

복수 무선통신 인터페이스 간의 적응적 전환 기법

유은지*, 박경민*, 이승원*, 최훈°

A Mechanism of Adaptive Switching between Wireless Communication Interfaces

Eun-ji You*, Kyung-min Park*, Seung-won Lee*, Hoon Choi°

요약

일반적으로 하나의 모바일 디바이스에 직비, 블루투스, 와이파이, 3G 와 같은 무선통신 인터페이스가 여러 개 구비되어 있지만 서비스를 이용할 때는 고정적으로 하나의 통신 인터페이스만 이용하고 있다. 본 논문에서는 다양한 통신 인터페이스를 효율적으로 사용하기 위하여 무선통신 인터페이스들 간의 능동적인 전환 기법을 제안한다. 이 기법은 통신 서비스에 따라 각 무선통신 인터페이스의 특징을 살려서 적합한 무선통신 인터페이스를 선택하고 전환하는 기법으로서, 전력 소비를 줄일 수 있고 인터페이스의 효율성을 높이는 효과가 있다.

Key Words : Wireless Communication Interface, Adaptive Switching, Smartphone, 무선통신 인터페이스, 전환 기법, 스마트폰,

ABSTRACT

Though a mobile device is equipped with a number of wireless communication interfaces in general such as Zigbee, Bluetooth, Wi-Fi, 3G, it uses only one interface for a specific service. In this paper, we propose a mechanism of adaptive switching between wireless communication interfaces in order to efficiently use various communication interfaces. Depending on the application service and the characteristics of wireless communication interface, mobile devices select an appropriate wireless communication interface and may switch to another interface during the service. As a result, power consumption can be reduced and the utilization of communication interface can be improved by using this mechanism.

I. 서론

안드로이드나 iOS 등의 스마트폰 운영체제를 비롯하여 다양한 환경을 지원하는 임베디드 운영체제가 발달함에 따라 소비 가전이나 센서 네트워크와 같은 유비쿼터스 환경에 많은 변화를 가져왔다^[1]. 기존에는 고유의 단순한 기능만을 수행하던 가전제품들이 임베디드 운영체제를 통하여 스마트 가전이라

불리는 환경에 융합되면서 인터넷을 통한 원격 서비스 영역까지 확장되어 사용자에게 큰 편리함을 가져다주었다^[2]. 대표적인 예로서 주변 디바이스 또는 환경과의 융합 서비스를 위해서 스마트폰을 이용하여 주변에 위치한 무선통신 가능한 디바이스로부터 서비스를 제공받거나 반대로 디바이스를 제어하는 시스템에 대한 연구가 있다^[3-5]. 이러한 변화가 가능한 이유는 디바이스들 간의 통신을 가능하게

※본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업(NIPA-2012-H0301-12-3005)의 연구결과로 수행되었습니다.

• 주저자 : 충남대학교 컴퓨터공학과 분산이동컴퓨팅 연구실, qutywing@cnu.ac.kr, 준회원

° 교신저자 : 충남대학교 컴퓨터공학과 교수, hc@cnu.ac.kr, 종신회원

* 충남대학교 컴퓨터공학과, mumeprunus@gmail.com, slsw8406@naver.com

논문번호 : KICS2012-04-169, 접수일자 : 2012년 4월 4일, 최종논문접수일자 : 2012년 10월 8일

해주는 근거리 무선통신과 인터넷의 발달이다.

현재 스마트폰은 와이파이뿐만 아니라 블루투스 (Bluetooth), NFC(Near Field Communication)등이 내장되어 있고 직비(Zigbee)의 사용도 가능해지는 추세이다. 이러한 무선통신 인터페이스는 서로 다른 특징을 갖고 있다⁶⁾. 직비는 저전력, 근거리, 저속, 저가의 무선통신 인터페이스이며, 한 프레임에 보낼 수 있는 데이터가 100바이트정도이다. 블루투스는 통신범위가 100m 내외이며 직비에 비해 고속의 데이터를 교환할 수 있다. 와이파이는 고성능 무선통신을 가능하게 하는 무선랜(Wireless LAN) 기술이다. 초당 11Mbps의 속도를 제공한다. 고성능의 장점이 있지만 상대적으로 높은 전력 소비량을 가지며 AP(Access Point)가 필요하다는 단점이 있다. 각 특징을 비교했을 때 간단한 메시지 교환이나 저용량의 파일전송은 저전력 인터페이스로도 충분하다는 것을 알 수 있다⁷⁾.

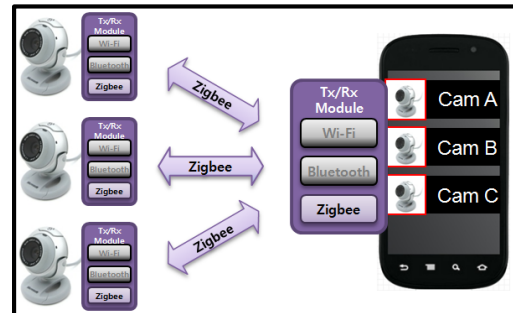
이와 같이, 각각의 특징에 맞춰서 적절한 통신 인터페이스를 능동적으로 선택하면 전력의 소비를 줄이고 대역폭의 낭비도 줄일 수 있다. 그러나 현재는 사용자가 통신서비스를 선택하면 서비스에 상관 없이 하나의 통신 인터페이스만 고정적으로 이용하게 되어 있다. 이를 개선하기 위해 서비스에 따라 필요한 통신 인터페이스들을 동적으로 변경해가며 이용하기 위한 제어 기법을 개발하였다. 유사한 연구로는 스마트폰을 이용하여 서로 다른 무선통신 인터페이스를 사용하는 디바이스들을 관리하는 방법에 대한 연구와 무선통신 인터페이스간 메시지 교환을 위한 인터페이스 브릿지에 대한 연구가 진행되고 있다⁷⁻¹⁰⁾. 복수의 무선통신 인터페이스를 추상화하여 단일 시스템으로 여러 개의 무선통신 인터페이스를 하나의 인터페이스처럼 이용하는 연구가 있고^{18,9)}, 모바일에서 시맨틱 그리드를 위해 사용되는 직비에 효율성을 높이기 위해 블루투스와 프로토콜 단계에서 상호작용하는 기법에 대한 연구가 있다⁷⁾. 또한 저전력 통신을 지원하기 위해서 직비 인터페이스를 이용하여 와이파이 기능을 사용하는 연구도 진행되고 있다¹⁰⁾. 그러나 이들 연구도 하나의 서비스를 수행할 때 복수의 통신 인터페이스를 선택적으로 전환하지는 못하기 때문에 본 연구와는 차이가 있다.

