

# 저전력의 홈 네트워크 구축을 위한 이기종 인터페이스 결정 엔진 및 아키텍처

배 푸름\*, 조영명\*, 문의겸\*, 고영배<sup>o</sup>

## Heterogeneous Interface Decision Engine and Architecture for Constructing Low Power Home Networks

Puleum Bae\*, Yeong-Myeong Jo\*, Eui-Kyum Moon\*, Young-Bae Ko<sup>o</sup>

### 요 약

본 논문에서는 저전력의 스마트 홈 환경 구축을 지원하기 위한 이기종 인터페이스 결정 엔진 및 아키텍처를 제시한다. 최근 IT 기술의 발전을 토대로 ‘스마트 홈’ 기술이 대두되고 있다. 이러한 스마트 홈은 여러 서브네트워크로 구성되어 있으며, 각각의 네트워크는 다양한 통신 인터페이스를 사용하는 스마트 기기들로 구성되어 있다. 따라서 스마트 홈 환경에서는 다양한 네트워크 간의 통신을 지원하기 위한 이기종 인터페이스 간의 연동 기술이 필수적으로 요구된다. 또한, 각 통신 인터페이스는 전력 소비량에 차이가 있는데, 가정용 스마트 기기들은 24시간 동작하는 경우가 많으며 특히 스마트폰과 같은 무선기기들은 전력 소모량에 민감하다. 따라서 에너지 측면에서 효율적인 홈 네트워크를 구축하기 위해서는 상황에 따라 트래픽 처리에 적합한 인터페이스를 선택하는 것이 중요하다. 이에 따라 본 논문에서는 “저전력의 홈 네트워크 구축을 위한 이기종 인터페이스 결정 엔진 및 아키텍처”를 제안하고 테스트베드 상에서의 실험을 통해 제안 기법의 성능을 분석하고 타당성을 검증한다.

**Key Words** : interface decision engine, energy-efficient, smart home, D2D, HetNet

### ABSTRACT

In this paper, in order to support the construction of a smart home environment of low power consumption, we propose a heterogeneous interface determination engine and architecture. Technology of “smart home” is in the spotlight according to the development of IT technology nowadays. Smart homes are configured with multiple sub-networks, and each sub-network is formed by the smart devices using various communication interfaces. Thus, in the smart home environment, interlocking technology between heterogeneous interfaces is essentially required for supporting communication between different networks. Further, each communication interface is a difference in power consumption, and home smart devices are often operated in 24 hours, especially smart phones and other wireless devices are sensitive to power consumption. Therefore, in order to build a energy efficient home network, It is important to select the appropriate interface to handle traffic depending on the

\* 이 논문은 2014 한국통신학회 동계종합학술발표회에서 ‘에너지 효율적인 홈 네트워크를 위한 이기종 인터페이스 결정 엔진 및 아키텍처’의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

♦ First Author : Ajou University, Department of Computer Engineering, puleum@uns.ajou.ac.kr, 학생회원

<sup>o</sup> Corresponding Author : Ajou University, Department of Computer Engineering, youngko@ajou.ac.kr, 정회원

\* Ajou University, Department of Information and Computer Engineering, lunatick@ajou.ac.kr, mpmoon2@ajou.ac.kr

논문번호 : KICS2014-06-238, Received June 14, 2014; Revised January 8, 2015; Accepted January 8, 2015

situation. In this paper, we propose “The Heterogeneous Interface Decision Engine and Architecture for constructing of Low Power Home Network,” and analyze the performance of the proposed method and verify the validity through experiments on the test bed.

## I. 서 론

최근 IT 기술의 발전이 주거 공간에도 스마트 열풍을 불러왔으며, 이러한 ‘스마트 홈’은 스마트 기기간의 융합을 토대로 사용자에게 다양한 서비스를 제공하고 있다. 여러 스마트 기기 및 서버 네트워크들로 구성되어 있는 스마트 홈은 Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, Femtocell과 같은 다양한 무선 기술을 활용하고 있다<sup>[1]</sup>. 이러한 환경에서 서버 네트워크 간의 원활한 통신을 위해서는 인터페이스 간의 연동 지원 및 프로토콜 호환성 문제 등을 해결할 수 있는 이기종 통신 기술이 필요하다<sup>[2]</sup>.

한편, 홈 내부의 가정용 스마트 기기들은 거의 대부분 24시간 내내 동작하고 있다. 특히, 스마트 폰과 같은 무선 기기의 사용률이 높아지면서<sup>[3]</sup>, 저전력의 홈 네트워크를 구축하는 방안이 필수적으로 요구되고 있다.

본 논문에서는 스마트 홈을 구성하는 이기종 네트워크 간의 연동을 지원하면서 저전력의 홈 네트워크를 구축할 수 있는 시스템 아키텍처를 제시한다. 그리고 테스트베드 환경 구축 및 성능 평가를 통하여 제안 기법의 타당성을 검증한다.

## II. 이기종 통신 연동 기술의 필요성

기존의 스마트 홈은 홈 게이트웨이를 중심으로 네트워크를 형성하는 데, 이러한 홈 네트워크에는 전력이나 서비스 품질(Quality-of-Service, QoS)등 여러 부분에서 해결해야 할 문제가 있다<sup>[1]</sup>. 이를 위해 스마트 홈에서는 D2D(Device-to-Device) 기술 활용을 통한 해결책이 제시되고 있는데, 다양한 이기종 인터페이스들로 구성된 스마트 홈 특성상 기기간의 직접 통신 기술인 D2D<sup>[4]</sup>의 적용은 쉽지 않다. 따라서 본 논문에서는 기존 스마트 홈 환경의 문제점 및 D2D 기술 적용 시의 어려움을 언급하고, 이를 해결하기 위한 이기종 인터페이스 연동 기술의 필요성에 대하여 제시한다.

### 2.1 기존 스마트 홈 네트워크의 문제점

스마트 홈은 다양한 스마트 기기들이 동작하는 여러 서브네트워크로 구성되어 있다. 이러한 각각의 서

브네트워크들은 Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, UWB(Ultra-Wide Band) 등 각기 다른 통신 인터페이스를 사용하고 있으며, 이를 통해 스마트 홈에서는 스마트 그리드, 헬스케어, 모니터링 시스템과 같은 다양한 서비스를 제공하고 있다<sup>[1]</sup>.

스마트 홈에서는 홈 게이트웨이를 중심으로 네트워크를 형성한다. 홈 게이트웨이는 스마트 홈 내부 네트워크와 외부 네트워크 간의 연결을 지원해주는 역할을 한다<sup>[5]</sup>. 뿐만 아니라 스마트 홈 내부에 존재하는 다양한 네트워크 간의 연결을 가능케 함으로서, 스마트 홈 토폴로지의 구심점 역할을 한다. 이러한 홈 게이트웨이는 역할 특성 상 사용자의 요청에 따른 적절한 트래픽 처리를 제공하기 위해 상시 대기상태를 유지해야 하는데, 그에 따라 많은 전력을 소비하게 된다<sup>[5]</sup>. 또한 홈 게이트웨이 중심의 기존 스마트 홈에서는 단순한 트래픽 처리 이외의 QoS 지원 방안을 제공하지 않고 있어서, 통신 인터페이스 특성 등을 반영한 효율적인 네트워크 관리는 이루어지지 않고 있다<sup>[1]</sup>. 따라서 단순 트래픽 처리 이상의 QoS를 지원하고 에너지 효율적인 홈 네트워크를 구축하기 위한 방안이 모색되어야 한다.

