인 애플, 아마존, 구글, 삼성전자 및 글로벌 표준 연합(CSA: Connectivity Standards Alliance, 이전 Zigbee Alliance)에 의해 출시되었고, 2021년에 매터로 명칭이 변경되었다. 표준을 준수하는 제조업체는 매터 장치를 다른 제조업체의 장치와 연결하여 사물인터넷 인프라의 유용성과 속도를 향상시킬 수 있다. 소비자는 장비가 동일한 표준을 따르는 경우 스마트홈에 연결하기 위해 다른 인터페이스를 사용할 필요가 없으며, 단일 앱을 사용하여 모든 매터 장치와 연결 할 수 있다. 따라서 매터는 장치 제조업체와 업체 사용 기술에 관계없이 스마트홈 장치 전반에 걸쳐 상호 운용성, 보안 및 사용 편의성을 향상시킨다(Zegeye *et al.*, 2023). 특히 매터는 로열티가 없으며 전체 연결 표준은 깃허브에서 모든 개발자가 자유롭게 볼 수 있도록 개발 및 운영되고 있다.

이에 본 연구는 매터 프로젝트를 중심으로 스마트홈의 기술 구조를 분석한다. 깃허브 내에서 매터 프로젝트 및 관련 프로젝트는 <Figure 1>과 같은 구조를 가진다. 모 프로젝트인 매터(프로젝트명: connectedhomeip)에 참여하는 많은 개발자들이 존재한다. 가장 왼쪽부터 살펴보면 애플사의 소속인 개발자 carol-apple와 Anshul Jain, 구글사의 소속인 개발자 Andrei Litvin 등이 포함되어 있다. 본 연구에서는 깃허브에서 2023년 2월 매터 프로젝트에 참여 중인 298명의 개발자들과 해당 개발자들이 기여한 프로젝트 데이터를 추출하였다. 관련된 프로젝트 리스트와 각 프로젝트를 설명할 수 있는 데이터 추출에는 깃허브가 제공하는 인터페이스인 API(application programming interface)를 활용하였다. 298명의 기여 개발자를 기준으로 API에 의해 수집된 프로젝트는 총 570개였으며 데이터 중복을 제거하고 두 명 이상 개발자가 참여하는 프로젝트를 선별하였다. 또한 최신 기술 동향을 분석하기 위해 최근 1년 동안 수정 이력이 있는 프로젝트로 분석 범위를 한정하고, 전문가의 의견을 반영하여 스마트홈과 연관성이 적은 프로젝트는 배제하였다. 그 결과 조직 프로젝트 127와 개인 프로젝트 17개로

구성된 총 144개의 프로젝트 데이터를 확보하여 데이터베이스를 구성하였다. 깃허브로부터 프로젝트명(project name), 개발언어(language), 개발자(contributor), 리드미(readme), 커밋(commit), 스타(star), 소유자(owner), 생성 일자(create date), 수정 일자(update date), 릴리즈 횟수(release count) 등 다양한 상세 정보를 추출하였으며, 본 연구에서 활용한 깃허브 데이터에 대한 설명은 아래 <Table 1>에 요약하였다.

### 3.2 개발자 커플링 기반 네트워크 구축 및 클러스터링

본 연구는 개발자 커플링(developer coupling) 지표를 이용하여 프로젝트 간 연관관계를 측정하였다. 개발자 커플링은 계량서지 분석에서 이용되는 서지 커플링(bibliographic coupling)을 프로젝트 네트워크 분석에 맞게 변형한 것이다. 서지 커플링 분석은 두 논문 간 공통으로 이용된 참고문헌(reference)수가 많은 논문 간의 유사성이 높다고 가정하며, 이를 바탕으로 논문 또는 특허

간 관계를 측정하여 네트워크를 구축하고 클러스터링을 진행함으로써 각 도메인의 상세한 연구 주제를 추출할 수 있다 (BKessler, 1963; Zhao and Strotmann, 2008; Iscarro and Giupponi, 2014; Yang *et al.*, 2016).

개발자 커플링은 동일한 개발자가 다른 두 프로젝트에 참여하여 소프트웨어를 개발하는 것을 말하며, 이는 개발자의 전문성을 고려하였을 때 두 프로젝트의 기술적 유사성이 높다는 것을 의미한다(Lee and Lee, 2020). <Figure 2>는 프로젝트 간 개발자 커플링 관계의 예시를 나타낸 것이다. 예를 들어 개발자 2명 (Developer 1, Developer 6)이 프로젝트 B와 프로젝트 C 모두에 참여하고 있으므로 프로젝트 B와 C의 개발자 커플링 수는 2가 된다. 이와 같은 방식으로 개발자 커플링 행렬을 도출할 수 있고, 이를 바탕으로 프로젝트 간 네트워크를 생성한다.

네트워크 분석은 노드간 관계를 기반으로 전체 네트워크 구조를 파악하는 방법이며, 이를 통해 개별 노드의 중심성 같은 기본적인 수치 특성 분석과 클러스터링을 통한 노드 서브그룹