본 논문에서는 복수의 무선통신 인터페이스를 가진 디바이스들 간의 통신에서 능동적으로 인터페이스를 전환하는 기법에 대해 기술한다. 2장에서 통신 인터페이스의 전환 기법을 설계하고, 시뮬레이션을

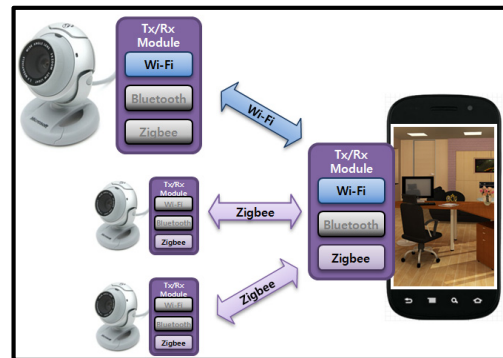
통해 프로토콜을 검증하고, 프로토타입을 구현함으로써 실현 가능성을 설명한다. 3장에서는 2장의 기법을 바탕으로 스마트폰에서 서비스에 따라 능동적으로 통신 인터페이스를 전환하는 기법에 대해서 설명하고 성능실험으로 전력 소모량의 변화를 확인한다.

II. 통신 인터페이스 전환 기법

2.1. 구조



(a) 직비 인터페이스 사용
(a) Zigbee Interface Use



(b) 와이파이 인터페이스 사용
(b) Wi-Fi Interface Use

그림 1. 통신 인터페이스 전환 구조
Fig. 1. Switching Architecture of Communication Interfaces

[그림 1]은 스마트폰에서 무선 기능을 가진 캠(cam, camera)과 통신하는 모습이다. [그림 1-(a)]는 직비를 이용하여 주변 디바이스들을 디스커버리하는 모습이다. [그림 1-(b)]는 와이파이를 통해 캠으로부터 사진이나 동영상 파일을 수신하는 모습이다. 이와 같이, 평소에는 와이파이를 비활성화 시키고 직비와 같은 저속, 저전력의 인터페이스를 활성화시킨 상태로 유지하면서 간단한 메시지들을 교환하다가, 대용량의 데이터를 교환할 때는 와이파이를 활성화 시켜서 이용한다면 전력을 절감할 수 있다. 이를 위해서는 현재와

같은 통신 인터페이스 제어 방식 보다 더 효율적인 다른 통신 인터페이스로 자동적으로 전환하는 기법이 필요하다.

본 논문에서는 복수 무선통신 인터페이스를 상황에 적합하게 능동적으로 전환하기 위해서 프로파일 및 프로토콜을 정의하였으며, 프로토타입 구현을 통해 실현가능성을 증명하였다. 제안하는 기법은 특정 무선통신 인터페이스에만 적용되는 것이 아니므로 상황에 따라 이용하고 있는 통신 인터페이스와 상관없이 제안하는 절차를 이용할 수 있다.

2.2. 메시지 정의

통신 인터페이스를 전환하기 위해서 메시지 타입과 각 메시지의 포맷을 <표 1> 과 <표 2> 로 정의하였다. 통신 인터페이스를 전환하고 싶어 하는 디바이스를 SENDER라 하고 SENDER와 협업하는 디바이스를 RECEIVER라고 하고, 사용하고 있는 통신 인터페이스를 P1라 하고 전환할 인터페이스를 P2라고 하자. SENDER와 RECEIVER는 P1 인터페이스로 연결 수립이 된 상태이며, 연결 수립 과정에서 디바이스의 프로파일 교환이 발생하는 것을 전제로 하고 있다.

표 1. 메시지 타입
Table 1. Message Type

Type	Meaning
REQUEST	request to switch comm. interface
REPLY	accept to switch comm. interface
CHECK	confirm the activation of switched comm. interface
ACK	reply the activation of switched comm. interface

REQUEST는 통신 인터페이스 전환을 요청하는 메시지이며, SENDER의 P2에 대한 정보를 담고 있다. P2의 정보는 P2의 이름, P2의 특성에 따른 통신을 위한 설정정보를 담고 있다. REPLY는 통신 인터페이스의 전환을 수락하는 메시지이며 RECEIVER의 P2 주소를 담고 있다. REQUEST와 REPLY는 P2로 통신하기 위해서 논리적 주소를 교환하는 절차로서 사용되는 메시지이다. CHECK는 SENDER가 RECEIVER의 P2 활성화 여부를 확인하는 메시지로서, SENDER의 P1 주소를 담고 있다. P2를 활성화하면서 새로운 연결을 맺었기 때문에 SENDER의 P1 주소를 통해 기존에 P1으로 통신하던 디바이스인지 다른 디바이스인지를 구별하기 위해서이다. RECEIVER의 P1 연결 정보에 있는

SENDER의 주소와 CHECK 메시지에 담긴 SENDER의 P1 주소를 비교해서 일치 여부를 확인한다. ACK는 RECEIVER가 P2가 활성화 됐음을 알리는 메시지이며, Type 정보만 담고 있다.

