

# 전력선 기반의 론웍스 네트워크를 제공하는 홈 자동화 구성 관리 제어기 구조

이장은 · 박준희 · 손영성 · 문경덕 <한국전자통신연구원>

## 1. 개요

오늘날 전통적인 홈 자동화 서비스는 진화하기 시작하여, 인터넷과의 연결을 통해 다양한 서비스들이 창출되고 있으며, 심지어는 홈 자동화 서비스를 점차 대중화 시키기 위한 방편으로 홈 서버가 홈 내의 다양한 디바이스들에 대한 정보를 스스로 수집하여, 사용자가 요구하는 서비스를 동적으로 연결시키고자 하는 자가 구성에 대한 기능이 점차 요구 되어 지고 있다.

홈 자동화(Automation)는 제어 및 자동화 시스템 분야에서 근래에 가장 각광을 받고 있는 분야다. Echelon사에서 개발, 공급하고 있는 LonWorks는 다양한 통신 매체를 지원하지만, 특히 전력선을 통한 홈 자동화의 종합 솔루션을 제공하는 시스템이다. LonWorks 시스템은 ANSI 표준으로 등록되어 있는 EIA709.1 (LonTalk) 이라고 하는 네트워크 프로토콜을 이용해서 통신을 하며, 자체적으로 개발한 LNS (LonWorks Network Service)라고 하는 비표준화된 구성 관리 기술을 통해서 네트워크를 구성 관리하도록 하고 있다.

또한, 다양한 소형 디바이스들간의 상호 운용성을 지원하기 위해서 LonMark 라고 하는 컨소시엄을 구성하여 디바이스들 간의 인터페이스를 표준화 하는

작업을 진행하고 있다.

LonWorks는 OSI 7 계층을 모두 수용하는 네트워크 프로토콜과 응용 수준에서 네트워크를 구성, 관리, 제어할 수 있는 관리/진단 메시지와 자료구조를 정의하고 있다. 또한, 강력한 구성 관리 툴에 의한 강력한 망의 설정(Configuration) 기능을 갖으며, 설정 완료 이후에는 디바이스들 끼리 완벽한 분산 연동 시스템을 구성할 수 있다.

아래의 그림1은 론웍스 시스템의 모든 노드들이 가지고 있는 뉴런칩의 내부 구성 도를 나타낸다. 그림을 보면 론웍스 통신을 위한 MAC 프로세서와 네트워크 프로세서, 그리고 디바이스 응용 프로그램을 수행하는 응용 프로세서 등, 3개의 프로세서로 구성된 8비트 마이크로 프로세서가 있다.

론웍스의 통신 미디어는 앞에서 기술한 바와 같이 전력선(PLC), TP(Twisted Pair), RF 등 다양하며, 이들은 트랜시버(Transceiver)라는 ASIC 으로서 뉴런칩의 MAC 프로세서와 연결된다.

뉴런칩은 전등, 센서 등의 실제 전기 디바이스와 인터페이스 할 수 있는 입출력(IO) 핀을 가지고 있다. 디바이스 개발자는 뉴런칩의 입출력 핀에 자신들의 디바이스를 물리적으로 연결하여 론웍스 디바이스를 디자인한다. 이러한 여러 장점에도 불구하고 론웍

스 기술은 필드버스 시스템 분야에서 널리 사용되지 못했다. 그 주요한 이유는 다음과 같다.

먼저 뉴런C컴파일러를 비롯한 LonMaker등의 론웍스 개발 장비가 매우 고가이라는 점이다. 이러한 점은 론웍스 개발자로 하여금 개발비용에 대한 부담을 안겨주는 원인이 되었다.