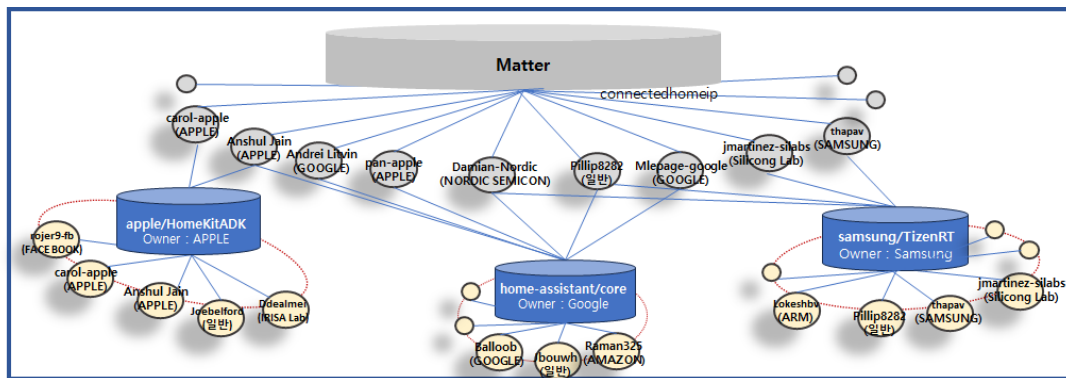


Figure 1. Structure of Matter Project and Related Projects

Table 1. GitHub Attributes

| Attribute   | Description   |
|-------------|---|
| Repository  | A tool designed for task and project management within a specific repository. It provides features to help project teams track, organize, and collaborate on their work.  |
| Contributor | An individual or a developer who has made contributions to a specific project or repository. Contributors are those who have actively participated in a project by submitting code, raising issues, contributing to discussions, creating and improving documentation, and submitting pull requests.  |
| Owner       | The individual or organization that possesses and manages a specific repository. The owner, whether it be a GitHub user or an organization, is responsible for creating and maintaining the repository, managing its primary permissions and settings, and overseeing activities such as reviewing and integrating code changes into the repository.  |
| Star        | A marker that users can apply to a specific repository to express their interest or importance. It serves as a way for users to bookmark repositories they find noteworthy or want to keep track of. When a user stars a repository, it not only indicates their personal interest but also adds that repository to a list of starred repositories on their GitHub profile for easy access later. |
| Release     | A specific snapshot or version of a software project that is made available to users. It is a way for developers to package a set of changes, improvements, new features, and bug fixes into a cohesive and stable release for distribution. Releases are typically assigned version numbers (e.g., v1.0.0) to indicate their place in the project's version history.                             |
| Language    | Programming language primarily used in a specific repository. GitHub automatically detects and displays the dominant programming language(s) in a repository based on the file extensions and content within that repository. This information is useful for users to quickly identify the technology stack of a project and understand the languages involved.                                   |

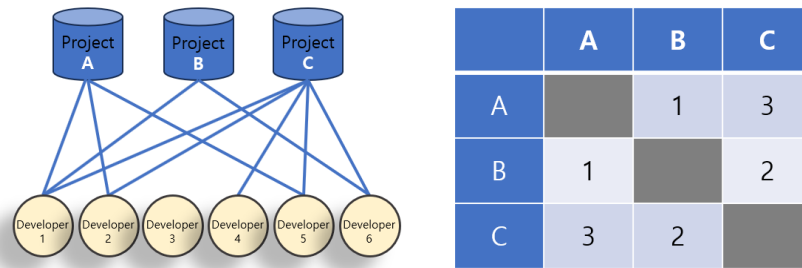


Figure 2. Example of Developer Coupling

(subgroup) 구조를 파악할 수 있다(Choi *et al.*, 2006). 본 연구에서는 스마트홈 기술 네트워크상의 주요 프로젝트를 도출하기 위해서 중심성(degree centrality)을 측정한다. 중심성(centrality)은 네트워크 상에서 특정 노드의 상대적 중요성을 나타내는 척도로, 연결 중심성(degree centrality), 근접 중심성(closeness centrality), 매개 중심성(betweenness centrality), 위세 중심성(eigenvector centrality) 등 다양한 유형의 중심성 지표가 존재한다. 본 연구에서는 네트워크 내 영향력의 직접적인 지표로서 가장 널리 활용되는 연결 중심성을 기준으로 프로젝트의 중요도를 측정하였다. 노드  $i$ 의 연결 중심성( $C_i$ )은 아래와 같이 계산된다(Freeman, 1979). 여기서  $K_i$ 는 노드가 가진 연결된 노드의 수,  $N$ 은 전체 노드의 수이다.

$$C_i = \frac{k_i}{N-1}$$

스마트홈 기술 네트워크 상에서 기술 클러스터를 도출하기 위

해 루뱅(Louvain) 기법을 활용하였다. 루뱅 기법은 대규모 네트워크에서 밀접하게 연결된 노드들의 그룹을 하위 커뮤니티(community) 또는 클러스터로 구분한다. 이 기법은 특히 대규모 네트워크에서 커뮤니티를 효율적으로 추출할 수 있는 장점이 있고(Blondel *et al.*, 2008), 계산 시간과 모듈성(modularity) 측면에서 모두 타 그룹 탐지 방법에 비해 뛰어나므로(Blincoe *et al.*, 2015), 이 연구에서도 루뱅 기법을 이용하여 스마트홈 오픈소스 프로젝트 네트워크 내 기술 클러스터를 도출한다.

## 4. 스마트홈 기술 네트워크

### 4.1 스마트홈 기술 네트워크 구축

수집된 깃허브 데이터로부터 개발자 커풀링 관계를 측정하여 스마트홈 기술 네트워크를 구축하였다. 네트워크 시각화 및 분석 소프트웨어인 Gephi를 이용하여 도출된 스마트홈 기술 네트워

