

대규모 In-Home Display 보급을 위한 에너지 효율적 RF 통신 프로토콜 체계

이 승 민*, 손 성 용**

An Energy Efficient RF Protocol Structure for a Large-Scale In-Home Display Deployment

Seung-Min Lee* · Sung-Yong Son**

요 약

In-Home Display (IHD)는 가정에 에너지 사용량을 실시간으로 보여줌으로써 사용자의 자발적 에너지 절감을 유도할 수 있는 대표적인 방식의 하나이다. 최근 다양한 통신 방식을 이용한 IHD가 제안되고 있으나 통신의 도달 거리와 운용상의 한계로 가구 단위로 구성되는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 국내의 대표적 주거환경인 기축 아파트 단지에 대한 IHD의 보급을 위하여 400MHz 대역의 RF 통신을 적용 한다. IHD의 활용도를 높이기 위하여 내장 배터리를 사용하는 경우 빈번한 교환을 방지하기 위하여 에너지 효율적인 운영이 필수적이다. 이를 위하여 제공 정보를 업데이트 주기에 따라 공통 전송 데이터, 장주기 갱신 데이터, 단주기 갱신 데이터 3가지 타입으로 분류하고, 각각의 프로토콜을 분리함으로써 에너지 효율적 통신 프로토콜 체계를 제안하였다. 이를 통해 서비스 품질의 저하 없이 데이터 발생량과 배터리 소모량을 각각 최대 23.4%와 31.5%로 감소시킬 수 있었다.

Key Words : In-Home Display, Energy Savings, Energy Protocol, Data Efficiency, RF

ABSTRACT

In-Home Display (IHD) is one of the most popular ways to induce voluntary customer participation in energy savings. Various communication technologies are used for recent IHD implementations, but most IHD systems are designed for each house because of their limitations such as communication coverage area and operation complexity. In this study, 400MHz RF communication is used for economical large-scale deployment of IHDs especially for apartment complexes that represent typical residential environment in Korea. Since it is essential to use internal batteries to increase the usability of IHD, the frequent changes of them should be avoided. By dividing communication data into 3 types such as common data, long term data, and short term data depending on their update periods, energy efficient communication protocol is designed and proposed. In result, the quantity of data and the battery consumption of IHD are reduced to 23.4% and 31.5% each without harming service quality.

* 경원대학교 스마트그린홈연구센터

** 교신저자: 경원대학교 정보통신공학과 교수 (xtra@kyungwon.ac.kr)

접수일자 : 2011년 1월 1일, 수정일자 : 2011년 1 30일, 심사완료일자 : 2011년 2월 1일

I. 서론

사회의 발전과 화석연료의 고갈 등으로 가구별 에너지 사용량과 에너지 비용은 지속적으로 증가되고 있다. 많은 기업들의 소비전력 및 대기전력 감소 노력에도 불구하고 각 가구의 에너지 사용량은 해마다 증가하고 있으며 거주 공간의 확대와 커진 주거 공간에 맞춘 대형 가전기기의 교체 및 사용자의 편의성을 증대시킨 제품들의 출시가 이어져 에너지 사용량 증가를 초래하고 있다 [1].

에너지 절감을 위한 많은 방법들 중에 최근 각광을 받고 있는 방식이 각 가구에서 사용하는 에너지 사용량 및 사용요금 등의 정보를 제공함으로써 사용자의 자발적 에너지 절감을 유도할 수 있는 태내 에너지 사용정보 표시 단말 (IHD: In-Home Display)이다. 이는, 단순 정보의 표시뿐만 아니라 현재와 같은 수준으로 에너지를 사용할 경우 납부하게 될 예상요금을 안내하여 사용자의 자발적 에너지 절감을 유도할 수 있다 [2]. IHD는 태내 에너지/자원 소비의 실질적 주체이나, 최신 기기 환경에 익숙치 않은 주부를 대상으로 간편하게 사용할 수 있고 지나다니면서 항상 볼 수 있는 곳에 위치시켜 주의 환기와 사용자의 참여를 유도할 수 있어 그 유용성이 크다.