표 2. 메시지 포맷
Table 2, Message Format

Type	Format		
REQUEST	Type	Length	P2 Attribute
REPLY	Type	Length	P2 Address
CHECK	Type	Length	P1 Address
ACK	Type		

2.3. 통신 절차도

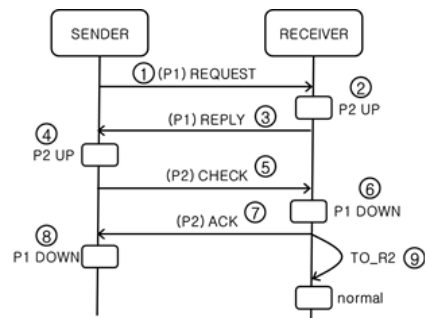


그림 2. 통신 인터페이스 전환 절차
Fig. 2. Procedure of Communication Interface Switching

[그림 2]는 통신 인터페이스를 전환하는 통신 절차도이다. 각 절차를 순서대로 살펴본다. SENDER에서 상위 계층으로부터 통신 인터페이스 전환을 요청하는 프리미티브를 수신하면 P1으로 RECEIVER에게 REQUEST 메시지를 송신한다(1). RECEIVER에서 REQUEST 메시지에 담긴 'P2 Attribute'을 이용하여 P2를 활성화 시키고(2) 완료되면 SENDER에게 REPLY 메시지를 송신한다(3). SENDER에서 REPLY 메시지를 수신하면 P2를 활성화 시키고(4) 완료되면 REPLY 메시지에 담긴 RECEIVER의 'P2 Address'에게 P2로 CHECK 메시지를 송신한다(5). RECEIVER에서 CHECK 메시지에 담긴 SENDER의 'P1 Address'로 SENDER임을 인증한 후에 P1을 비활성화 시킨 후(6) P2로 ACK 메시지를 송신한다(7). SENDER에서 ACK 메시지를 수신하면 P1을 비활성화 시킨다(8). RECEIVER에서는 ACK 메시지를 송신한 후에 R2라는 타이머를 작동시킨다. 타이머가 종료(time-out) 되면 통신 절차가 정상적으로 완료되었다고 판단하

고 통신 인터페이스 전환 절차를 마친다(⑨). 이후 부터는 P2로 서비스를 수행한다. ②~⑦사이를 보면 P1과 P2가 둘 다 활성화되어 있다. 이는 통신 인터페이스 전환에 신뢰성과 보안성을 보장하기 위함이며, 또한 메시지 교환 절차가 진행되는 시간이 길지 않아 두 개의 통신 인터페이스가 활성화해도 전력 소모가 적다.

SENDER와 RECEIVER의 상태변화도를 설명한다. 상태변화도에 나오는 P는 프리미티브를 의미하고 M은 메시지를 의미한다. TO_[SR][0i1]은 타이머가 종료되는 이벤트(time-out)를 의미하며, [SR]은 SENDER인지 RECEIVER인지를 나타내며 [0i1]은 타이머의 이름을 의미한다. [P1|P2] UP 은 통신 인터페이스를 활성화 시키는 것을 의미하고 [P1|P2] DOWN은 비활성화 시키는 것을 의미한다. 정상적인 경우는 전환 절차에서 살펴봤으므로 에러가 발생하는 경우에 대해 설명한다.

SENDER의 상태변화도를 보면 TO_S1는 SENDER에서 REQUEST 메시지를 송신한 후에 REPLY 메시지를 수신하지 못한 경우에 발생하며, REQUEST 메시지를 송신한다(그림 3). TO_S2는 SENDER에서 CHECK 메시지를 송신한 후에 ACK 메시지를 수신하지 못한 경우에 발생하며 CHECK 메시지를 송신한다. TO_S[0i1] 이 3회 이상 발생하면 디바이스 간의 무선통신 연결이 불안정하다고 판단하고 상위 계층에 에러 프리미티브를 송신한 후에 절차를 종료한다. TO_S2인 경우엔 P2를 활성화 시킨 상태이므로, 프리미티브를 송신하기 전에 P2를 비활성화 시키는 작업을 먼저 수행한다.

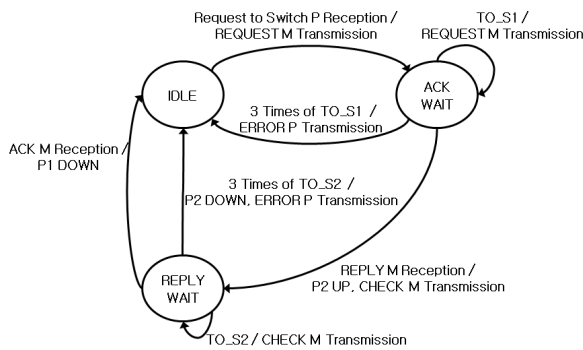


그림 3. SENDER 상태변화도
Fig. 3. SENDER State Diagram

[그림 4]의 RECEIVER의 상태변화도를 보면 TO_R1은 RECEIVER에서 REPLY 메시지를 송신한 후 CHECK 메시지를 수신하지 못한 경우에 발생한다. TO_R1이 발생하는 경우는 SENDER와의

연결이 끊어진 경우만이 존재하므로 앞서 활성화 시킨 P2를 비활성화 시키고 에러 프리미티브를 송신해서 상위 계층에 에러발생을 알린 후에 절차를 마친다. TO_R2는 RECEIVER에서 ACK 메시지를 수신한 후 다른 메시지를 수신하지 않으면 발생하며 정상종료를 의미한다.