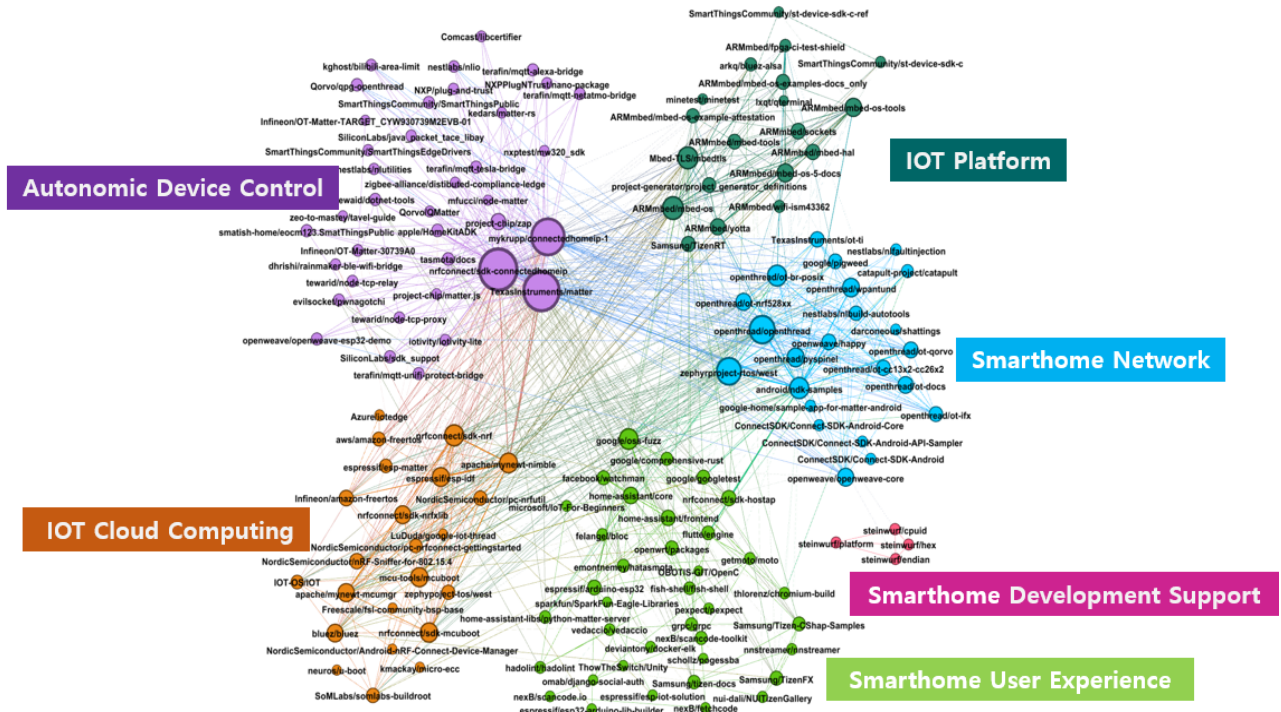


Figure 3. Smarthome Technology Network

Table 2. Major Smarthome Projects In Terms of Degree Centrality

| Rank | Project                            | Degree Centrality | Name              | Description  |
|------|------------------------------------|-------------------|-------------------|--|
| 1    | nrfconnect<br>/sdk-connectedhomeip | 0.36              | Nordic<br>Semicon | Frequently updated is a chip data model for Autonomic Device Control : Matter SDK maintained by Nordic Semiconductor   |
| 2    | Texas Instruments<br>/matter       | 0.33              | TI                | Recently updated function is the flash memory sections, fix of OTA & Update lighting app for sensor/ chip/ device control : TI fork of the Connectivity Standards Alliance repository and maintain |
| 3    | mykrupp<br>/connectedhomeip-1      | 0.33              | SiliconLabs       | Mainly reflected is to add device (light switch example) to CI : Silicon Labs fork of the Connectivity Standards Alliance connectedhomeip repository and maintain                                  |
| 4    | zephyr-rtos/openthread             | 0.25              | Zephyr prj        | The latest modification is to add code to support TCP Fast Open without cookies for security purposes.   |
| 5    | openthread<br>/openthread          | 0.25              | Google            | Thread for networking protocol, OS and platform agnostic, Certified Component  |

크는 <Figure 3>과 같다. 노드의 크기는 노드 연결 수에 비례하고 엣지의 굵기는 개발자 커널링 수에 비례한다. 네트워크 노드수는 144개, 밀도(density)는 0.083이며 노드의 평균 연결 수는 11.917개이다. 프로젝트 이름은 소유자와 같이 표기하여 분석 시 해당 프로젝트 보유기업, 재단 등을 같이 살펴볼 수 있도록 하였다. 소유자와 프로젝트 명칭은 깃허브에서 사용하는 표기를 그대로 사용하였다. 예를 들어 페이스북(Facebook)이 운영하는 watchman 프로젝트는 'Facebook/watchman'으로 표기한다.

연결 중심성 기준 상위 다섯 개의 프로젝트 정보를 <Table 2>에 정리하였다. 연결성 부문에서 상위 5 개의 프로젝트는 모두 오픈 타입(owner type)이 Organization으로, 재단, 기업 등 단체에서 운영하는 프로젝트이다. 특히 노르딕 반도체, 텍사스 인스트루먼트, 실리콘 랩스(Silicon Labs)는 모두 반도체 회사이며, 이것은 스마트홈 기술에서 가장 먼저 그리고 효과적으로 정보를 전달하고 있는 조직이 반도체 회사를 알 수 있게 한다. 특히 그 중 최상위 프로젝트는 BLE(Bluetooth low energy)기술 분야의 무선 통신 솔루션으로 유명한 노르웨이 반도체 회사 노르딕 반도체의 nrfconnect / sdk-connectedhomeip이며, 이 프로젝트는 매터 표준에서 언급하는 모든 표준을 커버한다. 두 번째로 중심성이 높은 프로젝트도 역시 반도체 회사인 텍사스 인스트루먼트가 관리하는 TexasInstrument/Matter인데, 주로 플래시 메모리 섹션과 지속적인 소프트웨어 업데이트를 위한 OTA(over the air), 센서, 칩 및 기타 장치를 제어하기 위한 기술 프로젝트이다. 이는 임베디드 프로세서, 센서, 무선 IC 뿐 아니라 최근 다양한 소프트웨어 솔루션을 개발하여 전 세계에 공급력을 확장하고 있는 텍사스 인스트루먼트의 위상에 부합한다. 주요 프로젝트에 반도체 회사들이 운영하는 프로젝트들이 많으므로, 현재까지는 전체적인 스마트홈 기술의 근간은 칩을 이용한 제어와 통제에 있다는 것을 알 수 있다.

#### 4.2 스마트홈 기술 클러스터 도출

네트워크 노드들을 서브그룹으로 클러스터링하여 분할하

고 각 그룹의 특성과 상호작용을 파악하면 네트워크의 전반적 구조를 분석하는데 도움이 된다(Xu *et al.*, 2007; Malliaros and Vazirgiannis, 2013). 또, 이런 클러스터링 기법으로 도출된 하나의 기술 클러스터에 포함되는 프로젝트들은 서로 밀접한 기술이라 볼 수 있다. 본 연구에서는 루빙 클러스터링 기법을 활용하였다. 이 기법에서 선택 가능한 해상도(resolution) 옵션은 클러스터가 명확히 구분될 수 있도록 1.5로 설정하여 <Figure 3>와 같이 도출하고 클러스터명은 프로젝트 특성을 고려하여 명명하였다. 클러스터 분석은 이 6개 클러스터를 대상으로 수행하였는데, 구분된 클러스터의 요약 정보는 <Table 3>에 나타내었다. 클러스터링 수행과 분류된 기술의 시각화는 지파이를 활용하였다.

첫 번째 Smarthome User Experience 관련 기술이 26.4%로 가장 많은 비중을 차지한다. 이는 고객의 사용 편의성을 극대화시키기 위해 스마트홈의 상태를 검색하고 제어하는 기술들이다. 여기에는 이러한 기능들을 자동 관리하고 통합 구성하는 기술도 포함된다. 스마트홈은 사물인터넷 활용이 가능한 새로운 환경이며 따라서 스마트홈을 구현하려면 인간, 물리적 사물, 사용자 상호 작용 간의 원활한 통합이 필요하다. 이 클러스터에는 스마트홈 환경을 더욱 자연스럽고 현실감 있게 만들기 위한 기술들이 존재한다. 다양한 종류의 논리적, 물리적 스마트홈 활동이 가능한 세계를 구축하여 수많은 가전제품, 센서, 인간 활동을 다양한 방법으로 유연하게 연결하는 기술들이다(Seo *et al.*, 2016). 구글의 home-assistant/core와 home-assistant/frontend는 다양한 OS 및 플랫폼에 구애받지 않는 인증을 제공하여 구글 홈어시스턴트의 UI(user interface)를 쉽게 개발하도록 지원하는 프로젝트이다. 페이스북에서 운영하는 watchman은 사물에 변화 정보를 주시하고 그 결과로 스마트 단말기 또는 센서들이 그들이 처한 환경을 스스로 모니터링하고 필요한 활동을 할 수 있도록 지원하는 기능을 제공한다. 이는 다양한 조건과 방법을 통해 스마트홈을 구현할 수 있도록 지원하는 것이고, 개발자들의 관심도가 가장 높은 분야이다. 최종 사용자와 가장 가까운 위치에서 사용자 편의성을 높이는