최근 개발되고 있는 IHD는 Zigbee나 PLC 기술에 기반하고, Color LCD를 탑재하며, 스마트미터와 연계하여 정보를 디스플레이 하거나 각종 기기를 제어할 수 있는 기능을 탑재하는 경우가 일반적이다 [3]. 그러나 고가이고, 전력 소비량이 비교적 높아 별도의 전원을 필요로 하므로 보급성이 떨어지는 경향이 있다. 또한, 사용되는 통신의 특성에 따라 가구 단위로 통신 체계가 구축되는 경향이 있어 대량의 보급에는 부적합한 측면이 있다. 특히 홈네트워크와 같은 침단 인프라를 갖추지 않은 기축 아파트를 대상으로 보다 경제적인 보급을 위해서는 최소한의 설비로 아파트 단지 전체를 사용할 수 있는 IHD 체계가 필요하다.

본 연구에서는 단지 전역에 대해 간편하게 IHD를 보급할 수 있는 인프라로 400Mhz대역의 RF통신방식을 채용하여 전파 도달거리를 확장하였다.

또한, 사용성을 높이기 위하여 배터리 방식으로 별도의 전원 공급이 필요하지 않도록 IHD를 구성하는 것을 전제로 Customized LCD를 사용한 저전력 IHD를 적용 대상으로 하였다.

대규모 단지에 상기 IHD 인프라를 보급하였을 때, 배터리 소모의 주원인인 RF 송출 및 수신대기 시간을 최대한 줄일 수 있는 방법과, 각 IHD 당 송수신 통신 점유율을 줄일 수 있는 통신 방식을 설계하고 제안하였다. 무선 상의 패킷량을 최대한 줄이기 위해 본 논문에서는 송수신 데이터 패킷을 3가지 타입으로 분류하여 적용한 에너지 정보 디스플레이 기기의 효율적인 통신 프로토콜 구조를 제안하였다. 초기 프로토콜과 제안된 프로토콜 구조를 비교하고 성능 분석을 통해 프로토콜의 적합성을 증명하였다.

II. 초기 프로토콜 구조

2.1 In-Home Display (IHD)

본 연구에서 사용된 IHD는 그림 1과 같은 구성을 가지고 있다. IHD에 표시될 정보는 5종 검침(전기, 가스, 수도, 온수, 난방) 에너지 및 자원 사용량을 기본으로 하며, 날짜와 날씨정보(현재, 오늘, 내일의 최고 최저온도 및 기상정보)를 포함하고 있다. 또한, 에너지 사용정보로 현재 및 당월 예상 사용량과 사용요금, 이산화탄소 배출량 등이 제공되며, 에너지 요금의 누진단계를 표시한다. 전년 대비 현재 사용량과의 7단계 비교가 가능하며 아파트 단지 평균 대비 에너지 사용량을 가늠할 수 있다. IHD가 필요로 하는 데이터 목록은 표 1과 같다.

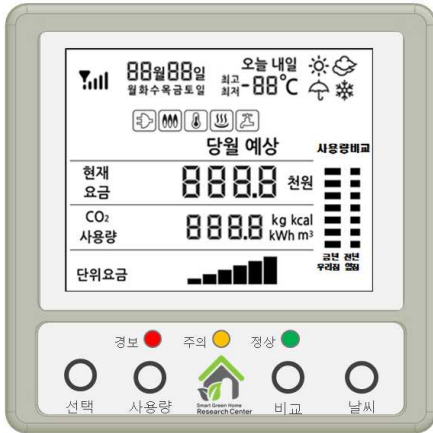


그림 1. In-Home Display 구성
Fig. 1 In-Home Display Configuration

2.2 초기 프로토콜 구조

아파트 단지의 IHD 인프라는 그림 2와 같이 구성된다. 단지 서버는 송출기와 연결되어 전체 단지로 IHD 정보를 송출하는 역할을 담당하며, 전체 단지를 지원하기 위하여 복수의 중계기를 사용하여 음영지역이 없도록 한다. 중계기는 단지서버와 연결된 송출기와 통신하며, IHD가 요구한 정보를 중계하는 역할을 담당한다. IHD는 중계기와 연결되며, 필요한 정보를 수신하여 디스플레이한다.