### 2.2 D2D 기술이 적용된 스마트 홈 네트워크

기존 인프라 망이 가지고 있던 네트워크 복잡성, 과부하, 지연 등의 문제를 해결하기 위한 기술로 최근 D2D 기술이 각광받고 있다. D2D 기술은 Device-to-Device의 줄임말로써, AP(Access Point) 없이 기기간의 직접적인 통신을 지원하는 기술이다<sup>[4]</sup>. D2D 기술을 사용하면 기지국을 거치지 않아도 되므로 광대역망의 부하를 줄일 수 있으며, 디바이스 간의 자체적인 네트워크 구축을 토대로 실시간 멀티미디어와 같은 다양한 서비스를 제공할 수 있다<sup>[4]</sup>. D2D 기술을 스마트 홈에 적용한다면 홈 내의 다양한 스마트 기기가 직접적으로 연결되어 다양한 서비스와 편의를 창출해 낼 수 있다. 뿐만 아니라, D2D 통신은 홈 게이트웨이가 처리하던 데이터 트래픽 양 감소에 기여하여, 기존 홈 게이트웨이에 의해 발생하던 전력 소모량을 감소시킬 수 있다.

스마트 홈은 다양한 서브네트워크들로 구성되어 있으며, 이를 통해 사용자는 다양한 서비스를 제공받을

수 있다. 이러한 홈 네트워크에 D2D 기술을 적용한다면 시스템의 성능은 향상되고 사용자의 편의성은 더욱 높아질 것이다. 그러나 스마트 홈을 이루는 서브네트워크들이 각기 다른 통신 인터페이스를 사용하고 있으므로, 홈 게이트웨이와 같이 여러 이기종 네트워크 간의 연결을 지원할 수 있는 기술이 별도로 필요하다. 즉, 스마트 홈 네트워크에서 기기 간의 직접 통신을 위한 D2D 기술 적용을 위해서는 이기종 네트워크를 지원하기 위한 이기종 인터페이스 연동 기술이 요구된다.

### 2.3 이기종 인터페이스 연동 기술의 필요성

IT 기술의 발전으로 무선 스마트 기기의 수가 급속히 증가하고 있으며, 각각의 기기에는 여러 종류의 무선 인터페이스들이 장착되고 있다. 인터페이스들은 종류에 따라 각기 다른 성능을 가지고 있는데, 이러한 인터페이스들의 특성을 반영하여 상황에 따라 가장 적합한 인터페이스를 선택할 수 있다면 보다 효율적인 통신이 가능해질 것이다. 예를 들어 스마트 폰의 경우, 일반적으로 Wi-Fi와 Bluetooth 무선 인터페이스를 사용하여 통신을 진행할 수 있다. 이 때, Wi-Fi 인터페이스를 사용한다면 고속으로 데이터 통신을 진행할 수 있지만, 그만큼 더 많은 전력을 소모하게 된다. 반면, Bluetooth 인터페이스를 사용하면, 데이터 전송 속도는 느려지지만 전력 소비량은 낮출 수 있다<sup>6)</sup>. 스마트 폰을 비롯하여 스마트 홈 내부에 있는 가정용 스마트 기기들이 대부분 24시간 동작하고 있는 만큼, 스마트 홈에서의 에너지 효율성 측면은 중요하게 다루어져야 할 문제이다.

따라서 위의 경우, 전송할 트래픽의 양이 적은 경우는 Bluetooth를 선택하는 것이 에너지 측면에서 보다 효율적이며, 전력 소비량에 상관없이 고속 전송을 원한다면 Wi-Fi 인터페이스를 선택하는 것이 더 바람직하다. 이와 같이 상황이나 사용자의 요구조건에 따라서 적절한 인터페이스를 선택하기 위해서는 인터페이스 결정 엔진과 같은 이기종 통신 연동 기술이 필요하다. 이러한 시스템을 적용한다면 에너지 효율적인 네트워크의 구축이 가능해질 수 있다. 또한, 적합한 통신 인터페이스로 트래픽을 분산시킬 수 있으므로 서비스 품질 역시 향상시킬 수 있게 된다.

현재의 스마트 홈은 홈 게이트웨이를 중심으로 네트워크가 형성되어 있으며, 스마트 홈에 D2D 기술을 적용하는 것과 관련된 연구는 아직 초기 단계에 있다. 또한, 서비스 디바이스 간의 인터페이스 지원이나 프로토콜의 호환성 문제 등으로 인해 이기종 인터페이스

스 연동 기반의 통합 네트워크 구축이 원활하지 않다. 이러한 환경에서 상황에 따라서 적절한 인터페이스가 자율적으로 선택되어 사용된다면 보다 유연하고 효율적인 홈 네트워크의 구축이 가능해질 것이다.

## III. 이기종 통신 연동 기술의 필요성

스마트 홈은 다양한 인터페이스와 통신 프로토콜을 지원하는 디바이스들로 구성되어 있다. 각각의 인터페이스는 전송 속도와 소비 전력량 등이 상이하며, 이에 따라 최적화된 서비스가 다르다. 예를 들어, Wi-Fi는 Bluetooth보다 전력 사용량이 높은 대신 대용량 데이터를 고속으로 전송할 수 있다. 따라서 Wi-Fi는 멀티미디어를 비롯한 다양한 트래픽을 처리할 수 있다. Bluetooth는 전력 소비량이 적은 대신 저용량 데이터의 저속 통신을 지원하므로 스피커, 헤드셋 등의 서비스에 주로 활용된다. 이와 같이 지원할 서비스에 따라 고속의 데이터 통신이 필요할 경우에는 Wi-Fi 통신을 사용하고, 처리할 트래픽이 비교적 적을 경우에는 보다 에너지 효율적인 Bluetooth를 사용한다면 더욱 유연한 홈 네트워크의 구축이 가능하다.

이와 같이 사용자의 서비스 요구조건을 만족시키면서 에너지 효율적인 홈 네트워크를 구축하기 위해서는 상황에 따른 자율적인 인터페이스의 선택이 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 이기종 인터페이스 결정 엔진(Heterogeneous Interface Decision Engine: HIDE)과 해당 엔진이 적용된 시스템 아키텍처를 제안한다.

### 3.1 전체 구조도

이기종 인터페이스 결정 엔진 즉, HIDE의 구조와 전체적인 시스템 아키텍처는 그림 1과 같다. HIDE를 포함하고 있는 중간계층(Middle Layer)은 응용계층(Application Layer)의 아래에 위치한다. 응용계층에서 사용자에게 의해 생성된 데이터는 중간계층을 거친 후, 전송계층(Transport Layer)으로 전달되어 통신 인터페이스를 통해 목적지로 전송된다. 스마트 기기에 장착되어 있는 여러 인터페이스 중 어떤 것을 선택할지는 중간계층에 있는 인터페이스 결정 엔진을 통해 결정되며, 전송계층에서는 해당 인터페이스를 사용하여 상위 계층에서 내려온 데이터를 하위계층으로 내려 보낸다.