Table 3. Smarthome Technology Clusters

| No | Tech cluster (Portion)                | Description   | Major Projects   | Major Organization                                 |
|----|---------------------------------------|---|--|--|
| 1  | Smarthome User Experience (26.4%)     | Smart home status search and control, automated management, and integrated configuration technology for maximize customer convenience                             | home-assistant/core, home-assistant/frontend, Facebook/watchman, espressif/esp-iot-solution        | Google, Facebook, Esspressif                       |
| 2  | Autonomic Device Control (25.7%)      | Comprehensive technologies for devices to autonomously sense environmental changes with low power and perform high-performance control                            | nrfconnect /sdk-connectedhomeip, TexasInstruments/matter, mykrupp/connectedhomeip-1, nestlabs/nlio | Nordic Semi, TI, Silicon Labs, NestLabs            |
| 3  | Iot Cloud Computing (16.0%)           | Technology that supports data storage, computing power/resource provision, and service distribution to process large amounts of information obtained from devices | Azure/iotedge, aws/amazon-freertos, apache/mynewt-nimble, espressif/esp-idf                        | MicroSoft, AMAZON, ASF, Espressif Sys.             |
| 4  | Smarthome Network (16.0%)             | NW layer solution, which is a related technology to achieve connectivity, which is an essential requirement for smart homes (ex) Bluetooth stack, etc.            | zephyrproject-rtos/west, openthread/openthread, openweave/openweave-core                           | Zephyrproject (Linux Found), Openthread, Openweave |
| 5  | Iot Platform (13.2%)                  | Smart home standard that ensures compatibility between various heterogeneous devices and services   | ARMmbed/mbed-os, Samsung/TizenRT   | ARM, Samsung                                       |
| 6  | Smarthome Development Support (2.10%) | Technology that supports developers' coding/debugging ex CPU capabilities, buffer, hex dump   | steinwurf/cpuid, steinwurf/endian  | Steinwurf ApS                                      |

기술들이 가장 높은 비중을 차지한다는 것은 이 기술들을 가능하게 하는 하위 단의 기본적인 통신이나 제어의 표준들이 특화된 업체에 의해 완성되었기 때문이다.

두 번째 Autonomic Device Control 관련 기술은 25.7%를 차지하고 있으며, 디바이스가 환경 변화를 저전력으로 자율 센싱 하고, 고성능으로 제어하기 위한 제반 기술을 포함하고 있다. 자율적으로 이종의 단말을 모니터링하고 통제하는 일은 디지털 서명이 기본으로 필요하며, 고유한 기기 ID(identification)를 자격증명으로 이종 단말을 고유하게 식별하고 액세스 제어와 같은 보안 관리를 포함한다. 최근에는 블록체인을 이용해서 단말 ID를 활성화하는 기술들도 개발되고 특허로 등록되고 있다. 이 분야 주요 프로젝트는 노르딕 반도체의 nrfconnect/sdk-connectedhomeip이며 여기에서는 자율 장치 제어를 위한 칩 데이터 모델을 개발하고, Matter SDK(software development kit)에서는 일반 개발자들이 쉽게 칩 제어를 할 수 있도록 지원하고 있다. 텍사스 인스트루먼트에서 관리하는 TexasInstruments/matter는 플래시 메모리 섹션, OTA 수정 및 센서/칩/장치 제어 프로젝트이다. Autonomic device control이 두 번째로 많은 비중을 차지한 것은 스마트 디바이스들의 스마트한 동작 제어 또는 상위의 지능적인 동작 제어가 스마트홈의 근간 기술이기 때문이다. 이 기술은 스마트 디바이스의 자율 제어와 디바이스간의 원활한 연결을 가능하게 한다.

세 번째는 16.0%의 비중을 차지하는 클러스터인 Iot Cloud

Computing이다. 여기에는 디바이스로부터 획득되는 대량 정보를 처리하기 위한 데이터 스토리지 및 컴퓨팅 파워/리소스 제공, 서비스 배포 지원 기술이 포함된다. 사물인터넷이 스마트홈, 스마트빌딩, 스마트도시와 같은 차세대 스마트 환경으로 진화하는데 미치는 영향은 사물인터넷과 클라우드 컴퓨팅 기술의 효율적 통합에 달려 있다. 중앙 집중식 클라우드 아키텍처는 연결된 장치 및 사물인터넷 서비스 수가 폭발적으로 증가할 것으로 예상되므로 컴퓨팅 및 스토리지 리소스는 몇 개의 대규모 데이터 센터로 통합되는 경향이 있다. 이는 필연적으로 과도한 네트워크 로드, 엔드 투 엔드 서비스 지연, 그리고 전반적인 전력 소비를 가져올 수 있다. 따라서 최근 네트워크 가상화 및 프로그래밍을 통한 고도의 분산 클라우드 네트워킹 아키텍처는 스마트 환경에서 차세대 사물인터넷 서비스를 효율적으로 호스팅, 관리하고 최적화할 수 있는 유망한 솔루션이다(Barcelo *et al.*, 2016). 이 아키텍처 서비스를 제공하는 대표적인 조직은 아마존과 마이크로소프트인데, 이 두 조직은 각각 AWS(Amazon web service)와 Azure를 서비스하고 있다. 이 기술 영역은 최근에 중요성이 높아지고 있지만, 물리적이고 가상적인 거대 인프라를 운영할 수 있는 조직은 한정되어 있다. 또한 이 조직들은 그들의 영향력 확대를 위해 각각의 생태계를 만들고 있다는 이슈도 있다.