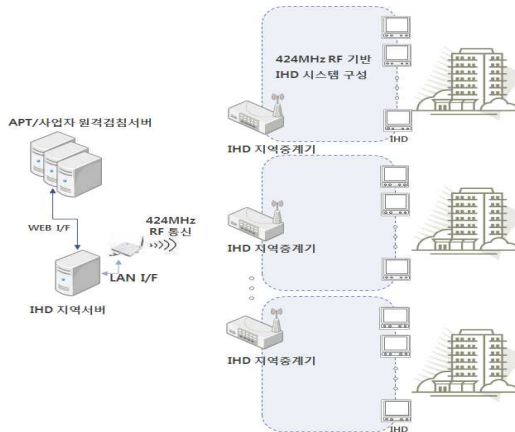


그림 2. 실증용 IHD 시스템 구성도
Fig. 2 IHD System Configuration for Field Test



그림 3 초기 프로토콜 구조
Fig. 3 Original protocol structure

초기 프로토콜 구조는 그림 3과 같이 IHD가 자신의 주소 (동 : A_Addr1, 호 : A_Addr2)를 이용하여 무선 400MHz 대역으로 데이터를 요청(명령코드:21)하면 중계기는 요청 패킷을 수신하고 다수의 중계기 설치로 인해 발생할 수 있는 충돌 문제를 해결하기 위해 명령코드를 11로 변경하여 송출기에게 전달한다. 송출기는 이더넷을 통해 단지 서버에게 데이터를 요청하고 요청받은 단지 서버는 해당 가구의 데이터를 검출하여 프로토콜에 맞게 패킷을 구성한 뒤 데이터를 전송한다.

데이터 전송은 표 1에서 제시한 데이터 목록의 모든 정보를 제공하기 위하여 4번에 나누어 전송하는 구조로 되어 있다. 전체 데이터 패킷의 크기는 200Byte이고, 표 2에 제시된 헤더가 추가되는 경우 260Byte가 된다. 헤더는 IHD의 주소와 몇 번째 패킷인지를 나타내는 시퀀스 번호, CRC를 포함한다. RF모듈 특성상 1회 최대 70Byte가 전송 가능하므로[4] 각 가구의 1회 데이터 전송 횟수는 최소 4번이 된다. 이러한 방식은 가구수의 증가에 따른 전체 패킷량 증가와, 이에 따라 전송횟수와 충돌 발생 횟수가 증가하여 적절히 대응하기에는 한계가 있다.

표 1. IHD 데이터 목록
Table. 1 Data List for IHD

항 목	설 명
CMD	21 - 데이터 요청 / 22 - 데이터 응답
A_Addr1	동 번호
A_Addr2	호
U_Date	날짜정보(년,월,일,시,분,초)
Wday	요일 - 일(1),월(2) ... 토(7)
Weat	날씨 - 맑음, 흐림, 비, 눈 조합 표기
W_td_H	오늘 최고 온도
W_td_L	오늘 최저 온도
W_tm_H	내일 최고 온도
W_tm_L	내일 최저 온도
Svc1	서비스 종류 전기 - "1"
C_won	현재요금(원)
C_usg	사용량(KWh)
C_co2	탄산가스 배출량(Kg)
C_ac	해당단위요금 - 현재 누진단계표시(1~6)
C_last	전년비교 - 현재사용량과 비교(1~7 단계)
C_neig	옆집비교 - 현재사용량과 단지 평균 비교
E_won	당월 예상 요금(원)
E_usg	당월 예상 사용량(KWh)
E_co2	당월 예상 탄산가스 배출량(Kg)
E_ac	당월 예상 해당단위요금(1~6 단계)
E_last	전년비교 - 당월예상량과 전년동기 비교
E_neig	옆집비교 - 당월예상량과 단지평균 비교
Svc2	서비스 종류 가스 - "2"
	전기의 세부 항목과 동일(단위 : m)
Svc3	서비스 종류 난방 - "3"
	전기의 세부항목과 동일(단위 : cal)
Svc4	서비스 종류 온수 - "4"
	전기의 세부 항목과 동일(단위 : m)
Svc5	서비스 종류 수도 - "5"
	전기의 세부 항목과 동일(단위 : m)