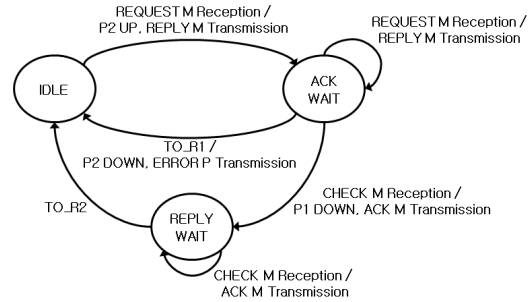


그림 4. RECEIVER 상태변화도
Fig. 4. RECEIVER State Diagram

2.4. 검증

제시한 프로토콜의 검증을 위한 실험을 하였다. [그림 3],[그림 4]에 제시한 상태변화도를 Covers 라는 시뮬레이션 툴에 구현하고 정상 상황과 비정상 상황을 임의로 발생시킨 상태에서도 이 상태변화도가 deadlock이나 livelock이 발생하지 않은 채 프로토콜이 정상 동작함을 보였다.

SENDER와 RECEIVER간 상태변화도를 바탕으로 [그림 5] 와 같이 시뮬레이션을 구성하였다. 상태변화도에는 정상적인 통신 절차뿐만 아니라 예외 처리 절차까지 포함되어 있기 때문에 시뮬레이션에는 time-out과 재전송 메커니즘도 구현하였다. 통신 절차가 예외사항에서도 정상적으로 동작하는 지를 검증하기 위해 전송실패가 발생하지 않은 경우와 20%까지의 확률로 전송실패가 발생하는 경우로 나누어서 시뮬레이션을 수행하였다.

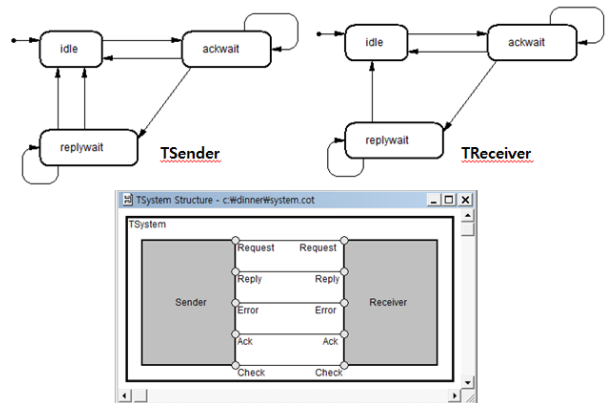


그림 5. 시뮬레이션 구현
Fig. 5. Simulation Implementation

<표 3>은 각각의 경우를 1,000,000 번 테스트한 결과로서 결과 값은 각 상태를 거쳐 간 횟수의 비율(점유율)을 의미한다. 전송실패확률은 SENDER와 RECEIVER 간의 메시지가 임의로 분실되는 확률이다. 모든 경우에 SENDER와 RECEIVER 둘 다 각 상태의 점유율의 합이 1인 것을 확인할 수 있다. 이 결과로 인해서 필요 없는 상태를 정의하였거나, 반대로 필요한 상태를 정의하지 않는 경우가 없음을 확인할 수 있다. 전송실패확률별로 네 가지 경우의 테스트 결과를 비교해보면 미세한 차이는 있지만 상태의 점유율이 유사하게 나타났음을 확인할 수 있다. 이는 전송 실패로 인해 발생하는 time-out과 재전송 메커니즘이 정상적으로 동작해 livelock이나 deadlock이 발생하지 않기 때문이다.

전송실패확률이 높아짐에 따라서 IDLE 상태의 점유율이 낮아지고 ACK_WAIT와 REPLY_WAIT 상태의 점유율이 높아지는 것은 Timeout과 재전송 메커니즘으로 WAIT 상태에 머무르는 횟수가 많기 때문이다.

표 3. 검증 결과
Table 3. Verification Result

Probability of Transmission Failure		idle	ackwait	replywait	Total
0%	SENDER	0.3334	0.3333	0.3333	1
	RECEIVER	0.3334	0.3333	0.3333	1
1%	SENDER	0.3307	0.3352	0.3341	1
	RECEIVER	0.3321	0.3347	0.3332	1
10%	SENDER	0.3054	0.357	0.3376	1
	RECEIVER	0.3253	0.3474	0.3273	1
20%	SENDER	0.28	0.3805	0.3395	1
	RECEIVER	0.3222	0.3596	0.3182	1

2.5. 프로토타입 구현

통신 인터페이스를 전환하는 기법을 안드로이드 응용으로 구현하였다. 프로토타입의 시나리오 구조는 [그림 1]과 같다. 안드로이드 응용에서 주변에 통신 가능한 디바이스를 저전력 무선통신 인터페이스인 직비로 검색한다. 검색된 디바이스에서 사용할 가능한 통신 인터페이스를 [그림 6]과 같이 사용자에게 보여준다. 사용자가 통신하고자 하는 디바이스를 선택하면 기본으로 설정된 직비가 선택된다. 사용자는 화면에서 원하는 통신 인터페이스를 선택하면 통신 인터페이스를 전환하면서 받는 메시지를 로그로 남긴다. 통신하고 있는 인터페이스를 확인하

기 위해 1초 단위로 디바이스로부터 “HELLO” 라는 announcement 메시지를 전송받도록 구현하였다. 로그를 살펴보면 통신 인터페이스의 전환을 확인할 수 있다.