네 번째는 16.0%의 비중을 차지하는 Smarthome Network이다. 이 클러스터는 스마트홈의 필수 조건인 커넥티비티

(connectivity)를 달성하기 위한 네트워크 레이어 솔루션(network layer solution)이라고도 불릴 수 있으며 대표 기술로 블루투스 스택(Bluetooth stack)이 있다. 가장 전통적인 기본 기술이므로 안정화된 기술이나, 이종간 호환성의 지속 확대, 보안 강화 등을 위해 꾸준히 개선 기능을 배포한다. 관련된 대표 조직으로는 리눅스 파운데이션(Linux foundation)에서 운영하는 Zephyrproject와 Openthread, Openweave 등이 있고, 담당 프로젝트인 zephyrproject-rtos/west, openthread/openthread, openweave/openweave-core는 사물인터넷 제품을 위한 IP기반 저전력 메시 네트워크에 관련된 기술이다.

다섯 번째 Iot Platform 클러스터는 13.2%의 비중을 차지하고 있으며 다양한 디바이스, 서비스 간 상호 호환성을 보장하는 스마트홈의 표준 기술들을 포함한다. 하위 단에서는 하드웨어 추상화를 이용하여 다양한 하드웨어 자원의 효율화, 실시간성, 연결성을 지원하고, 상위 단에서는 보안을 접목한 생태계 통합 어플리케이션 소프트웨어 등 스마트홈 구성의 표준 구조를 제시한다. 대표적인 프로젝트인 삼성 TizenRT는 저사양 사물인터넷 기기를 지원하는 경량 RTOS 기반 플랫폼으로써, 위에서 언급한 기능들을 포괄적으로 지원하고 있다. 또, ARM에서 관리하는 ARMmbed/mbed-os 프로젝트도 사물인터넷을 위해 설계된 대표적인 플랫폼 운영체제라고 볼 수 있다. 비록 이 클러스터는 프로젝트 수가 상대적으로 많지 않지만, 지속적으로 진화하고 변경되는 스마트홈 구성 항목들의 표준을 제시한다. 또한, API 제공 역할을 하고 있어서 많은 개발자들의 관심을 받으며, 프로젝트 관리 조직도 수시로 개발 및 개선하는 클러스터라고 할 수 있다.

마지막으로 Smarthome Development Support는 2.10%의 비중으로 가장 적은 클러스터인데, 개발자들의 코딩과 디버깅 기술을 지원하는 프로젝트들이 배치되어 있다. 주요 기능은 CPU Capabilities 측정, Buffer 확인, Hex Dump수행 등이며, 프로젝트로는 steinwurf/cpuid와 steinwurf/Endian가 대표적이다. 이 클러스터는 역할이 명확하지만, 다른 클러스터 연계성과

개발 조직도 적어 개선과 변경이 상대적으로 적은 분야이다.

### 5. 스마트홈 기술 매트릭스

제4장에서 도출된 기술 클러스터들은 스마트홈 기술 생태계를 구성하는 하위 기술로서 스마트홈 산업의 발전에 핵심적인 역할을 수행하고 있지만, 클러스터 구성 자체만으로는 기술적 특성을 파악하기 어려워 구체적인 기술 전략 수립에 활용되기 어렵다. 이에 본 연구에서는 스마트홈 기술 매트릭스를 구성하여 프로젝트의 유형을 분류하고, 이를 바탕으로 스마트홈 기술 클러스터의 기술적 특성을 분석한다.

스마트홈 프로젝트는 다수의 기업이 일반 사용자, 개발자, 타 기업들에게 표준을 적시에 제공하고, 개발 편의성을 지원하기 위한 목적으로 진행되고 있다. 따라서, 시장에 개선 기능을 배포하는 릴리즈와 개발자 관심에 따른 스타 수를 기준으로 프로젝트 상태 및 유형을 파악하는 것이 적합하다. 분석을 위해서 깃허브에서 수집한 릴리즈와 스타 수를 활용하였다. 스타 수는 프로젝트 개발자들이 “좋아요”를 선택한 것이므로 프로젝트의 인기(popularity)를, 릴리즈 수는 개발자들이 소스 코드 개발 결과를 반영한 후 외부 시장에 공개 전달한 횟수이므로 프로젝트의 활동(activity)을 나타낸다. 각 프로젝트의 스타 수와 릴리즈 수를 -1과 1 사이로 정규화하여 4사분면에 배치함으로써 스마트홈 기술 매트릭스를 구성할 수 있다. 이 때, 프로젝트의 버블 크기는 중심성을 곱하여 결정함으로써 개별 프로젝트의 영향력을 시각화에 반영하였다. <Figure 4>는 도출된 스마트홈 기술 매트릭스를 나타낸 것이다.

4개의 유형은 제1사분면부터 반 시계 방향으로 Trending Innovators, Established Standards, Dynamic Evolvers, Hidden Gems로 명명되었다. 먼저 Trending Innovators 유형은 사용자와 개발자들 사이에 주목을 받고 있으며, 시장 배포도 많은 경우인데, 개발 후 시장 릴리즈 활동이 활발하여 시장의 관심을

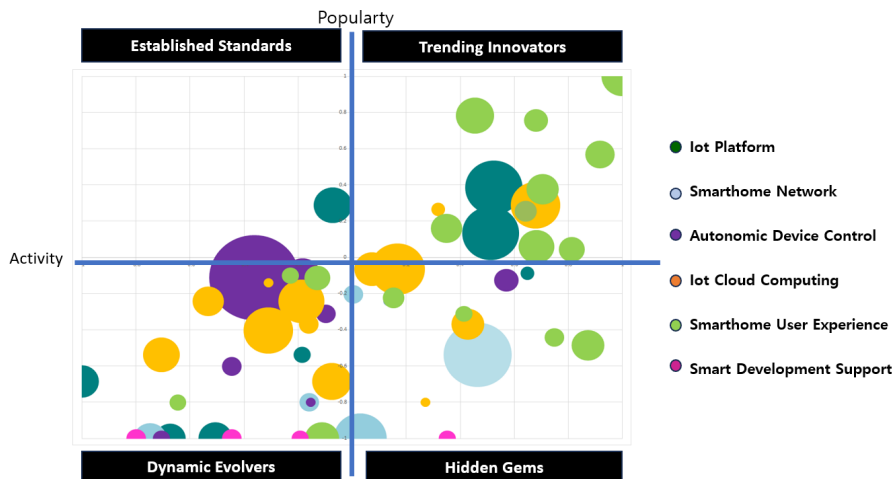


Figure 4. Smarthome Technology Matrix



받고 있는 기술이다. 두 번째 Established Standards 유형은 인기도는 높는데 시장 릴리즈가 활발하지 않다. 이는 성숙한 표준 기술로 많은 사람들의 관심을 받으나, 더이상 개선 또는 변경이 적은 기술이다. 세 번째로 Dynamic Evolvers 유형은 시장에 최근 배포된 신기술이거나 더 이상 사용되지 않아 사장되는 기술로 <Figure 4>에서 좌하단 모서리 가까이 위치한다. 프로젝트가 생성된 지 5년 이내라면 확산 중인 기술이며, 5년이 지났는데 여전히 인기, 코드 개선 활동, 시장 배포가 적다면 소멸되는 기술로 볼 수 있다. 마지막으로 Hidden Gems 유형은 특정 개발자들만을 중심으로 활발히 성장하는 기술로 잘 알려지지 않은 기술이라고 볼 수 있다. 이 유형의 경우 개발 활동은 빈번하지만 인기는 상대적으로 낮다. 이상 기술 매트릭스 상의 네 가지 유형으로 구분된 프로젝트들의 기술 클러스터별 분포를 <Table 4>에 나타내었다.