중간계층으로 내려온 데이터는 HIDE에 입력된 후 수집(Collection) 단계에 도달한다. 수집 단계에서는 데이터의 서비스 타입이나 크기, 지연이나 손실에 대

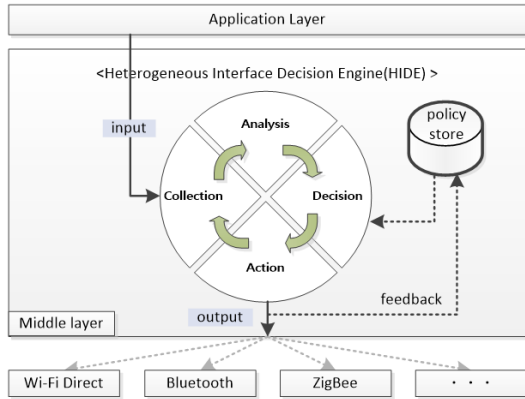


그림 1. HIDE(Heterogeneous Interface Decision Engine)와 시스템 아키텍처  
 Fig. 1. The HIDE(Heterogeneous Interface Decision Engine) and system architecture

한 민감 여부 등 인터페이스 결정에 영향을 주는 자료들을 수집한다. 수집된 자료들은 이후 분석(Analysis) 단계로 전달되며, 어떤 인터페이스가 사용 가능한지에 대해 분석하는 작업이 수행된다. 즉, 스마트 기기가 가지고 있는 다양한 무선 인터페이스 모듈들의 상태를 분석하여, 사용 가능한 인터페이스들을 사전에 확인하는 과정이 분석 단계에서 진행된다.

이와 같이 분석 단계를 통해 얻은 결과와 정책 저장소(Policy Store)의 정책들을 토대로 결정(Decision) 단계에서는 데이터 전송을 수행할 인터페이스를 최종적으로 결정한다. 이후, 실행(Action)단계에서는 데이터를 하위 전송 계층으로 내려 보내고, HIDE를 통해 결정된 인터페이스를 사용하여 데이터를 목적지로 전송한다.

HIDE에서 선택된 인터페이스를 통해 통신을 진행하는 도중 혼잡이나 충돌 등 통신 도중에 문제가 발생할 수 있다. 이 경우, 정책 저장소로 통신 상황에 대한 피드백을 전달하여 다음 인터페이스 결정 시에 해당 내용이 반영되도록 한다. 이와 같은 피드백 과정을 통해 통신 상황을 실시간으로 반영할 수 있으며, 인터페이스 결정 과정이 보다 유연하게 동작될 수 있다. HIDE를 적용한다면 각각의 디바이스가 가지고 있는 제한된 인터페이스를 보다 효율적으로 사용할 수 있게 될 것이다.

3.2 모듈 별 세부 기능

본 논문에서 제시한 이기중 인터페이스 결정 엔진 즉, HIDE는 수집, 분석, 결정, 실행 단계로 구성된다. 또한, 통신 상황을 실시간으로 반영하기 위한 피드백 과정과 인터페이스 결정에 관한 정책들을 정의하고

있는 정책 저장소가 있다. 이러한 HIDE를 구성하고 있는 각 모듈의 세부 기능은 다음과 같다.

3.2.1 수집 (Collection)

응용계층에서 내려온 데이터는 바로 아래에 위치한 중간계층에 도달한 뒤 HIDE에 진입한다. HIDE의 첫 번째 과정인 수집(Collection) 단계에서는 인터페이스 결정에 필요한 정보들을 모은다. 일반 파일 전송이나 스트리밍 진행시에 수집될 수 있는 정보로는 파일 크기나 파일 형식, 서비스 타입 등이 있다.

홈 네트워크에서 인터페이스 성능 별 에너지 효율 측면을 다루기 위해서는 우선 전력 소비량을 측정해야 하는데, 각 인터페이스의 소비 전력 값과 사용시간의 곱을 통해 전력 소비량을 구할 수 있다. 전송할 데이터의 크기가 클수록 데이터 전송 시간은 증가하게 되며, 그에 따라 사용되는 전체 전력 소비량 역시 증가하게 된다. 따라서 전송되는 데이터의 크기가 홈 네트워크의 전력량에 영향을 줄 수 있으므로, HIDE의 수집 단계에서는 데이터 크기와 같이 인터페이스 결정에 필요한 정보를 저장한다.

데이터의 크기 이외에 데이터의 타입과 같은 정보도 인터페이스를 결정하는 요인이 될 수 있다. 스마트 홈은 다양한 기기들로 이루어진 서브 네트워크들로 구성되어 있는데 이 중에서도 특히 멀티미디어 서비스를 지원하는 기기의 수가 날로 증가하고 있으며, 멀티미디어 QoS를 향상시키기 위한 다양한 방안들이 모색되고 있다<sup>1)</sup>. 멀티미디어 스트리밍의 경우 영상 파일은 크게 HD, SD로 나눌 수 있고 음성 파일은 대표적으로 MP3 파일이 있는데, 각각의 경우 8Mbps,

```

[The Collection phase in HIDE]
Initialize collected_info, default_info

begin
    get file information
    if fail to get file information then
        collected_info = default_info
    else
        collected_info.file_size = data_size
        collected_info.file_type = data_type
        collected_info.flag_streaming
        = flag_streaming
    endif
    return collected_info
end
    
```

그림 2. HIDE 수집 단계에 대한 슈도코드  
 Fig. 2. The Pseudo code of the Collection phase in HIDE

650Kbps, 500Kbps 등의 Avg Data rate을 갖는다<sup>7)</sup>. 멀티미디어 스트리밍 내에서도 .avi, mp3, mpeg, wav 등 각각의 파일 형식 별로 성능이 상이하며 전력 사용량 역시 다르게 나타나므로, 이러한 데이터 타입 정보 역시 수집 단계에서 저장된다. 즉, 스트리밍 여부를 나타내는 서비스 타입도 HIDE의 정책 결정에 영향을 줄 수 있다.

이와 같이 상황에 따라 적절한 인터페이스를 선택하기 위해서는 인터페이스를 결정하는데 영향을 줄 수 있는 정보들이 필요하며, 그러한 정보들을 모으는 곳이 바로 HIDE의 수집 단계이다. 그림 2는 수집 단계의 슈도코드이며, 대표적으로 데이터 크기와 데이터 형식 및 스트리밍 서비스 여부에 대한 정보들을 수집하고 있다. 수집된 정보들은 collected\_info 구조체 안에 저장된다.

### 3.2.2 분석 (Analysis)

HIDE의 수집 단계 이후에는 분석(Analysis) 과정을 거친다. 모바일 스마트 기기에는 다양한 무선 인터페이스 모듈이 장착되어 있지만, 두 디바이스 모두 같은 인터페이스가 ON 되어있어야만 통신을 진행할 수 있다. 따라서 송신자에서 사용할 수 있는 인터페이스를 확인한 뒤, 수신자 측에서도 해당 인터페이스가 사용가능한지 확인하는 과정이 필요한데, 이 부분이 분석 단계에서 진행된다. 즉, 모바일 기기가 가지고 있는 다양한 인터페이스들의 상태를 분석하여, 사용 가능한 인터페이스들을 확인하는 과정이 바로 분석 단계이다.

빠른 데이터 통신을 원할 경우에는 Wi-Fi 인터페이스를 사용하는 것이 적합하며, 저전력 통신을 진행하고자 할 때는 Bluetooth를 사용하는 것이 전력 측면에서 효율적이다. 따라서 경우에 따라 적절한 인터페이스를 선택해야 하는데, 이를 위해 사전에 사용가능한 인터페이스를 확인하는 과정이 필요하다. 만약 단일 인터페이스만 ON 상태라면, 다른 인터페이스는 사용할 수 없다.