표 2. Data Header 패킷 구조
Table. 2 Data Header Packet Structure

DLE	STX	Addr1	Addr2	SEQ	...	Data	...	CRC	DLE	ETX
-----	-----	-------	-------	-----	-----	------	-----	-----	-----	-----

III. 개선된 프로토콜 구조

3.1 제안된 프로토콜

초기 프로토콜의 문제점을 해결하기 위해 데이터의 종류를 3가지로 분리하였다. 날짜, 날씨정보와 같이 모든 IHD에게 동일하게 공급해야할 데이터는 단지 공통정보 패킷으로, 가구마다 공급할 데이터는 다르지만 잦은 업데이트는 필요치 않은 예상사용량 같은 데이터를 세대별 일간정보 패킷으로 분류하여 하루 1번 전송한다. 현재 사용량과 같이 수시 업데이트가 필요한 데이터를 세대별 실시간정보 패킷으로 구성하여 지정 간격마다 업데이트 되도록 하였다. 단지 공통정보 패킷의 경우 서버로 개별 요청하지 않고 단지 공통 브로드캐스팅정보 패킷을 통해 미리 지정한 시간에 IHD가 수신 대기하고 있으면 서버가 브로드캐스팅 하고 수신하지 못했을 경우에만 단지 공통정보 패킷을 요청하는 형태로 구성하여 통신량을 줄였다.

제안된 프로토콜의 송수신 순서도는 그림 4와 같다. IHD는 지정된 시간에 단지 공통 브로드캐스팅정보 패킷을 수신 대기하여 패킷 수신에 성공하면 세대별 일간정보 패킷을 요청하고 실패시 지정된 시간 경과 후 단지 공통정보 패킷을 요청하여 수신한다. 세대별 실시간정보 패킷 수신에 성공할 경우 세대별 실시간정보 패킷을 요청하고 완료 시 세대별 일간정보 패킷에서 지정한 시간에 한 번씩 업데이트를 실시하여 최신상태를 유지한다.

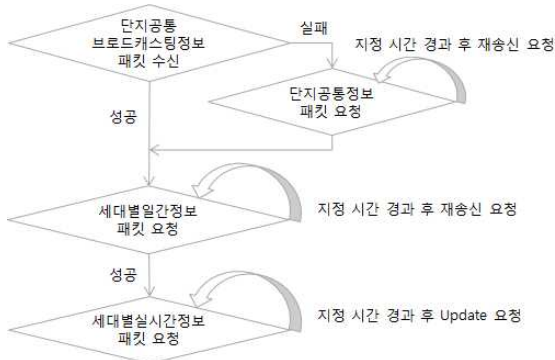


그림 4 Data Packet 통신 순서도
Fig. 4 Data Packet Communication Sequence

3.2 데이터 요청 패킷 구조

IHD는 배터리 절약을 위해 슬립모드에 있다가 지정 시간이 되면 서버에게 데이터 송신을 요청하는 패킷을 보내고 정상 수신시 슬립모드로 되돌아간다. 데이터 요청 패킷의 구조를 표 3에 표시하였다. 패킷은 DLE(0x10) + STX(0x02)로 시작하고 DLE(0x10) + ETX(0x03)로 끝난다. IHD_ID는 2Byte, 5자리로 자신의 ID를 표시하여 최대 65,000개의 IHD를 수용할 수 있다. CMD는 요청 패킷의 종류를 의미하며 3.1절에서 설명한 3가지 종류의 패킷을 의미한다.