[그림 7]은 직비로 통신을 하다가 와이파이로 전환하는 경우에 대한 로그를 보여주는 화면이다. SELECT_REPLY_MSG가 REQUEST 메시지에 대한 수락 메시지인 REPLY 메시지를 의미하고, SELECT_ACK_MSG가 CHECK 메시지에 대한 응답 메시지인 ACK 메시지이다. 현재 통신 인터페이스인 직비로 REPLY 메시지를 받고, 전환할 인터페이스인 와이파이로 ACK 메시지를 받는 것을 확인할 수 있다. 반대로 와이파이로 통신하다가 직비로 전환하는 경우에 대한 로그를 보여주는 화면은 [그림 8]과 같다.

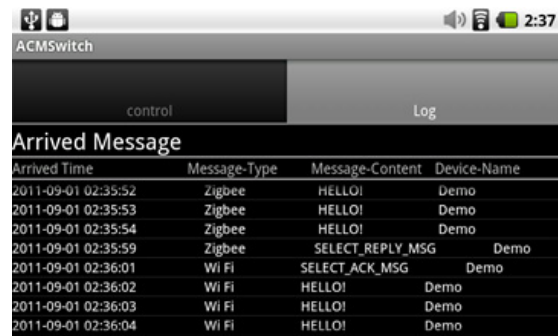


그림 6. 직비에서 와이파이로 전환 과정에 대한 로그
Fig. 6. Log from Zigbee To Wi-Fi Switching



그림 7. 검색된 디바이스 정보
Fig. 7. Discovered Device Information

III. 능동적 전환 알고리즘

앞서 정의한 통신 인터페이스 전환 기법을 사용자의 개입 없이 통신하고 있는 서비스에 따라 자동적으로 전환하도록 확장하였다. 통신 인터페이스를 전환하는 순간에는 앞서 정의한 기법을 사용하고, 서비스를 비교해서 최적의 통신 인터페이스를 선택

하는 기법을 위해서 추가적인 프로파일과 알고리즘을 설계하였다.

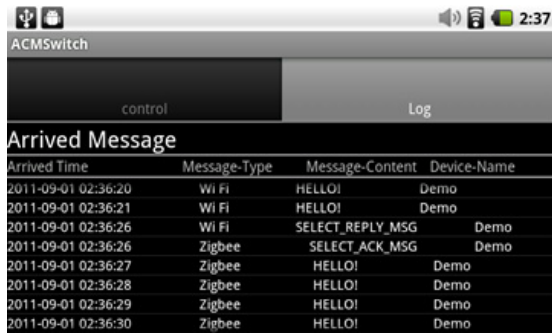


그림 8. 와이파이에서 직비로 전환 과정에 대한 로그
Fig. 8. Log from Wi-Fi To Zigbee Switching

3.1. 프로파일 정의

디바이스와 통신을 하면서 서비스에 따라 능동적으로 통신 인터페이스를 전환하기 위해서 서비스 프로파일과 디바이스 프로파일을 정의하였다^[11]. 서비스 프로파일은 스마트폰 내부에 정의되어 있으며, 디바이스 프로파일은 검색된 디바이스에 저장되는 것인데, 초기에 P1 연결 수립 과정에서 얻어진다.

표 4. 서비스 프로파일
Table 4. Service Profile

Service Profile	Role
Type	type of service
Characteristic	characteristic of service
Available Interface	list of the name of communication interfaces that provides the service
Optimal Interface	name of optimal communication interface that provides the service

서비스 프로파일은 스마트폰과 주변 디바이스와의 협업하는 서비스에 대한 정보를 나타낸다. Type은 서비스의 종류로서 가장 많이 이용되는 image, video, audio, control, file 로 구분하였다. image는 사진, video는 동영상, audio는 음원, control은 다른 디바이스 제어정보, file은 텍스트 파일을 의미한다. 각 서비스를 제공하는 방식에 따라서 Streaming 과 Data Transfer, Message로 구분된다. Characteristic은 서비스 특징으로서 image나 video를 수행하는 display, 장치를 제어하는 controller, 여러 가지 기능을 복합적으로 제공하는 mix 로 구분된다. Available Interface는 와이파이, 직비, 블루투스 3가지 중 무선통신의 대역폭(bandwidth)이나 속도, 전력소모량을 바탕으로 서비스를 제공할 수 있는 통

신 인터페이스를 리스트 형태로 나타낸다. Optimal Interface는 Available Interface 중에서 서비스를 제공하는 데 최적의 통신 인터페이스의 이름을 나타낸다.

Available Interface와 Optimal Interface는 서비스의 특성과 통신 인터페이스의 대역폭 특성을 반영해 정해야 한다. 본 논문의 목적은 각 서비스 별로 어느 통신 인터페이스가 최적이나를 밝히는 것이 아니라, 서비스 별 최적의 통신 인터페이스가 주어진 상태에서 상황에 따라 능동적으로 최적의 인터페이스로 전환하는 방법을 보이고자 한 것이다. 이를 위해서 각 통신 인터페이스의 특징(<표 5>)과 여러 실험환경을 바탕으로 <표 6>과 같은 변환 프로파일을 작성하였다^[6]. 변환 프로파일을 이용하여 서비스 프로파일에 따라, 서비스 타입에 적합한 대역폭을 제공하는 통신 인터페이스를 선정하는 방법을 이용하였다. <표 6>에서 먼저 서비스 타입을 보면 제공할 수 있는 형식이 크게 스트리밍(Streaming)과 데이터 전송(Data Transfer), 메시지(Message)로 구분하였다. 스트리밍은 전송 속도가 3Mbit/s는 보장이 되어야 한다. 따라서 스트리밍을 위해서는 와이파이(Wi-Fi)가 적합하다. 데이터 전송에서 보면 전송하는 데이터의 크기에 따라서 적합한 통신 인터페이스가 구분된다. File Format이나 제한은 작은 디바이스에서 생성 가능한 데이터를 기준으로 한다.