이와 같이 인터페이스들을 분석하고 사용가능 여부를 확인하는 과정이 분석 단계이며, 그림 3은 분석 단계의 슈도코드이다. 송신자 입장에서 이웃 노드들에 대한 정보를 담고 있는 neighbor table을 통해 수신자의 인터페이스 상태 및 통신 가능 여부를 확인할 수 있으며, 통신 거리 이탈이나 네트워크 혼잡 등의 문제로 통신이 어려울 경우 해당 인터페이스는 통신 불가능한 상태로 분석된다.

이와 같이 분석 단계를 통해서 사용가능한 인터페

```
[The Analysis phase in HIDE]
Initialize interface_info, neighbor_table

begin
    if interface_check == false then
        check neighbor_table about Bluetooth
        if Bluetooth On then
            interface_info.Bluetooth_flag = True
        endif
        check neighbor_table about Wi-Fi
        if Wi-Fi On then
            interface_info.Wi-Fi_flag = True
        endif
        interface_check == true
    endif
    return interface_info
end
```

그림 3. HIDE 분석 단계에 대한 슈도코드  
Fig. 3. The Pseudo code of the Analysis phase in HIDE

이스들을 확인한 후 HIDE의 다음 단계들을 거쳐 데이터 통신을 진행하게 된다. 이후의 통신 시에는 각각의 인터페이스들이 현 상태를 유지하고 있다고 가정하고 HIDE의 분석 단계 내의 진행 과정을 생략한다. 이를 통해 인터페이스의 ON 상태가 유지되고 있음에도 매번 분석 단계를 통해 인터페이스의 상태를 확인하는 데 드는 오버헤드를 줄일 수 있다. 그러나 인터페이스의 상태가 변경될 수 있으므로 주기적으로 interface\_check flag 값의 상태 변경 여부를 판단하여 그림 3과 같이 분석 단계 진행 여부를 결정할 수 있다. 예를 들어, 통신이 5번 성공할 때마다 분석 단계를 통해 인터페이스의 상태를 확인할 수도 있고, 1분에 한번 씩 해당 flag를 새롭게 설정할 수도 있다. 이러한 정책 부분은 시스템 상에 default 값으로 고정될 수도 있지만, 사용자의 선택 사항이 반영될 수도 있다.

이와 같이 일정한 주기를 가지고 분석 단계를 실행하더라도, 통신 상황 자체에 문제가 발생하거나 혹은 사용자가 인터페이스의 상태를 수동으로 변경하는 등의 예상치 못한 상황이 발생할 수도 있다. 즉, 사전에 설정된 interface\_check flag의 확인 주기에 도달하기 이전에 인터페이스의 상태를 재확인해야 하는 상황이 발생할 수 있다. 이 경우 자동적으로 통신이 불가능해지며, 해당 내용에 대한 피드백이 HIDE에 전달되어 interface\_check flag 값을 false로 변경한다. 이후, 다음 번 통신 시 HIDE의 분석 단계에서는 변경된 flag 값이 반영되고, 이를 통해 분석 단계를 재실행함으로써 인터페이스의 상태를 재확인할 수 있게 된다.

3.2.3 결정 (Decision)

HIDE의 결정(Decision) 단계에서는 데이터 전송을 진행할 인터페이스를 결정하는 과정을 수행한다. 데이터 전송 속도는 사용하는 인터페이스에 따라 상이하 며, 평균적으로 Wi-Fi는 최대 866Mbps<sup>[8]</sup>, Bluetooth는 24Mbps<sup>[9]</sup>의 속도를 지원할 수 있다. 그러나 이러한 수치는 간섭이나 충돌 등 통신 환경에 영향을 받는다. 속도 뿐 아니라 각각의 무선 인터페이스들은 소비 전력량도 각기 다른데, Wi-Fi에 비해 Bluetooth는 훨씬 적은 양의 전력을 소비한다<sup>[6]</sup>. 따라서 다양한 인터 페이스들의 성능과 전송할 데이터의 특성을 고려하여 데이터 전송을 위해 사용될 인터페이스가 결정되는데, 이 과정이 바로 결정 단계에서 수행되는 작업이다. HIDE의 수집 단계에서 파일 크기 및 스트리밍 서비스 여부와 같은 정보들이 저장되고, 분석 단계에서는 각각의 인터페이스들의 사용가능여부가 분석된다. 이렇게 이전 단계에서 얻은 정보를 토대로 결정 단계에서는 데이터 통신을 위해 사용할 인터페이스를 최종 적으로 결정하게 된다. 결정 단계에 대한 슈도코드는 그림 4와 같다.

이처럼 결정 단계에서는 전송할 데이터의 크기나 형식, 스트리밍 여부 등을 토대로 사용할 인터페이스 를 결정하게 된다. 그러나 통신 상황은 매번 다르고 사용자의 요구 조건 역시 다양하기 때문에, 인터페이 스 결정을 위해 사용할 정책들을 제공할 필요가 있다. 예를 들어 특정 데이터 크기를 threshold값으로 정한

```
[The Decision phase in HIDE]
Initialize selected_interface
begin
  if collected_flag_streaming == true then
    switch collected_info.file_type then
      case MP3
        selected_interface = Bluetooth
      default
        selected_interface = Wi-Fi
    else
      if collected_file_size < threshold_size then
        selected_interface = Bluetooth
      else
        selected_interface = Wi-Fi
      endif
    endif
  return selected_interface
end
```

그림 4. HIDE 결정 단계에 대한 슈도코드  
Fig. 4. The Pseudo code of the Decision phase in HIDE

뒤, threshold 값 아래의 데이터는 Bluetooth로 통신하 고 그 이상은 Wi-Fi로 통신한다고 가정한다. 이 경우, 똑같은 크기의 데이터를 전송하더라도 사용자가 어떤 값을 threshold로 정했느냐에 따라서 시스템의 성능은 달라지게 된다. 또 다른 사용자는 빠른 데이터 통신을 위해 Wi-Fi 인터페이스의 사용만을 원할 수도 있다. 이와 같은 다양한 요구조건들이 정책 저장소(Policy Store)에 저장된다. 그리고 결정 단계에서는 정책 저장소로부터 얻은 정책 사항을 반영하여 최종적으로 통신을 수행할 인터페이스를 결정하게 된다.

3.2.4 실행 (Action)

마지막으로 HIDE의 실행(Action) 단계에서는 결정 단계에서 정해진 인터페이스를 사용하여 데이터를 전 송하는 작업을 수행한다. 즉, 이전 단계인 결정 단계 에서 Wi-Fi 인터페이스를 사용할 것으로 결정되었다 면, 실행 단계에서는 실제 Wi-Fi 인터페이스를 사용하 도록 데이터를 내려 보내는 역할을 한다. 실행 단계의 슈도코드는 아래 그림 5와 같은데, 결정 단계에서 선택된 인터페이스를 확인한 후 해당 인터페이스를 사 용하여 전송을 수행한다.

```
[The Action phase in HIDE]
begin
  if selected_interface == Wi-Fi then
    transmit data via Wi-Fi interface
  else selected_interface == Bluetooth then
    transmit data via Bluetooth interface
  endif
end
```

그림 5. HIDE 수행 단계에 대한 슈도코드  
Fig. 5. The Pseudo code of the Action phase in HIDE

3.2.5 피드백 (Feedback)

중간 계층의 HIDE를 통해 가장 적합한 인터페이스 가 선택되고, 이후 데이터는 해당 인터페이스를 통해 전송된다. 여러 조건들과 상황을 고려하여 인터페이스 가 선택되지만, 그럼에도 불구하고 통신 환경 자체의 문제로 인해 통신이 원활하게 진행되지 않을 수 있다. 즉, 실제로 통신을 진행하는 도중에 혼잡이나 충돌 등 의 문제가 발생하면 통신 성능은 더 나빠질 수 있으 며, 아예 통신이 불가능한 상황도 발생할 수 있다. 이 경우, 오히려 선택되지 않은 다른 인터페이스를 사용 했을 때, 통신이 더 원활하게 진행될 수도 있다.