표 3. Data Request 패킷 구조
Table. 3 Data Request Packet Structure

DLE	STX	CMD	IHD_ID	DLE	ETX
-----	-----	-----	--------	-----	-----

3.3 단지 공통정보 패킷 구조

단지 공통정보 패킷은 전체 IHD가 수신할 데이터를 담은 패킷으로 구조는 표 4와 같다. 날짜(U_Date), 요일(Wday), 날씨(Weat), 오늘의 최고 온도(W_td_H), 최저온도(W_td_L), 내일 최고온도(W_tm_H), 최저온도(W_tm_L), 데이터 미 수신시 재요청 주기(Retry_Period), 데이터 업데이트 요청 주기(Svc_update_Period)를 포함한다. 5종

검침을 제공하지 않는 아파트 단지는 해당 아파트에서 지원하는 타입만 선택하여 송신할 수 있도록 Svc_update_type에서 해당 타입을 지정하여 데이터량을 줄였다. 전체 IHD에게 동일한 데이터를 보내는 것이므로 통신량 최적화를 위해 지정된 브로드캐스팅시간을 이용하여 한 번에 모든 IHD에게 전송한다. 브로드캐스팅 시간에 데이터 수신을 하지 못한 IHD는 개별적으로 데이터를 요청하여 수신한다.

표 4. 단지 공통정보 패킷 구조
Table. 4 Complex Common Info Packet Structure

DLE	STX	CMD	IHD_ID	U_Date	Wday
Weat	W_td_H	W_td_L	W_tm_H	W_tm_L	Retry_Period
Svc_update_Period	Svc_update_type	CRC	DLE	ETX	

3.4 세대별 일간정보 패킷 구조

세대별 일간정보 패킷은 각 가구별 데이터지만 자주 업데이트 되지 않는 데이터를 하루 한 번 전송한다. 세대별 일간정보 패킷의 구조는 표 5와 같다. 현재요금 대비 전년비교(C_last), 옆집비교(C_neig), 당월 예상요금 대비 전년비교(E_last), 옆집비교(E_neig) 등의 비교 정보와 당월 예상요금(E_won), 예상 사용량(E_usg), 예상co2배출량(E_co2), 예상 단위요금(E_ac)과 같은 예상 사용량 정보가 포함된다. 단지 공통정보 패킷의 Svc_update_type에서 지정한 타입만 수신되며 수신될 패킷의 사이즈 판단을 위해 Svc_update_type으로 사이즈와 업데이트 종류를 판단한다.

표 5. 세대별 일간정보 패킷 구조
Table. 5 Household Daily Info Packet Structure

DLE	STX	CMD	IHD_ID	Svc_update_type		
Type1	C_last	C_neig	E_won	E_usg		
	E_co2	E_ac	E_last	E_neig		
Type2	Type3	Type4	Type5	CRC	DLE	ETX

3.5 세대별 실시간정보 패킷 구조

세대별 실시간정보 패킷은 자주 업데이트 되어야 할 필요가 있는 데이터 즉, 현재요금(C_won), 사용량(C_usg), CO2배출량(C_co2), 단위요금(C_ac)과 같은 현재 사용 정보가 포함된다. 단지 공통정보 패킷에서 설정한 주기에 한 번씩 업데이트하며 구조는 표 6과 같다.

표 6. 세대별 실시간정보 패킷 구조
Table. 6 Household Realtime Info Packet Structure

DLE	STX	CMD	IHD_ID	Svc_update_type			
Type1	C_won	C_usg	C_co2	C_ac			
Type2	Type3	Type4	Type5	CRC	DLE	ETX	

IV. 성능 분석 및 평가

4.1 통신량 비교

초기 프로토콜의 경우 전체 데이터의 수신을 위해서는 4번의 송신이 요구된다. 연속된 4번의 송수신 과정 중 하나의 데이터라도 수신하지 못하면 다음 과정으로 넘어갈 수 없어 전체 통신량이 증가하지만 제안방식은 업데이트 데이터만 송신하므로 최소한의 통신량으로 수신이 가능하다. 프로토콜 간 통신량의 비교를 위하여 단지 규모인 1,000가구를 대상으로 기존과 제안된 방식을 적용하였다.