Trending Innovators 유형은 Smarthome User Experience와 Iot Platform 클러스터에서 두드러진다. 이 기술들은 개발자 관심과 시장 릴리즈가 많은 프로젝트인데, 페이스북, 삼성, ARM이 대표적 오픈 조직이다. 이 유형의 기업들이 현재 시장에서 받는 관심과 활발한 기업 활동은 실제 스마트홈 산업 성장에 직접적으로 긍정적 영향을 줄 수 있다. 따라서 아래 3가지 전략에 집중할 필요가 있다. 먼저 기술 혁신의 지속이다. 특히 사용자 경험 기반 기술측면에서, 기기에 증강현실(augmented reality: AR)과 가상현실(virtual reality: VR)의 접목 시도와 같이 새로운 기능이나 서비스를 개발하여 시장의 관심을 확보하는 것이 필요하다. 둘째, 기존의 성공 활동을 기반으로 시장과 고객 확장 전략을 구사해야 한다. 특히, 얼리 어댑터뿐만 아니라 노약자 고객까지도 쉽게 사용 가능한 기술 확보가 필요하다. 마지막으로 파트너 협력을 강화해야 한다. 다른 기업과 기술 협력을 통해서 상호 보완 기술을 개발하고 마케팅 협력을 통해 새로운 시장 기회를 창출하는 것이 중요하다. 다양한 파트너 협력에 따른 새로운 기술과 지식을 공유하는 혁신을 촉진하고, 호환성을 강조한 시장 공동 진입은 새로운 제품과 서비스를 보다 신속히 소비자에게 제공할 수 있다. 또한 이를 통해 형

성된 폭넓은 네트워크는 신규 비즈니스 기회 모색과 신규 시장 진출에 큰 도움이 될 수 있다.

Established Standards 유형은 Iot Platform 클러스터의 이전 표준, 지침, 지원, 가이드와 같은 소수 프로젝트가 해당된다. 이 프로젝트에는 과거 표준이어서 현재는 업데이트 없이 참조만 되는 SW module build/share가 있는데, 리드미에도 리드온리(read-only)로 명기되어 있다. 위 프로젝트는 사용하지 않는 이전 표준으로 향후에는 사용이 재개되지는 않을 것으로 예상된다. 하지만, 이 유형에 속하는 기업들도 시장 차별화와 그에 따른 매출 증대 기회를 찾기 위해서는 고객 충성도를 강화하고 기존 제품이나 서비스에 부가가치를 창출하는 새로운 기능 등을 추가하는 노력이 필요하다.

Dynamic Evolvers 유형의 주요 클러스터는 Autonomic Device Control, Iot Cloud Computing, Development Support이다. 이중 두 개 프로젝트는 3년 된 신생 프로젝트로서 지속적으로 성장하고 있는 프로젝트라고 볼 수 있다. 이 유형에 속하는 기업은 자동과 자율이 적용된 제품들의 시장 인지도를 높이기 위한 마케팅과 브랜딩 활동에 집중해야 한다. 이 유형에 속한 스마트홈 대표 반도체 제조 기업들은 이런 기능을 다양한 분야에 적용하여 신규 성공 사례를 창출하고 이를 통한 시장 확장에 주력해야 한다. 또한 이 기술은 성장과 진화를 촉진을 위한 장기적 연구개발 투자가 중요하다.

Hidden Gems 유형은 Smarthome Network 클러스터에서 주로 나타난다. 이 영역 기술들은 보편적 표준으로 일찍 자리 잡아서 개발자들이 신경 쓰지 않아도 되도록 관련 프로젝트에 이미 포함된 경우가 많다. 대표적으로 라우터(router), 네트워크(network), 프로토콜(protocol)이 있다. 이 기술들은 개발자들이 프로그램 할 때 직접 사용하기 보다는, 보편적으로 사용하는 일반 모듈이 해당 기술들을 내포하고 있기 때문에 상대적으로 인지도가 낮고 인기가 적다. 이 유형에 속한 기업은 대상 고객에 맞춰 특정 전략을 실행할 필요가 있다. 특정 전략이란 니치 시장을 의미할 수도 있는데, 그 한정된 시장에서 우위를 확보해야 한다. 하지만 이 유형은 스마트홈을 구성하는 근간

Table 4. Project Distributions in the Smarthome Technology Matrix

| Technology clusters       | Trending Innovators |         | Established Standards |         | Dynamic Evolvers |         | Hidden Gems |         |
|---------------------------|---------------------|---------|-----------------------|---------|------------------|---------|-------------|---------|
|                           | project             | portion | project               | portion | project          | portion | project     | portion |
| Iot Platform              | 67                  | 44.4%   | 15                    | 9.9%    | 66               | 43.7%   | 3           | 2.0%    |
| Smarthome Network         | 0                   | 0.0%    | 0                     | 0.0%    | 20               | 19.8%   | 81          | 80.2%   |
| Autonomic Device Control  | 0                   | 0.0%    | 0                     | 0.0%    | 119              | 95.2%   | 6           | 4.8%    |
| Iot Cloud Computing       | 27                  | 15.8%   | 0                     | 0.0%    | 88               | 51.5%   | 56          | 32.7%   |
| Smarthome User Experience | 94                  | 66.2%   | 0                     | 0.0%    | 25               | 17.6%   | 23          | 16.2%   |
| Development Support       | 0                   | 0.0%    | 0                     | 0.0%    | 11               | 78.6%   | 3           | 21.4%   |

기술이 대다수이므로, 마케팅, 홍보, 인지도 향상, 신규시장 탐색과 같은 활동 보다는 기업 및 연구 기관과의 협업을 통해 기술 개발을 가속화 하는 것이 바람직하다.