예를 들어, delay-sensitive한 타입의 데이터를 전송

하기 위해 Bluetooth 보다 고속 통신을 지원하는 Wi-Fi 인터페이스를 선택할 수 있다. 그러나 Wi-Fi를 사용하는 많은 기기들로 인해 혼잡한 상황이 발생할 수 있으며, 충돌로 인해 전송이 어려워질 수 있다. 오히려 이 경우에는 Bluetooth 등 다른 인터페이스를 선택해야 더욱 성공적인 통신을 보장받을 수도 있다.

따라서 실제 통신 상황에 대한 정보를 HIDE의 정책 저장소(Policy Store)에 전달하여, 보다 실질적이고 정확하게 인터페이스에 대한 결정을 내릴 필요가 있는데 이와 같은 과정이 바로 피드백(Feedback)이다. HIDE의 결과를 토대로 통신을 진행하던 도중 문제가 생기면, 피드백 과정을 통해 얻은 내용을 HIDE의 정책 저장소에 전달한다. 전달된 결과는 다음 HIDE 진행 시 결정 단계에 반영되어 인터페이스 결정에 영향을 준다. 이러한 과정을 토대로 현재 사용 중이거나 문제가 발생한 인터페이스를 다른 것으로 변경할 수 있다. 피드백 과정을 이용하면 통신 상황을 실시간으로 반영할 수 있으며, 인터페이스 결정 과정이 보다 유연하게 동작될 수 있다.

#### IV. 실험

##### 4.1 실험 환경

HIDE의 성능을 검증하기 위해서 라즈베리파이(Raspberry Pi) 기반 테스트베드에서 실험을 수행하였다. 라즈베리파이는 저비용, 저전력의 소형 싱글 보드 컴퓨터로서<sup>[10]</sup>, Wi-Fi, Bluetooth 등 다양한 모듈을 장착하여 통신 환경을 구축할 수 있어 HIDE의 성능 측정에 적합한 테스트베드라고 말할 수 있다. 라즈베리파이 중 모델 B를 사용하였으며, 라즈비안(Raspbian)이라는 데비안 계열의 리눅스 커널 기반 운영체제에서 실험하였다. 통신 모듈로는 IEEE 802.11a/b/g/n/ac 등을 지원하는 ipTime A2000UA 무선랜카드와 최대 3Mbps 속도의 블루투스를 지원하는 BU-4096 미니 동글을 사용하였다. 전력량 측정 장비로는 Monsoon Solutions Inc. 에서 개발한 Power Monitor<sup>[11]</sup>를 활용하였다.

Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, UWB(Ultra- Wide Band), Femtocell, 헬스케어 관련 802.15.6 표준 등 다양한 무선 표준 기술들이 스마트 홈 네트워크에서 사용되고 있다. 이 중 테스트베드 구축 및 실험을 위해 사용할 인터페이스로 Wi-Fi와 Bluetooth를 선택하였는데, 그 이유는 다음과 같다. 스마트 폰 기기의 80% 이상에는 이미 Wi-Fi 모듈이 장착되어 있으며, Bluetooth 모듈이 지원되는 모바일 기기만 해도 전체

의 70%가 넘는다<sup>[12]</sup>. 따라서 대부분의 스마트 기기에서 사용 중인 Wi-Fi와 Bluetooth 인터페이스를 활용하여 본 연구의 성능 분석을 진행하였다.

본 연구의 실험을 진행하기 위해 구축한 테스트베드 토폴로지는 다음과 같다. 우선, 라즈베리파이에 Wi-Fi, Bluetooth 모듈을 장착하고, 이외에 HDMI 케이블 및 USB 허브를 사용하여 모니터, 키보드, 마우스와 같은 기타 장비를 연결하였다. 이렇게 세팅된 라즈베리파이 2대를 사용하여 각각 Wi-Fi와 Bluetooth 통신을 진행하였다. Bluetooth의 경우, bluez라는 프로그램을 사용하여 라즈베리파이에 Bluetooth 사용 환경을 구축한 뒤, Bluetooth 동글을 장착한 라즈베리파이 간의 직접적인 연결을 수행하였다. Wi-Fi 통신의 경우, EFM ipTime N804 유무선공유기를 거쳐서 무선 통신을 진행하였다. 그리고 라즈베리파이에 Monsoon Power monitor<sup>[11]</sup>를 직접 연결하여 무선 통신 진행 시 소비되는 전력량의 측정 및 분석을 진행하였다.

##### 4.2 성능 분석 결과

본 논문은 HIDE라는 이기종 인터페이스 결정 엔진을 토대로 저전력의 홈 네트워크 구축을 지원하는 것이 목표이다. 홈 네트워크는 다양한 무선 인터페이스를 사용하는 여러 서브 네트워크들로 구성되어 있으므로, 각 통신 인터페이스들의 특성을 정확히 파악하여 적절한 상황에서 선택하여 사용할 수 있도록 하는 방법이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 각각의 인터페이스의 특성을 파악하고, 이를 반영한 HIDE의 성능을 분석하고자 한다.

Wi-Fi와 Bluetooth 인터페이스 성능의 차이점 중 하나로 전송 속도를 들 수 있다. 표 1은 Wi-Fi와 Bluetooth 각각의 인터페이스 타입 별로 데이터 전송 속도를 측정된 결과이다. 데이터 파일의 크기를 1MB 부터 10MB까지 각각 1MB씩 증가시켜 파일 크기 별로 10회씩 전송하였다. 이후, 전송한 전체 데이터 량의 평균값을 평균 전송시간으로 나누어 각 인터페이스의 평균 속도를 측정하였다. 측정 결과, Wi-Fi는 평균적으로 9.68 Mbps, Bluetooth는 0.39 Mbps의 전송 속도를 보이는 것을 확인할 수 있었으며, Wi-Fi의 전

표 1. Interface 타입 별 데이터 전송 속도  
Table 1. Interface Type's Data Rate

| Interface | Avg Data rate |
|-----------|---------------|
| Wi-Fi     | 9.68 Mbps     |
| Bluetooth | 0.39 Mbps     |

송 속도가 Bluetooth에 비해 약 25배 정도 빠르게 나타났다.

전송 속도 이외에도 Wi-Fi와 Bluetooth는 전력적인 측면에서도 차이를 보인다. 표 2는 인터페이스 사용 시의 대기전력을 측정한 표이다. Wi-Fi Standby와 Bluetooth Standby는 각각의 인터페이스 별 대기전력을 측정한 값이며, Both Standby는 두 인터페이스가 모두 대기상태일 때의 전력 값이고, Both Off는 두 인터페이스 모두를 off 시켰을 때의 값이다. [표 2]에서 알 수 있듯이, Wi-Fi가 Bluetooth보다 더 높은 대기전력 값을 가지고 있다.

그림 6은 일반 파일 전송 시에 각각의 인터페이스가 소모하는 단위 시간 당 전력(mW)을 측정한 결과이며, 그림 7은 전송하는 파일이 크기를 증가시켰을 때, Wi-Fi와 Bluetooth 각각의 인터페이스가 사용한 전력 소비량(mWs)이다. 즉, 그림 6과 그림 7은 일반 파일 전송 시 소모하는 전력과 전력량을 측정한 결과이다. 1MB부터 10MB까지 전송하는 파일의 크기를 변화시키면서 실험하였다.