지정된 시간에 송신되는 구조인 단지 공통 브로

드캐스팅정보 패킷을 적용하여 1,000가구 기준 1일 1회 전송시 패킷량은 273KB(적용 전) : 124KB(적용 후)로 그림 5와 같이 전체 데이터량이 초기 대비 45.4%로 줄었음을 확인하였다. 단지 공통 브로드캐스팅정보 패킷과 세대별 일간정보 패킷을 적용하여 1일 1회 수신하고 세대별 실시간정보 패킷을 1일 6회 (4시간 간격 업데이트) 전송하였을 경우 통신량은 1,638KB : 384KB로 초기 프로토콜 대비 23.4%로 줄었다. 세대별 실시간정보 패킷 요청 간격을 줄여 10분 간격으로 업데이트(일 144회)를 실시한 결과 초기 프로토콜은 여전히 전체 데이터를 보내야 하므로 1일 송수신량은 39.31MB가 되나 제안하는 프로토콜은 7.56MB로 초기 대비 19.2%로 감소하였다. 제안하는 방식으로 송수신할 경우 데이터 요청간격을 더 줄여도 송수신량은 20% 수준으로 유지되었음을 확인하였다.

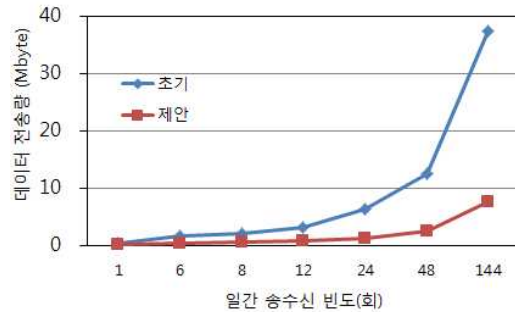


그림 5. 프로토콜에 따른 통신량 비교
Fig. 5 Communication Data Comparison

표 7. 데이터 송수신 시간 비교
Table. 7 Data Communication Time Comparison

분 류	데이터량(Byte)	송수신 시간(ms) 패킷량*전송시간*전송횟수
초기 패킷 요청	13	$(75ms + (11 * 4.5)) = 124.5 \text{ ms}$
초기 패킷 수신	260	$((380ms * 3) + 290ms) = 1430 \text{ ms}$
단지공통정보 패킷	24	$(75ms + (22 * 4.5)) = 174 \text{ ms}$
세대별일간정보 패킷 송수신	$7 + 65 = 72$	$(75ms + (5 * 4.5)) + (75ms + (63 * 4.5)) = 456 \text{ ms}$
세대별실시간정보 패킷 송수신	$7 + 45 = 52$	$(75ms + (5 * 4.5)) + (75ms + (43 * 4.5)) = 366 \text{ ms}$
1,000가구 일 6회 송수신(초기)	1,638,000	$(124.5 + 1430) * 1000 * 6 = 9,327 \text{ s}$
1,000가구 일 6회 송수신(제안)	384,024	$(174 + 456 * 1000) + (366 * 1000 * 6) = 2,652 \text{ s}$
일 6회 송수신 시 최대 수용 가구(초기)	2,546,271	$86,400,000 \text{ ms} / (124.5 + 1430) * 6 = 9,263 \text{ 가구}$
일 6회 송수신 시 최대 수용 가구(제안)	$24 + (72 * 32579) + (52 * 6 * 32579) = 12,510,360$	$86,400,000 \text{ ms} / (456 + (366 * 6)) = 32,579 \text{ 가구}$

4.2 통신 점유 시간 비교

본 연구에 적용된 RF 모듈의 데이터 전송시간은 최소 75ms(2byte)가 소요되며 전송할 데이터가 1byte씩 증가할 때 마다 4.5ms가 소요되어 70Byte 전송 시 380ms가 소요된다 [4].