그림1의 뉴런칩에 의해 구동되는 모든 단말기는 뉴런칩 자체의 처리 능력(10MHz)의 한계와 2(Kbyte) 데이터 메모리, 42(Kbyte) 프로그램 메모리의 한계로 인하여 복잡한 응용 프로그램이나 알고리즘을 구현할 수 없었다. 그러나 뉴런칩을 사용하는 노드에 대한 제약은 본 논문에서 제안하는 홈 자동화 제어기 상에 올라가 있는 LonTalk 프로토콜 소프트웨어 모듈로 인하여 뉴런칩이라는 하드웨어에 대한 제약사항을 없앨 수 있었다. 그러므로 본 논문에서는 시스템 개발 비용을 줄이며 유연성 및 확장성을 증가시키는 뉴런칩을 사용하지 않은 새로운 홈 자동화 제어기를 제안한다. 또한 제안된 홈 자동화 제어기는 론웍스 네트워크를 구성 관리할 수 있는 소프트웨어 구조를 지원함으로써 다양한 서비스를 구현할 수 있다.

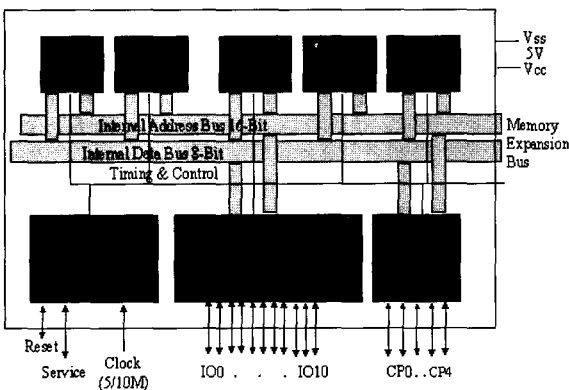


그림 1. 뉴런칩의 내부 구성도

## 2. 제안된 홈 자동화 제어기 구조

그림2는 ECONICS라 불리는 홈 자동화 제어기의

하드웨어 구성 도를 보여준다. 제안된 홈 자동화 제어기의 메인보드는 높은 처리능력을 가진 내장형 프로세서 및 많은 정보를 수용할 수 있는 충분한 양의 메모리, 백색 가전기기 등의 마이크 컴퓨터와 통신을 위한 Serial Port 및 센서, 액츄에이터 등을 구동시킬 수 있는 I/O Port로 구성된다. 그림에서 전력선 모뎀은 저비용의 8비트 프로세서 및 트랜시버, 커플링 (Coupling Circuit) 회로로 구성된다.

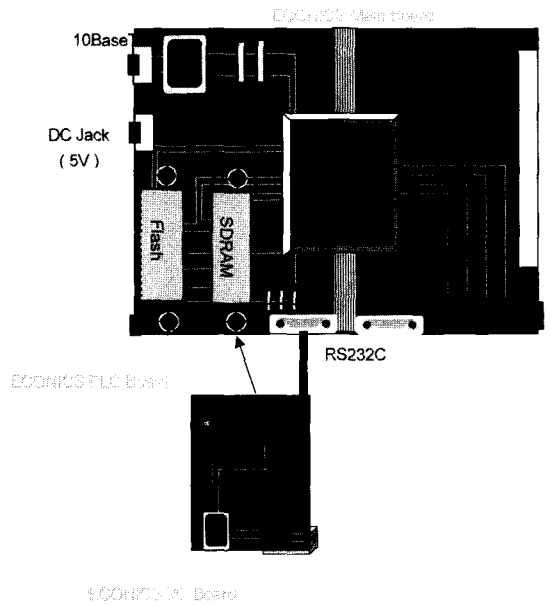


그림 2. 제안된 홈 자동화 제어기의 하드웨어 구성도

그림 3은 홈 자동화 제어기의 하드웨어 플랫폼인 ECONICS의 실제 제작된 모습을 나타낸다.

그림4는 홈 자동화 제어기인 ECONICS상의 LonTalk 프로토콜 링크(Link)층과 물리(Physical)층 사이에서 다리 역할을 하는 전력선 모뎀의 구성 도를 나타낸다. 전력선 모뎀은 그림에서와 같이 모뎀 전체에 전원을 공급하는 전원부, 링크 층과 통신을 위한 RS 232시리얼 포트, MAC 프로세서의 기능을 하는 8051 MCU, MAC 프로세서와 트랜시버 사이에 통신을 위한 FPGA, 전력선으로부터 수신한

데이터와 송신한 데이터를 일시 저장하기 위한 버퍼로 사용되는 SRAM, 론웍스 프로토콜의 물리 층으로 신호를 전송하기 위한 PLT 22 트랜시버 및 AC220(V)의 전력 성분을 제거하고 신호 성분만을 걸러내는 역할을 하는 Coupling 회로, 미디어와 직접 접속을 위한 AC220(V) 포트가 구성된다.