측정 결과 그림 6과 같이, Wi-Fi는 평균 472.92mW, Bluetooth는 평균 75.42mW의 전력을 소모하는 것으로 나타났다. 즉, Wi-Fi의 전력은 Bluetooth의 6배에 이르렀으며, 전송하는 데이터의 크기가 변화해도 평균적으로 소비하는 단위 시간 당 전력은 일정하게 유지되었다. 그림 7의 전력 소비량은 각 인터페이스가 소비하는 단위 시간 당 평균 전력 값(mW)과 데이터 전송 시간(s)을 이용하여 측정하였으며, 5초 동안의 대기전력을 반영하였다. 측정 결과를 보면, 전송하는 파일의 크기가 작을 때는 Bluetooth가 저전력 통신을 지원하였지만, 전송하는 파일 크기가 커질수록 Wi-Fi가 더 전력 측면에서 효율적임을 확인할 수 있었다.

일반적으로 사용자가 데이터 통신을 진행하기 위해 인터페이스를 켜 이후 데이터 전송 시작 전까지의 시간과, 전송을 마친 후에 인터페이스를 끄기까지의 시간을 대략 5초 정도로 가정하였다. 따라서 데이터 전송 시간 이외에 5초의 대기시간을 추가적으로 반영하

표 2. Interface 타입 별 대기전력  
Table 2. Standby power of Interfaces

| Type              | Standby power |
|-------------------|---------------|
| Both Standby      | 3442 mW       |
| Wi-Fi Standby     | 3440 mW       |
| Bluetooth Standby | 2630 mW       |
| Both Off          | 2615 mW       |

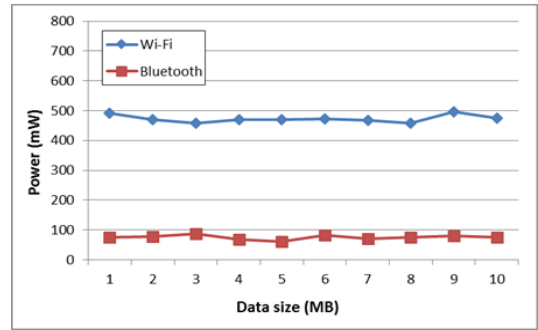


그림 6. 데이터 전송 시의 Wi-Fi와 Bluetooth 평균전력  
Fig. 6. The average power of Wi-Fi and Bluetooth in transmission

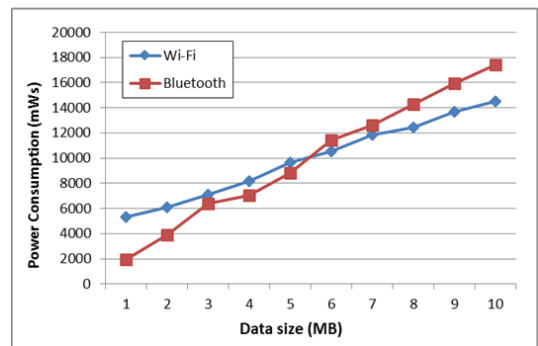


그림 7. 데이터 전송 시 Wi-Fi와 Bluetooth의 전력소모량  
Fig. 7. The power consumption of Wi-Fi and Bluetooth in transmission

여 실험을 수행하였다. Bluetooth의 소비 전력량은 Bluetooth로 전송할 때의 전력량과 Bluetooth의 대기 시간 동안 소비된 대기전력의 합으로 구했으며, Wi-Fi 인터페이스는 off 상태로 유지하였다. 마찬가지로 Wi-Fi의 소비 전력량 측정 시에는 Bluetooth는 off 시키고, Wi-Fi만을 사용하였을 때의 전송 시 전력량과 대기 전력량의 값들을 구하여 각각을 합하였다. 그 결과 그림 7과 같은 성능이 도출되었다.

표 1과 그림 6의 결과를 보면, Wi-Fi는 Bluetooth보다 6배나 높은 전력을 소비하지만 전송 속도는 Wi-Fi가 Bluetooth에 비해 25배나 빠른 것을 알 수 있다. 소비 전력량(mWs)은 평균 전력 값(mW)과 시간(s)의 곱을 통해 구할 수 있는데, Wi-Fi의 경우 전송할 데이터의 크기가 증가하더라도 전송 속도가 빠르기 때문에 데이터 전송 시간이 크게 증가하지 않는다. 따라서 Wi-Fi는 전송할 데이터 크기가 증가할수록 전체 소비 전력량은 비교적 완만하게 증가하며 그림 7을 통해 이를 확인할 수 있다. 반면, Bluetooth의 경우 전송 속도가 느리기 때문에 전송할 데이터의 크기가 커



질수록 소비되는 시간이 길어지게 된다. 따라서 Bluetooth는 전송할 데이터 크기에 따라서 소비되는 전력량이 급격하게 변화하게 된다.

결과적으로 그림 7을 보면 애초에 Wi-Fi가 Bluetooth보다 대기 전력이 높기 때문에 초기 소비 전력량은 Wi-Fi가 Bluetooth보다 높다. 그러나 전송하는 데이터 크기가 증가할수록 Wi-Fi의 소비 전력량은 완만하게 증가하고, Bluetooth의 경우에는 급격하게 증가하므로 6MB 지점에서 소비 전력량의 역전 현상이 발생하게 된다. 따라서 이러한 결과를 고려하여 대략 6MB 이하의 데이터는 Bluetooth를 사용하여 통신을 진행하고, 6MB 보다 큰 데이터의 경우 Wi-Fi를 사용하는 것이 전력 측면에서 효율적이다. 이러한 상황들을 종합적으로 판단하여 가장 적절한 인터페이스를 선택할 수 있도록 하는 것이 HIDE의 역할이며, 이러한 HIDE를 스마트 홈 환경에 적용한다면 보다 효율적인 저전력의 홈 네트워크를 구축할 수 있다.

한편, D2D 기술 기반 스마트 홈 환경에서는 디바이스 간의 자체적인 네트워크 구축을 토대로 실시간 멀티미디어 스트리밍과 같은 다양한 서비스를 제공할 수 있다. 그림 8은 멀티미디어 스트리밍 진행 시 스트리밍 평균 속도에 따른 인터페이스의 전력을 나타내며, 전반적으로 Wi-Fi가 Bluetooth 보다 소비하는 전력이 높음을 확인할 수 있다. 그러나 대략 500Kbps 정도부터는 Bluetooth를 통해 해당 스트리밍 속도를 지원할 수 없기 때문에, Bluetooth의 성능 측정이 불가능하다. 따라서 저전력 통신을 위해 400Kbps 이하에서는 Bluetooth 인터페이스를 사용할 수 있지만, 그 이상에서는 Wi-Fi를 선택해야만 원활한 스트리밍을 진행할 수 있게 된다. 물론 사용자가 더 빠른 스트리밍을 진행하기를 원한다면 400Kbps 이하에서도

Wi-Fi를 사용할 수 있다. 이러한 사용자 요구사항과 통신 가능 여부 등 통신 상황에 대한 종합적인 판단이 HIDE에서 수행되며, 그 결과로 선택된 인터페이스를 통해 통신이 진행된다.