초기 프로토콜의 형태로 송수신할 경우 데이터 요청과 수신에 표 7과 같이 1,554.5ms가 소요되는 반면, 제안하는 방식은 996ms가 소요된다. 가구 수와 전송 횟수의 증가는 통신량의 증가로 이어진다. 1,000가구를 대상으로 일 6회 송수신 할 경우 초기 프로토콜은 9,327초가 걸린 반면 제안 방식은 2,652초가 소요되어 초기 대비 351%의 데이터 전송이 가능하다. 이와 같은 방식으로 가구 당 일 6회 데이터 전송시 최대 수용가구를 계산하면 데이터 오류가 없을 때 초기 방식에서는 최대 9,263가구에 그쳤지만 제안 방식에서는 최대 32,579가구의 수용이 가능한 것으로 나타났다.

4.3 배터리 소모량 비교

IHD에 적용된 RF 모듈은 RF송신 시에 45mA를 소모하며, 수신대기 시에 35mA를 소모한다 [4]. RF 모듈을 제외한 Customized LCD와 메인 보드의 기능 유지에 소모되는 전력은 일정하므로 RF모듈을 중심으로 슬립모드를 제외한 송수신 시의 전류량을 비교하였다. 각 가구별 IHD 송수신 모듈의 일일 전류소모량은 일 6회 송수신을 기준으로 초기 프로토콜을 사용하였을 때 패킷 요청시 747ms가 소요되어 0.56mAH의 전류량을 소모하고 패킷 수신시 8,580ms를 소비하여 5mAH를 소모한다. 제안하는 방식으로 데이터를 송수신할 경우 총 데이터 송신에 682.5ms가 소요되고 전류량은 0.51mAH가 소비된다. 데이터 수신시에는 2143.5ms가 소요되며 1.25mAH가 소비되어 총 68.5%의 절감이 가능하다.

V. 결론

본 논문에서는 IHD의 효율적인 보급과 활용을 위하여 400MHz RF 통신을 사용하는 인프라를 기

반으로 효율적 운용 프로토콜을 설계하였다. 정보의 종류에 따라 3가지 메시지 타입으로 데이터를 분류 전송하도록 하여 데이터량과 배터리 소비량을 초기 대비 각각 23.4%와 31.5%로 감소시켰다. 감소된 데이터량을 기반으로 보다 많은 가구에 IHD 데이터를 제공할 수 있는 환경의 구축이 가능하며, 이는 인프라의 투자 비용을 최소화 하여 IHD의 보급 활성화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, IHD의 배터리 소비량을 감소시켜 사용성을 보다 높여줄 수 있다. 제안된 프로토콜은 RF 방식 뿐 만이 아니라 다른 통신 방식의 IHD에도 효율 개선을 위해서 확장이 가능할 것이다.

후 기

본 연구는 2011년도 산업기술평가원의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 에너지경제연구원, “에너지총조사 보고서2008” 지식경제부, pp.164, 2008.
- [2] 최태섭, 고경록, 박성찬, 임상국, 윤용태, “소비자 에너지 정보 표시 장치를 이용한 에너지 절감 효과의 분석” *대한전기학회*, pp.535-536, 2009.
- [3] 송재주, 김영일, 고종민, “스마트그리드 활성화를 위한 IHD 기술동향 및 국내외 전력절감 사례 분석” *대한전기학회*, pp.525-526, 2010.
- [4] AUTOMAN, “A3007B Datasheet”, 2006.

저자약력

이 승 민 (Seung-Min Lee)



2009년 한국교육개발원
정보통신공학(공학사)
2007년~현재 경원대학교
스마트그린홈연구센터
2011년~현재 경원대학교
전기전자공학과
석사과정

<관심분야> 스마트그리드, 임베디드시스템,
에너지효율

손 성 용 (Sung-Yong Son) 정회원



2000년 Univ. of Michigan 박사
1992~1995년 LG 소프트웨어
2000~2004년 포디홈네트
2004~2005년 아이크로스
테크놀로지
2006년~현재 경원대학교
에너지IT학과 조교수

<관심분야> 스마트그리드, 스마트홈