표 5. 통신 인터페이스 비교
Table 5. Comparison of Communication Interfaces

Standard	Bluetooth	Zigbee	Wi-Fi
Max Signal Rate	1Mb/s	250Kb/s	54Mb/s
Channel Bandwidth	1MHz	2MHz	22MHz
Max Data Payload(bytes)	339	102	2312
Chipset	BlueCore2	CC2430	CX53111
VDD(volt)	1.8	3.0	3.3
TX(mA)	57	24.7	219
RX(mA)	47	27	215

표 6. 변환 프로파일
Table 6. Switching Profile

Service Classify	Service Type	File Format	Constraints	Optimal Interface
Streamin g	Video, Audio, Image	MP4, MP3, JPG	speed: 3Mbit/s	Wi-Fi
Data	Video,	MP4, MP3	size:	Wi-Fi

Transfer	Audio,		over 10MB	
	Audio, Image, File	MP3, JPG, TXT	size: below 10MB over 1MB	Bluetooth
	Image, File	JPG, TXT	size: below 1MB	Zigbee
Message	Control			Zigbee

표 7. 디바이스 프로파일
Table 7. Device Profile

Device Profile	Role
Name	name of device
Service Type	services supported by the device
Available Interface	list of the name of communication interfaces mounted on the device
Interface Information	information about the communication interface

스마트폰과 협업하는 디바이스에 대한 프로파일도 필요하다. 디바이스가 제공할 수 있는 서비스가 무엇인지, 디바이스에 장착된 통신 인터페이스는 무엇이 있는지를 알아야 하기 때문이다. 디바이스가 제공하는 서비스의 종류는 서비스 프로파일의 Type을 의미하며, Available Interface는 서비스와는 별개로 디바이스에서 사용가능한 통신 인터페이스의 리스트이다. 디바이스에는 무선통신 모듈이 장착되어 있으므로 해당 모듈을 이용하기 위한 통신 인터페이스의 정보가 필요하다. 대표적인 예로 직비는 Node ID, 와이파이에는 IP 와 포트 에 대한 정보가 필요하고 블루투스는 MAC(Media Access Control) 주소에 대한 정보가 필요하다.

3.2. 선택 알고리즘

서비스 프로파일과 디바이스 프로파일을 비교해서 스마트폰과 디바이스 사이에서 서비스를 제공하는 최적의 통신 인터페이스를 선택할 수 있다. 사용자가 서비스를 선택하면 내부적으로 (1)에 표현한 pseudocode 함수를 통해 최적의 인터페이스를 선정해서 통신 인터페이스 전환을 수행할 지 결정한다. 현재 사용하는 통신 인터페이스가 사용자가 선택한 서비스를 제공하는 최적의 통신 인터페이스가 아닐 경우 디바이스 프로파일 내의 Available Interface 리스트 안에 최적의 통신 인터페이스가 존재하면 true를 반환한다. 디바이스 프로파일 내의 Available Interface 리스트 안에 존재하지 않거나, 이미 사용 중인 인터페이스가 최적의 통신 인터페이스일 경우 false를 반환한다. true를 반환하면 통신 인터페이스 전환 함수를 호출해서 인터페이스를 전환해서 서비

스를 수행하고, false를 반환하면 현재 통신하고 있는 인터페이스로 서비스를 수행한다.

```

start
P1 = 현재 사용하는 통신 인터페이스
P2 = 서비스 프로파일에서 서비스의 최적의 통신 인터페이스

if( P1 not equal to P2 )
for( 디바이스 프로파일의 Available Interface 리스트 내 개체 AI)
        if(AI equal to P2)
                return true
        endif
endfor
endif
return false
end
    
```

(1)

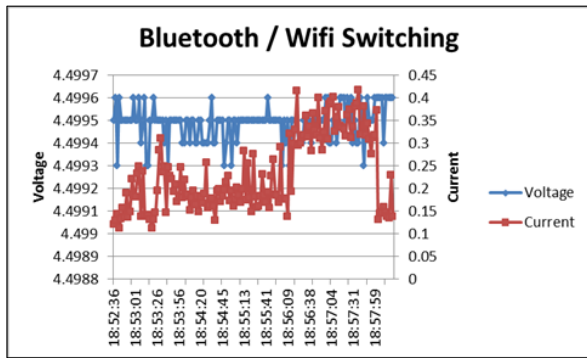
3.3. 성능 실험

스마트폰에서 능동적으로 통신 인터페이스를 전환함으로써 얻을 수 있는 장점 중 하나는 전력소모량을 줄일 수 있다는 점이다. 본 논문에서 제안하는 기법을 스마트폰에 적용함으로써 전력 소모량을 어느 정도 줄일 수 있는지를 알아보기 위해서 성능실험을 하였다. 두 스마트폰 사이에 다수의 파일을 전송하는 시나리오이다. 파일의 종류는 MP3와 JPG, MP4의 세 가지이다. 9개의 파일을 전송할 때와, 12개의 파일을 전송할 때, 15개의 파일을 전송할 경우를 실험하였다. 각 실험은 일반적인 경우와 본 논문에서 제안한 기법을 적용한 경우로 나뉜다. 일반적인 경우는 와이파이로 모든 파일을 전송하고, 기법을 적용한 경우는 10MB 이하의 MP3와 JPG는 블루투스로 전송하고, MP4는 와이파이로 전송한다.