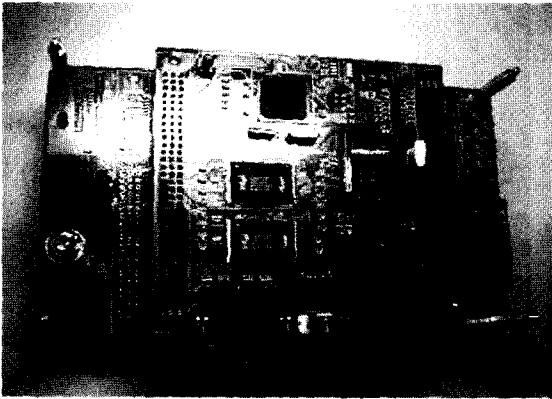


그림 3. 제작된 ECONICS 보드

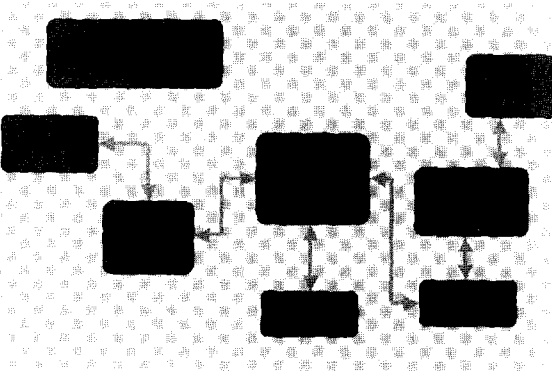


그림 4. 전력선 모뎀 구성도

그림 5는 5.4[Kbps]의 전송속도를 가지며 ECONICS와 RS 232 라인을 통해 9600bps로 통신을 하는 전력선 모뎀의 실제 구현된 모습을 나타낸다.

제작된 전력선 모뎀의 MAC 알고리즘은 Predictive P persistent CMSA를 사용한다. 이는 P presistent CSMA 프로토콜의 변종으로써 현재의

매체의 부하를 예측하여 충돌(collision)을 예측하여 채널 접근을 임의화(randomize)하는 방법으로써 송신을 원하는 한 노드는 언제나 임의의 지연 시간 후에 채널에 접속하는 방식이다. 그림 6은 Predictive P persistent CSMA를 나타낸다.

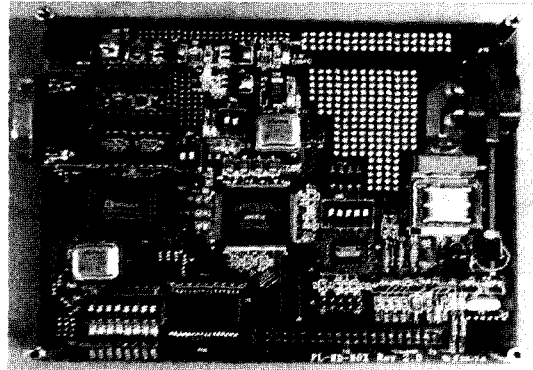


그림 5. 제작된 전력선 모뎀 보드

그림 6을 보면 송신 시 Backlog값에 의하여 임의의 윈도우(window)를 생성하게 되는데 이는 매체의 부하가 많은 때는 윈도우의 크기가 커지고 부하가 적을 때는 윈도우의 크기를 적게 한다. 윈도우의 크기를 가변적으로 함으로써 충돌을 확률적으로 피하게 되어 충돌 회피(collision avoidance) 알고리즘이라 할 수 있다.