앞선 결과와 같이, 본 논문에서는 스마트 홈 환경에서 지원될 수 있는 일반 파일 전송과 멀티미디어 스트리밍 별 인터페이스 성능에 대한 실험을 수행하였다. 일반 파일 전송의 경우 전송하는 데이터의 크기를 증가시키면서 두 인터페이스의 전력소비량을 측정하였으며, 스트리밍의 경우에는 평균 data rate을 증가시키면서 값을 측정하였다. 측정 결과, 그림 8과 같은 멀티미디어 스트리밍 진행 시 500Kbps 이상부터는 Bluetooth 통신의 진행이 어려웠는데, 이는 Bluetooth의 전송 속도가 느려 대략 500Kbps 이상부터는 해당 스트리밍 속도를 지원할 수 없었기 때문이다. 따라서 멀티미디어 스트리밍의 경우 스트리밍 속도와 서비스를 지원할 수 있는지 여부가 HIDE의 정책에 반영되어야 한다. 한편, 그림 6과 같이 일반 파일 전송 시에는 실험을 수행한 10MB까지는 Bluetooth 통신의 진행이 가능했다. 그러나 전송 속도가 낮은 Bluetooth는 일반적으로 대용량 보다는 저용량 데이터 전송에 적합하다고 알려져 있다<sup>6)</sup>. 따라서 전송이 원활하게 진행될 수 있는 파일 크기를 기준으로 HIDE의 정책이 정해져야 한다. 이와 같이 일반 파일 전송과 멀티미디어 스트리밍 진행 시 고려해야 할 사항들이 다르므로, 진행할 통신 서비스 타입에 따라서 HIDE에 적용할 정책 기준이 달라져야 한다.

HIDE는 다양한 인터페이스들이 존재하는 상황에서 통신 상황 및 여러 정책 등을 고려해 가장 적절한 인터페이스를 선택해주는 엔진이다. 즉, HIDE에 어떠한 정책을 적용하느냐에 따라 시스템의 결과 값에 변

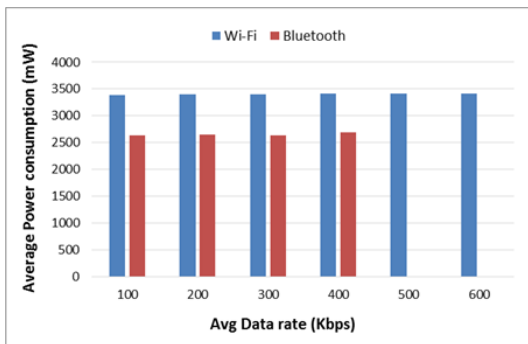


그림 8. 멀티미디어 스트리밍 진행 시 Wi-Fi와 Bluetooth의 전력 소비량  
Fig. 8. The power consumption of Wi-Fi and Bluetooth in multimedia streaming

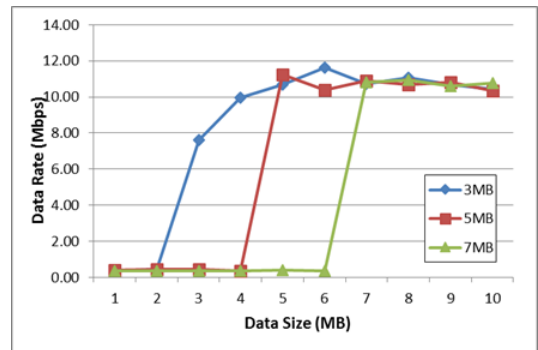


그림 9. 데이터 크기의 threshold 값 변화에 따른 전송 속도 그래프  
Fig. 9. The data rate graph based on changing threshold about Data Size.

화가 생기고 성능도 달라진다. 전력 측면에서 효율적인 스마트 홈 네트워크를 구축하는 데 있어 영향을 줄 수 있는 대표적인 요소로 파일의 크기를 들 수 있는데, 어떤 기준을 threshold로 결정하느냐에 따라서 시스템의 성능이 달라지게 된다. 그림 9는 파일 크기에 대한 threshold 값을 각각 3MB, 5MB 7MB로 구분한 뒤, 파일의 크기를 증가시키면서 시스템 전체의 전송 속도를 측정 한 결과이다. 그림 10의 경우에는 3MB, 5MB, 7MB 및 BT\_Only(threshold 값을 적용하지 않고, Bluetooth 통신만 진행되는 상황)를 고려하였으며, 전송할 파일의 크기를 증가시키면서 이에 따른 전력 소비량을 측정하였다. threshold 값이 3MB라는 것은, 전송할 파일의 크기가 3MB 이하일 때는 Bluetooth를 사용하고, 그 이상은 Wi-Fi를 사용함을 의미한다. 따라서 threshold 값을 높게 정할수록 Bluetooth의 사용 빈도가 높아지게 되고, Wi-Fi의 빈도는 낮아지게 된다.

그림 9에서 threshold 값이 3MB인 그래프를 보면, 3MB 보다 작은 크기의 데이터는 Bluetooth를 사용하여 전송되므로 Data Rate이 낮게 측정된다. 그러나 3MB 이상의 데이터부터는 Wi-Fi를 사용하게 되므로 시스템의 Data Rate이 상승하는 것을 볼 수 있다. threshold 값이 3MB에서 7MB로 증가할수록, Bluetooth를 사용하는 비율이 높아지게 되며, 이에 따라 전체 시스템의 Data Rate이 낮아지는 것을 확인할 수 있다.

그림 10에서 threshold 값이 3MB일 때의 그래프를 보면, 3MB 이하의 데이터는 Bluetooth를 사용하여 전송하기 때문에 소비 전력량이 낮게 나타나지만 3MB 이상의 데이터부터는 Wi-Fi를 사용하여 전송되므로 소비 전력량 값이 상승하게 된다. threshold 값이 각각 5MB와 7MB 일 때 역시 마찬가지로, 각각의

threshold에 해당되는 크기의 데이터 파일 전송 시에 Bluetooth에서 Wi-Fi로 사용하는 인터페이스가 변경된다. 변경된 이후에는 모두 Wi-Fi 인터페이스를 사용하기 때문에, threshold가 3MB, 5MB, 7MB인 그래프 모두 일정 데이터 크기 이후 부분에서는 거의 비슷한 그래프를 갖는다. 그림 10의 범례 중 BT\_Only는 아무런 threshold값을 적용하지 않은 상황이며, 이 때에는 Wi-Fi로의 변환 없이 오직 Bluetooth만을 사용하여 동작한다.

그림 10의 각각의 그래프를 보면, threshold 값을 넘으면 Wi-Fi 통신을 진행하는 3MB, 5MB, 7MB 그래프들은 데이터 크기가 커질수록 점점 하나의 그래프로 수렴하는 모습을 보이고 있다. 그러나 BT\_Only의 경우는 전송할 데이터 크기가 증가할수록 다른 그래프들보다 더 높은 소비전력량을 가지게 된다. 전송할 데이터의 크기가 대략 6MB 정도일 때, BT\_Only 그래프와 다른 그래프들 간의 격차가 발생하며, x축 값이 증가할수록 격차는 더욱 커지게 된다. Bluetooth는 일반적으로 저전력 통신을 지원하지만 전송 속도가 느리기 때문에 대용량 데이터 전송에는 적합하지 않다. 따라서 전송할 데이터의 크기가 작을 때는 전력적으로 효율적이지만, 데이터 크기가 증가할수록 전송하는데 더 오랜 시간이 걸리기 때문에 더욱 많은 전력을 소비하게 되며, 결국은 Wi-Fi 보다도 더 높은 전력을 소비하게 된다. 그림 10에서 x축이 대략 6MB 정도 일 때, 이러한 역전 현상이 발생하게 된다. 따라서 일정 크기의 데이터 전송 시에는 Wi-Fi로 변경하여 전송하도록 하는 threshold 값을 정한다면, Bluetooth의 소비 전력량 역전 현상에 의한 비효율적인 에너지 낭비를 방지할 수 있으며, 이러한 과정이 HIDE를 통해 수행될 수 있다.