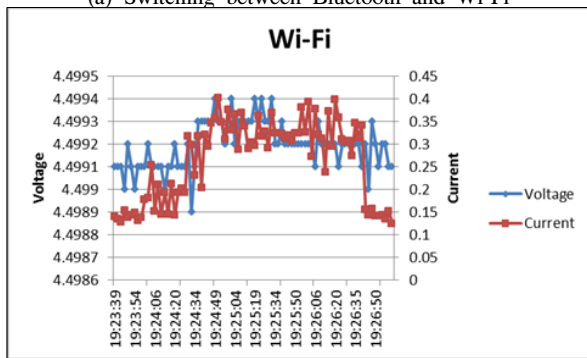
전원 공급기(Power Supply)를 이용하여 전류의 변화량과 전압을 측정해서 소비전력을 구했다. 스마트폰에서는 전력을 소모하는 요소가 다양하기 때문에 소프트웨어적으로 배터리의 소모량을 측정하는 방식이 아닌 실험 순간순간에 발생하는 통신으로 인한 전력 소모의 변화만을 측정하기 위함이다.

[그림 9]는 여러 번의 실험 중에서도 15개의 파일을 전송하는 경우의 전류의 변화를 측정해낸 데이터이다. 전원 공급기를 통해 입력받은 전압이기 때문에 전압의 값은 5V이지만 0.001의 오차가 있다.

Bluetooth / Wi-Fi 전환일 경우엔 초반에는 전류 값이 0.2를 중심으로 앞뒤로 분포되어 있다가 중간이 지난 후에 0.35를 중심으로 증가한다. 초반에는 JPG와 MP3 파일을 전송하기 때문에 블루투스로 통신을 하



(a) Bluetooth / Wi-Fi 전환
(a) Switching between Bluetooth and Wi-Fi



(b) Wi-Fi
(b) Wi-Fi Only

그림 9. 15개의 파일 전송 경우의 전류변화량
Fig. 9. Electric currents in case of 15 file transmission

다가, MP4 파일을 전송할 때 와이파이로 전환했기 때문이다. 와이파이로만 파일을 전송할 경우엔 0.35를 중심으로 전류 값이 분포되어 있다. 그래프의 처음과 마지막에 전류 값이 0.15인 것은 대기상태에서 통신 이외의 요소로 스마트폰이 전력을 소비하기 때문이다.

<표 8>은 9, 12, 15개의 파일을 전송하는 실험을 각각 10회씩 실험한 결과이다. 평균전류변화량은 통신 하면서 발생한 전류변화량에 대기 상태의 전류 값을 제외한 값이다. 모든 경우에 있어서 전류변화량은 와이파이 통신할 때보다 Bluetooth / Wi-Fi 전환할 경우가 값이 작지만 전송 시간은 길어진다. 두 값을 곱해서 나온 결과인 전력량을 살펴보면 9개를 전송할 경

표 8. 실험 결과
Table 8. Result of Experiment

Number of Transmitted Files	9		12		15	
	Wi-Fi	Switching of BT/Wi-Fi	Wi-Fi	Switching of BT/Wi-Fi	Wi-Fi	Switching of BT/Wi-Fi
Voltage(v)	5	5	5	5	5	5
Average Time of Transmission(s)	41.4	100	75.2	168.3	115.4	241.6
Average Changes in Current(A)	0.191461	0.098367	0.179893	0.085112	0.160724	0.072184
Electric Energy(V*I*s)	39.632427	49.1835	67.639768	71.621748	92.737748	87.198272

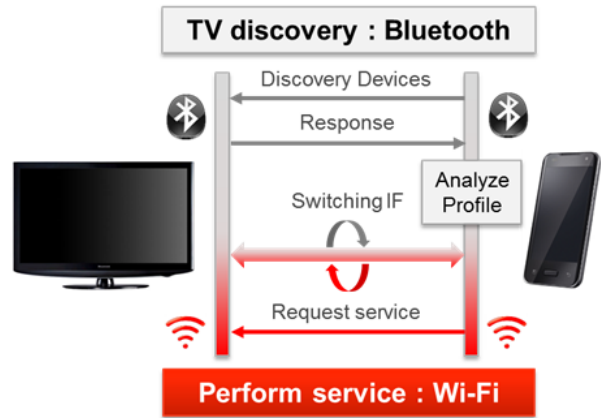


그림 10. 능동적인 통신 인터페이스 전환 시나리오
Fig. 10. A Scenario of Adaptive Communication Interface Switching

우엔 오히려 와이파이 통신할 경우가 더 값이 작은 것을 알 수 있다. 그러나 전송하는 파일의 개수가 증가할수록 와이파이 보다는 블루투스로 통신할 경우가 전력량이 적어진다. 따라서 작은 용량의 데이터를 전송하는 비중이 클수록 와이파이만 이용하는 경우보다 통신 인터페이스를 능동적으로 변경하는 것이 전력소모량을 줄인다는 것을 확인할 수 있다.

3.4. 응용 시나리오

스마트폰으로 video라는 서비스를 이용할 때, 스마트폰의 화면은 작아서 주변에 있는 TV를 통해서 스마트폰의 화면을 이용하려고 한다. 저전력 통신 인터페이스인 블루투스를 이용해서 TV를 검색한다. 검색된 TV에 video 화면을 전송하는 서비스를 나타내는 서비스 프로파일과, TV의 정보를 나타내는 디바이스 프로파일을 가지고 알고리즘 (1)을 수행한다. video 서비스의 경우 최적의 통신 인터페이스가 와이파이로 정의되어 있으므로 얻어지는 결과는 true 이다. 블루투스에서 최적의 통신 인터페이스인 와이파이로 전환하고 video 서비스를 수행하게 된다. 서비스가 종료되면 와이파이를 계속 활성화시키면 전력을 낭비하므로 인터페이스를 비활성화 시킨다.