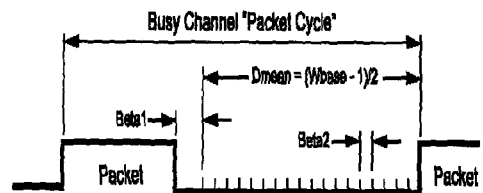


그림 6. Predictive P-persistent CSMA

그림 7은 위와 같은 하드웨어 플랫폼상에 올라가는 제안된 홈 자동화 제어기의 통신 소프트웨어 스택을 보여준다.

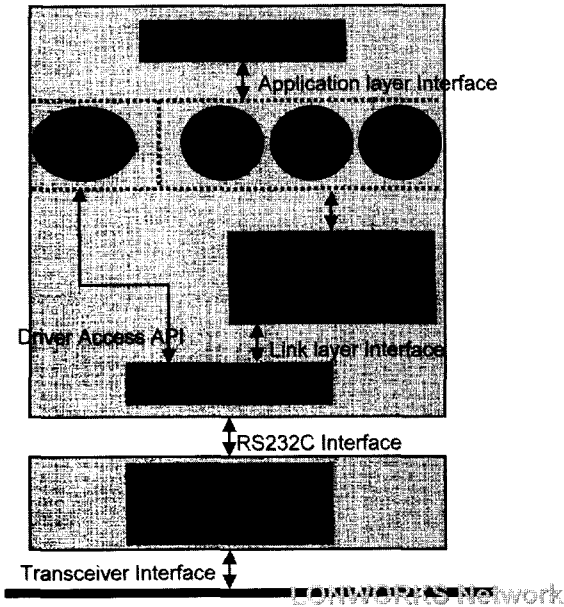


그림 7. 제안된 홈 자동화 제어기의 통신 프로토콜 스택

위 그림에서 EIA 709.1 프로토콜의 물리 층 및 MAC층은 전력선 모델에 구현 되었고 나머지 OSI 7 Layer중 링크(Link)층 이상은 ECONICS 메인 보드에 통신 소프트웨어 스택으로 구현되었다. 그림 8.은 ECONICS내에 구현된 EIA 709.1 통신 프로토콜 스택을 나타낸다. 각 층은 프로토콜에서 정의된 기능을 행하기 위해서 모듈화 되어있으며, 함수 호출에 의해서 다음 층으로 처리된 패킷을 전송한다. 그림을 보면 LPMD(LonTalk Protocol Module Daemon) 와 LPMC(LonTalk Protocol Module Client)의 두개의 프로세서로 구성되는데 LPMD는 EIA 709.1 프로토콜을 구현한 프로토콜 프로세서로 ECONICS내에 포팅 되어 커널 상에서 동작되는 핵심 모듈이다.

그림 9에 나타내고 있는 LPMC는 LPMD의 기능을 LonWare에 제공하기 위한 인터페이스를 포함하는 프로세서로써 IPC 통신을 통하여 LonWare에 각종 프로토콜 정보와 이벤트를 전달해 주는 역할을 한다.