국가 측면에서 스마트홈 기술 발전 과제는, 각 사분면별 기업들이 그들의 영향력을 넓히고 시장을 확대하기 위한 것과 방향이 다르다. 전체 사분면을 보면, Dynamic Evolvers 가 가장 많고, Trending Innovators가 그 뒤를 잇는다. 국가는 Dynamic Evolvers를 Trending Innovators으로 전환을 지원해서 산업 발전과 시장 확대에 기여해야 한다. 국가는 먼저 스마트홈 주요 기술들의 혁신을 촉진하고, 기업의 시장 진입 장벽을 낮추기 위한 관련 규제 완화와 적절한 정책을 마련해야 한다. 특히 Dynamic Evolvers 기술을 전환시킬 수 있는 규제 완화를 우선적으로 고려해야 한다. 예를 들어 글로벌 생태계와 이용자를 보호하기 위한 에너지 효율과 사용자 데이터 관련 국내외 규제는 Autonomic Device Control, Iot Cloud Computing의 제약이 될 수 있으므로 국내외 국가 간 이슈 해결 방안 마련이 필요하다. 또 대학, 연구소, 기업 간의 협력 촉진을 통해 지식 및 기술 교류를 활성화하고 연구 성과에 대한 상업화 플랫폼을 제공하여 혁신적인 아이디어의 시장 출시도 필요하다.

## 6. 결 론

본 연구에서는 오픈소스로 개발 중인 스마트홈 표준인 매터를 중심으로, 관계된 프로젝트를 도출하여 데이터베이스를 구축하였다. 이후 프로젝트 개발자 커플링 방법을 활용하여 스마트홈 프로젝트 네트워크를 구성하였다. 구성된 네트워크는 분석하여 중심성이 높은 5개의 핵심 프로젝트를 식별하고 특징을 확인하였다. 또 클러스터링 기법을 통해 활발히 개발되는 6개 스마트홈 기술 클러스터를 도출하고 각각의 현황을 분석하였다. 마지막으로 개발자 관심과 시장 배포 데이터 기반으로 프로젝트를 정규화하여 매트릭스를 구축하고 클러스터들이 기술 매트릭스 4개 범주별로 기술을 분석하여 설명하였다. 특히 기술 매트릭스 분석 시에는 관심과 시장배포 외에, 프로젝트 영향도를 추가 반영하여 기술 매트릭스 분석을 수행하였다.

스마트홈 기술은 빠르게 성장하고 있으며, 지속적으로 새로운 분야를 통합해 그 영역을 넓혀 가고 있다. 또한, 다양한 산업의 디지털 기술 결합으로 기술과 사용 영역을 통합하고 산업의 패러다임을 바꾸고 있다. 기업과 국가는 성장 핵심 동력으로 스마트홈 기술을 인식하고 관련 연구개발에 박차를 가하고 있다(nia.or.kr., 2021). 올바른 기업 전략과 국가 정책 수립을 위해 기술 정보가 실시간, 실질적으로 반영된 스마트홈 기술 개발 현황과 주요 기술을 함께 살펴보는 것은 중요하다. 본 연구는 깃허브 오픈소스 데이터의 네트워크 분석을 통해 스마트홈 핵심 프로젝트를 파악하였다. 연구 결과가 공개되며 개발 코드가 실시간 반영되는 깃허브에서 국제 공인 표준 기술인 매터를 기반으로 데이터를 추출하는 기법을 제시하였으며, 최

신 스마트홈 개발 동향을 확인하였다. 또한 클러스터링 방법을 통해 최근 활발히 연구되는 스마트홈 기술 유형을 도출하고 기술 유형의 관련성을 파악하였다. 특히 프로젝트의 영향도를 반영한 기술별 매트릭스를 제시하고 실증적으로 분석하였다. 본 연구를 통해 파악된 스마트홈 기술 구조와 기술 동향, 유형 분석 접근 방법은 기업의 스마트홈 기술 전략 수립과 국가의 스마트홈 연구 정책 수립 시에 활용될 수 있을 것이다.

그러나 본 연구는 추후 연구가 필요한 몇 가지 한계점도 지니고 있다. 첫째, 개방성과 접근성이 필수인 스마트홈 산업 특성상 기술표준인 매터를 대부분 준수하지만, 일부 표준을 따르지 않는 프로젝트들이 있을 수 있으므로 이를 포함하여 분석하는 방안을 찾고 연구를 진행할 필요가 있다. 둘째, 본 연구에서는 깃허브 데이터를 바탕으로 소프트웨어 기술로만 분석 범위를 한정하였다. 향후 스마트홈 기술에서 소프트웨어의 역할이 더욱 증대될 것으로 예상되기는 하지만, 여전히 스마트홈 서비스의 실질적인 구현을 위해서는 하드웨어가 결합되어야 한다. 따라서 스마트홈의 하드웨어 기술 분석이 요구되며, 이는 특허 데이터를 바탕으로 수행될 수 있다. 깃허브 기반의 스마트홈 소프트웨어 기술과 특허 기반의 스마트홈 하드웨어 기술의 연관관계 분석을 수행한다면 스마트홈 기술전략 수립에 의미 있는 시사점을 도출할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- Andersen, L. O. (1994), *Program Analysis and Specialization for the C Programming Language*, DIKU, University of Copenhagen Universitetsparken 1, DK-2100 Copenhagen Ø Denmark.
- Barcelo, M., Correa, A., Llorca, J., Tulino, A. M., Vicario, J. L., and Morell, A. (2016), IoT-cloud service optimization in next generation smart environments, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, **34**(12), 4077-4090.
- Biscarro, C. and Giupponi, C. (2014), Co-Authorship and Bibliographic Coupling Network Effects on Citations, *PLoS one*, **9**(6), e99502.
- Blincoe, K., Harrison, F., and Damian, D. (2015), Ecosystems in GitHub and a method for ecosystem identification using reference coupling, *2015 IEEE/ACM 12th Working Conference on Mining Software Repositories*, 202-211.
- Blondel, V. D., Guillaume, J. L., Lambiotte, R., and Lefebvre, E. (2008), Fast unfolding of communities in large networks, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, **2008**(10), P10008.
- Byeon, K. H. (2016), *A Study on IoT Research Trends by Statistical Analysis of Patent and Research Paper Databases*, Dept. of Electrical, Electronics & Computer Engineering, Graduate School of Industry and Information, Dong-A University Busan, Korea.
- Choi, J. H., Barnett, G. A., and Chon, B. S. (2006), Comparing World City Networks: A network analysis of Internet backbone and air transport intercity linkages, *Global Networks*, **6**(1), 81-99.
- Chong, J., Kim, D., Lee, H. J., and Kim, J. W. (2019), A Study on the Development Trend of Artificial Intelligence Using Text Mining Technique : Focused on Open Source Software Projects on Github, *Journal of Intelligence and Information Systems*, **25**(1), 1-19.