IV. 결 론

임베디드 기술이 발달함에 따라, 디바이스들이 경량화/소형화되고 있으며 하나의 디바이스에서 여러 통신 인터페이스를 사용할 수 있을 만한 하드웨어 능력을 갖게 되었다. 이로 인하여, 사용자들은 통신 인터페이스에 구애받지 않고 주변 디바이스들과의 융합 서비스를 기대할 수 있게 되었다. 그러나 소형기기는 전력이 제한되어 있어 사용자가 원하는 서비스를 오랜 시간 사용하기 위해서는 저전력을 보장 받을 수 있는 기법에 대한 연구가 필요하다.

본 논문은 복수의 통신 인터페이스를 가진 디바이스들 간의 통신에서 능동적으로 인터페이스를 전환하는 기법에 대해 기술하였다. 통신 인터페이스를 전환하기 위한 절차는 Covers 시뮬레이션 툴로 검증하였으며 프로토타입을 구현해서 동작여부도 확인하였다. 복수의 통신 인터페이스를 항상 켜놓는 것이 아니라, 하나의 인터페이스를 사용하다가 다른 인터페이스의 사용이 필요하게 될 때 활성화 시킨 후 두 인터페이스를 전환하기 때문에 디바이스들간 전력소모량을 줄일 수 있고 통신 인터페이스의 효율성을 높일 수 있다. 그리고 스마트폰 간에 서비스 별로 파일 전송 실험을 함으로써 통신 인터페이스의 능동적인 전환으로 전력 소모가 줄어드는 것도 확인하였다.

References

- [1] J. Sim, B. Cho, Y. Ha, "Market prospects of iPad and changes of mobile industry," *Electronics and Telecommunications Trends*, vol. 25, no. 5, pp. 159-171, Oct. 2010.
- [2] G. Meyer, K. Fraemling, J. Holmstroem, "Intelligent products: A survey," *Computers in Industry*, vol. 60, no. 3, pp. 137-148, Apr. 2009.
- [3] H. Lee, S. Lee, K. Ha, H. Jang, W. Chung, J. Kim, Y. Chang, D. Yoo, "Ubiquitous healthcare service using zigbee and mobile phone for elderly patients," *Int. J. Medical Informatics*, vol. 78, no. 3, pp.193-198, Mar. 2009.
- [4] B. Lee, S. An, D. Shin, "A remote control service for OSGi-based unmanned vehicle using smartphone in ubiquitous environment," in *Proc. 3rd Int. Conf. on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks(CICSyN)*, pp. 158-163. Bali, Aug. 2011.
- [5] J. C. Nam, W. K. Seo, J. S. Bae, Y. Z. Cho, "Design and development of personal healthcare system based on IEEE 11073/HL7 Standards Using Smartphone," *J-KICS(The Journal of Korea Information and Communications Society)*, vol. 36B, no. 12, pp. 1556-1564, Dec. 2011.
- [6] J. Lee, Y. Su, C. Shen, "A comparative study of wireless protocols:bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi," in *Proc. 33rd Annu. Conf. IEEE Ind. Soc.(IECON)*, pp. 46-51, Taipei, Taiwan, Nov. 2007.
- [7] M. Ruta, F. Scioscia, T. Noia, E. Sciascio, "A hybrid Zigbee/Bluetooth approach to mobile semantic grids," *Int. J. Computer Systems Science & Engineering*, vol. 25, no. 3, pp. 49-63, May. 2010.
- [8] B. Park, J. Jung, H. Choi, O. Kwon, J. Kim, C. Lee, "UPnP-based Non-IP device link-up and service sharing mechanism under the android environment," in *Proc. 2nd Int. Workshop on Ubiquitous Computing & Applications*, pp.1-8, Sanya, China, Dec. 2010.
- [9] S. Lee, "Realization of total monitoring system used to various communication protocol," *J. Korean Institute of Information Technology*, vol. 8, no. 11, pp. 121-128, Nov. 2010.
- [10] R. Zhou, Y. Xiong, G. Xing, L. Sun, J. Ma, "ZiFi:Wireless LAN Discovery via ZigBee Interface Signatures," in *Proc. 16th Annu. Int. Conf. Mobile Computing and Networking*, pp.49-60, Chicago, USA, Sep. 2010.
- [11] Y. Lee, B. Chang, H. Doh, K. Park, J. Cha, "Analogous content selection mechanism using device profile and content profile for U-learning environments," in *Proc. 9th IEEE Int. Conf. Advanced Learning Technologies(ICALT)*, pp. 141-143, Riga, Latvia, July. 2009.

유 은 지 (Eun-ji You)



2011년 2월 충남대학교 컴퓨터공학과 졸업
2011년 3월~현재 충남대학교 컴퓨터공학과 석사과정
<관심분야> 웨어러블 컴퓨팅, 모바일 컴퓨팅, 센서 네트워크

이 승 원 (Seung-won Lee)



2010년 2월 배재대학교 컴퓨터공학과 졸업
2012년 2월 충남대학교 컴퓨터공학과 석사
2012년 3월~현재 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정
<관심분야> 미들웨어, 모바일 컴퓨팅, 분산시스템

박 경 민 (Kyung-min Park)



2010년 2월 충남대학교 컴퓨터공학과 졸업
2010년 3월~현재 충남대학교 컴퓨터공학과 석사과정
<관심분야> 모바일 컴퓨팅, 근거리 무선 네트워크, 임베디드 공학

최 훈 (Hoon CHOI)



1983년 2월 서울대학교 전자계산기공학과 학사
1990년 12월 Duke University 전산학과 석사
1993년 6월 Duke University 전산학과 박사
1983년 3월~1993년 2월 ETRI 통신시스템 연구단
1996. 3월~현재 충남대학교 컴퓨터공학과 교수
<관심분야> 모바일/분산시스템 미들웨어, Fault-tolerant 시스템, 웨어러블 컴퓨터