그림 9, 그림 10을 통해 알 수 있듯이, 데이터 크기의 threshold 값을 낮게 정할수록 Bluetooth의 사용 비중이 높아지므로 전력 측면에서는 효율적이지만 전송 속도는 느려지게 된다. 반면, threshold 값을 높게 정하면 반대로 Wi-Fi의 사용 비중이 높아지며 이로 인해 전송 속도는 빨라지지만 소비되는 전력량은 그만큼 증가하게 된다. 이와 같이, HIDE 내에서도 threshold와 같은 정책을 어떻게 정하느냐에 따라서 HIDE를 포함한 전체 시스템 성능이 달라지게 된다. 따라서 여러 통신 상황들과 데이터 및 인터페이스의 특성, 사용자의 요구조건 등 다양한 요소들을 고려해서 HIDE의 정책이 결정되어야만 한다. 이를 토대로 HIDE에서는 상황에 맞는 가장 적절한 인터페이스를 선택할 수 있게 되고, 이를 통해 보다 효율적인 홈 네

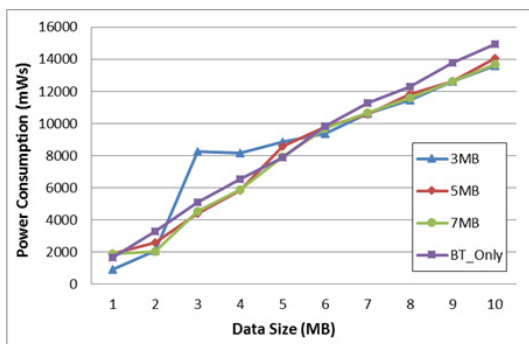


그림 10. 데이터 크기의 threshold 값 변화에 따른 소비 전력량 그래프  
 Fig. 10. The power consumption graph based on changing threshold about Data Size

트위크 구축이 가능해질 것이다.

## V. 결 론

스마트 홈에 이기종 통신 연동 기술을 적용한다면, 스마트 기기의 제한된 인터페이스를 보다 유연하고 효율적으로 사용할 수 있으며, 저전력의 홈 네트워크 구축이 가능해질 것이다. 그러나 인터페이스별로 적합한 사용 환경과 조건이 각기 다르므로 가장 적합한 인터페이스를 선정하기 위한 정책을 정하는 것이 매우 중요하다. 뿐만 아니라 사용자의 요구조건이나 통신 환경 등 시스템의 성능에 영향을 미칠 수 있는 요인들은 HIDE의 정책에 반영되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 HIDE라는 이기종 인터페이스 결정 엔진과 각각의 세부기능을 정의하고, 이를 적용한 시스템 아키텍처를 제안하였다. 그리고 인터페이스 결정을 위해 정책을 정하는 알고리즘에 대한 연구를 진행하고, 실제 테스트베드 상에 제안 기법을 구현하여 성능을 도출하였다. 향후에는 홈 네트워크와 같이 다양한 네트워크로 이루어진 통신 환경을 정의하고, 그러한 환경에서 실제로 HIDE를 적용할 수 있는 방안에 대한 연구를 진행할 계획이다.

## References

[1] Y. Zhang, R. Yu, S. Xie, W. Yao, Y. Xiao, and M. Guizani, "Home M2M networks: Architectures, standards, and QoS improvement," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 49, no. 4, pp. 44-52, 2011.

[2] P. Bae, C. Lee, and Y. Ko, "A study on the heterogeneous interface interworking technology for D2D-based smart home network," in *Proc. KICS Conf. Winter 2014*, pp. 447-448, Yongpyeong, Korea, Jan. 2014.

[3] M. Park, S. Jeong, C. Kim, B. Choi, K. Park, Y. Nam, B. Cho, J. Im, and J. Kim, "Home network system using smartphone," in *Proc. KICS Conf. Fall 2012*, pp. 173-174, Seoul, Korea, Nov. 2012.

[4] J. Ma, D. Kim, J. Lee, C. Park, S. Yoon, H. Lee, and C. Ryu, "Current D2D service development - Wi-Fi direct centric," *J. KIISE*, vol. 30, no. 11, pp. 38-44, Nov. 2012.

[5] W. K. Park, C. S. Choi, I. W. Lee, and J.

Jang, "Energy efficient multi-function home gateway in always-on home environment," *IEEE Trans. Consumer Electron.*, vol. 56, no. 1, pp. 106-111, 2010.

[6] E. Ferro and F. Potorti, "Bluetooth and Wi-Fi wireless protocols: A survey and a comparison," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 12, no. 1, pp. 12-26, 2005.

[7] Y. Seo and Y. Ko, "Dynamic power management for energy efficient Wi-Fi direct," *J. KICS*, vol. 38B, no. 8, pp. 663-671, Oct. 2013.

[8] V. N. R., "Breaking the gigabit-per-second barrier with 802.11 ac," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 18, no. 2, 2011.

[9] H. Joh and I. Ryoo, "A hybrid Wi-Fi P2P with bluetooth low energy for optimizing smart device's communication property," *Peer-to-Peer Netw. and Appl.*, Apr. 2014.

[10] *Raspberry Pi*, Retrieved Oct. 30, 2013, from <http://www.raspberrypi.org/>

[11] *Monsoon Power Monitor*, Retrieved Dec. 15, 2013, from <http://www.monsoon.com/LabEquipment/PowerMonitor/>

[12] R. Friedman, A. Kogan, and Y. Krivolapov, "On power and throughput tradeoffs of wifi and bluetooth in smartphones," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 12, no. 7, pp. 1363-1376, 2013.

## 배 푸 림 (Puleum Bae)



2014년 2월 : 아주대학교 정보 컴퓨터공학과 졸업  
 2014년 3월~현재 : 아주대학교 컴퓨터공학과 석사과정  
 <관심분야> Wireless Networks, Embedded system, D2D, IoT 등

**조 영 명 (Yeong-Myeong Jo)**



2009년 3월~현재: 아주대학교  
정보컴퓨터공학과 학사과정  
<관심분야> Embedded system,  
D2D 등

**문 의 겸 (Eui-Kyum Moon)**



2009년 3월~현재: 아주대학교  
정보컴퓨터공학과 학사과정  
<관심분야> Embedded system,  
D2D 등

**고 영 배 (Young-Bae Ko)**



1991년 2월: 아주대학교 전기  
산학 학사  
1995년 2월: 아주대학교 MBA  
경영정보학 석사  
2000년 7월: Texas A&M  
Univ. 컴퓨터공학 박사  
2000년~2002년: 미국 IBM T.J  
왓슨 연구소 전임연구원  
2002년 9월~2011년: 아주대학교 정보컴퓨터공학부  
정교수  
2012년~현재: 아주대학교 소프트웨어 융합학과, 일  
반대학원 컴퓨터공학과 및 NCW학과 정교수  
<관심분야> Wi-Fi Technology, MANET, 미래인터  
넷 CCN, 군 전술네트워크 등