- csa-iot.org (2021), Matter, The foundation for connected things, Accessed on: Dec. 11, 2021, /allsolutions/Matter/.
- Cui, H. (2019), *A Case Study of MI Smart Home Growth Strategy In China*, Department of global business Graduate School Yeungnam University, Daegu, Korea.
- Elec4.co.kr (2022), A New Hope for Smart Homes - Matter - Anticipating a New Era, <https://www.elec4.co.kr/article/articleView.asp?idx=30859>.
- Fortunebusinessinsights.com. (2023), <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/smart-home-market-101900>.
- Freeman, L. C. (1979), Centrality in social networks: Conceptual clarification, *Social Networks*, 1(3), 215-239.
- Github.blog (2023), <https://github.blog/2023-01-25-100-million-developers-and-counting>.
- Hong, S. I. (2020), The Trends in Smart Home Technology, *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, 37(11), 28-35.
- Jeoun, S. S., Kim, S. H., and Lee, H. Y. (2021), Analyzing the Knowledge Ecosystem of the Global Smart Home Industry, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 47(1), 011-022.
- Jie, Y., Pei, J. Y., Jun, L., Yun, G., and Wei, X. (2013), Smart Home System Based on IOT Technologies, *International Conference on Computational and Information Sciences*, 1789-1791.
- Kalliamvakou, E., Gousios, G., Blincoe, K., Singer, L., German, D. M., and Damian, D. (2016), An in-depth study of the promises and perils of mining GitHub, *Empirical Software Engineering*, 21, 2035-2071.
- Kessler, M. M. (1963), Bibliographic coupling between scientific papers, *American Documentation*, 14(1), 10-25.
- Kim, D. H., Kim, H. H., Kim, D. G., and Jo, J. N. (2016), Social network analysis of keyword community network in IoT patent data, *The Korean Journal of Applied Statistics*, 29(4), 719-728.
- Kim, H. Y. (2018), Smart home strategy in the era of the 4th industrial revolution, *Ssangyong Special Planning*, 22-27.
- Lee, W. J. and Lee, H. Y. (2020), A Technology Landscape of Artificial Intelligence: Technological Structure and Firms Competitive Advantages, *Journal of Korea Technology Innovation Society*, 22(3), 340-361.
- Malliaros, F. D. and Vazirgiannis, M. (2013). Clustering and community detection, *directed networks: A survey. Physics reports*, 533(4), 95-142.
- Miao, H., Guo, X., and Wu, F. (2019), Identification of the Technology Convergence in the Field of Elderly Smart Home Based on Louvain Community Discovery Algorithm, *ICISDM '19: Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Information System and Data Mining*, 47-53.
- Moon, J., Gwon, U., and Geum, Y. (2017), Analyzing Technological Convergence for IoT Business Using Patent Co-classification Analysis and Text-mining, *Journal of Technology Innovation*, 25(3), 1-24.
- Munaiah, N., Kroh, S., Cabrey, C., and Nagappan, M. (2017), Curating github for engineered software projects, *Empirical Software Engineering*, 22, 3219-3253.
- Murray, F. and Stern, S. (2007), Do formal intellectual property rights hinder the free flow of scientific knowledge?: An empirical test of the anti-commons hypothesis, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 63(4), 648-687.
- nia.or.kr. (2021), National Intelligent Informatization White Paper, [https://www.nia.or.kr/site/nia\\_kor/ex/bbs/View.do?cbIdx=44086&bcIdx=25094&parentSeq=25094](https://www.nia.or.kr/site/nia_kor/ex/bbs/View.do?cbIdx=44086&bcIdx=25094&parentSeq=25094).
- Park, H. K. (2015), *Patent Trend Analysis for Internet of Things Technologies of Korea and U.S.A Using Text Mining Method*, Yonsei university Dissertation, Seoul, Korea.
- Seo, D. W., Kim, H., Kim, J. S., and Lee, J. Y. (2016), Hybrid reality-based user experience and evaluation of a context-aware smart home, *Computers in Industry*, 76, 11-23.
- Sharma, A., Thung, F., Kochhar, P. S., Sulistya, A., and Lo, D. (2017), Cataloging github repositories, In *Proceedings of the 21st International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 314-319.
- Shim, J. (2016), Analysis of Technology Convergence of 'Internet of Things Patents by IPC Code Analysis, *The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, 9(3), 266-272.
- Valerio, C., Javier, L., Cánovas, I., and Jordi, C. (2017), A Systematic Mapping Study of Software Development With GitHub, *Published in: IEEE Access*, 5, 7173-7192.
- Xu, X., Yuruk, N., Feng, Z., and Schweiger, T. A. (2007), Scan: a structural clustering algorithm for networks, *Proceedings of the 13th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 824-833.
- Yang, S., Han, R., Wolfram, D., and Zhao, Y. (2016), Visualizing the intellectual structure of information science (2006–2015): Introducing author keyword coupling analysis, *Journal of Informetrics*, 10(1), 132-150.
- Zegeye, Wondimu., Jemal, Ahamed., and Kornegay, K. (2023), Connected Smart Home over Matter Protocol, *2023 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 1-7.
- Zhang, B. (2019), An Explorative Study of GitHub Repositories of AI Papers, arXiv preprint arXiv:1903.01555.
- Zhao, D. and Strotmann, A. (2008), Author bibliographic coupling : Another approach to citation based author knowledge network analysis, *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*, 45(1), 1-10.

## 저자소개

**전승선** : 서울과학기술대학교 IT정책전문대학원 박사과정을 수료하였다. 삼성전자 연구원으로 재직 중이며 관심 분야는 스마트홈, 빅데이터, 기술혁신, 기술경영 등이다.

**이왕재** : 연세대학교에서 공학학사 및 석사 학위를 취득하고 서울과학기술대학교에서 공학박사 학위를 받았다. 현재 삼성전자 삼성리서치에 근무 중이다. 관심 분야는 인공지능, 빅데이터, 개발자동화, 기술경영 등이다.

**박계규** : 한양대학교 인공지능대학원 석사과정에 재학 중이며, 현재 삼성전자 삼성리서치에 근무 중이다. 관심 분야는 인공지능, 클라우드 등이다.

**이학연** : 서울대학교 산업공학과에서 학사학위를 취득하였으며, 동대학원에서 박사학위를 받았다. 현재 서울과학기술대학교 데이터사이언스학과 교수로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 기술경영, 데이터 비즈니스 등이다.