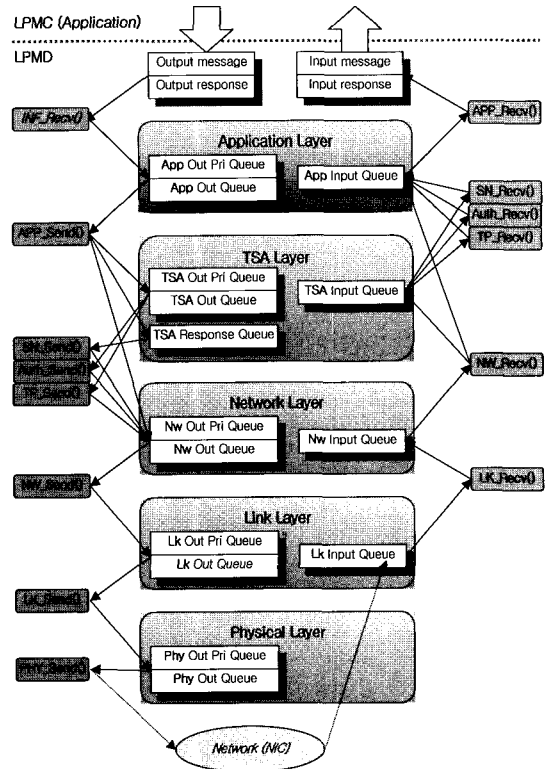


그림 8. 구현한 LPMD 프로토콜 모듈

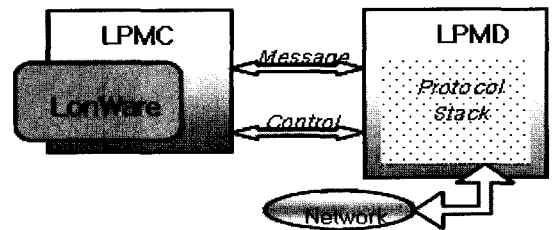


그림 9. 구현한 LPMC 프로토콜 모듈

그림 10은 론웍스 네트워크를 구성 관리하는 미들웨어인 LonWare의 구조이다. LonWare는 요청(request)/응답(response) 서비스 기반의 네트워크 관리 및 진단 메시지를 통해 론웍스 네트워크상의 디바이스들을 구성 관리하며, 데이터들을 데이터베이스에 저장시킨다.

LonWare는 네트워크 프로토콜(LonTalk Protocol)과 네트워크 관리 메시지 층(Network Ma-

agement Messaging Layer), 그리고 Network Management Core로 구성된다. 네트워크 관리 메시지 층은 간단한 LonTalk Messaging 인터페이스 (Send/Receive)를 제공한다. 이 계층에서는 메시지의 Explicit, Implicit에 따라서 메시지 구성을 달리 하며, 응용 주도 메시지(Application Initiative Message), 응답 메시지(Response Message), 인터페이스 명령 메시지를 구분하여 세 가지 인터페이스를 제공한다. Network Management CORE는 상위 계층인 SML(Service Management Layer)에서 좀더 간편하게 론웍스 네트워크 메시지를 송수신할 수 있는 API를 제공한다.

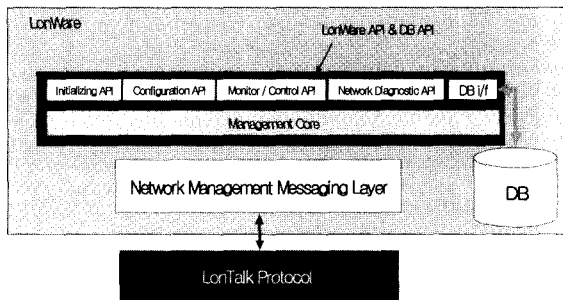


그림 10. LonWare 구조

론웍스의 구성관리자는 네트워크 관리/진단 메시지를 통해서 현재 네트워크 상에 존재하는 다양한 론웍스 디바이스들을 구성 관리 한다. 구성 관리 서비스는 크게 세 단계로 나눌 수 있다. 첫째는 네트워크의 초기화 과정이다. 네트워크의 초기화라 함은 물리적으로 네트워크에 연결되어 있는 디바이스들을 찾고, 디바이스의 수집 가능한 모든 정보를 모아서 구성 관리자의 DB에 저장하는 것이다. 둘째는 디바이스의 구성 및 서비스 설정 과정이다. 디바이스들의 모든 정보를 가지고서 실제 사용자가 원하는 서비스를 위해서 디바이스들을 연결하는 과정이 여기에 속한다. 셋째는 서비스 해제 과정이다. 서비스 해제를 위해서 실제적으로 동작하는 것은 서비스 생성과정과 거의 동

일하므로, 앞의 두 과정에 구성관리자의 모든 기능이 포함된다 할 수 있다.

네트워크에 물리적으로 연결되어 있는 디바이스에 관한 정보를 얻기 위해서는 먼저 네트워크 상에 존재하는 디바이스의 주소(Neuron ID)를 알아내야 한다. 디바이스의 주소를 알아내는 방법은 서비스 핀 메시지를 이용하는 방법과 Query ID (0x61) 메시지를 이용하는 방법이 있다. ETRI LonWare ver 1.0에서는 Query ID 메시지를 이용하여 현재 Application Unconfigured 상태의 노드에 대해서 주소를 물어보는 방법을 이용한다.

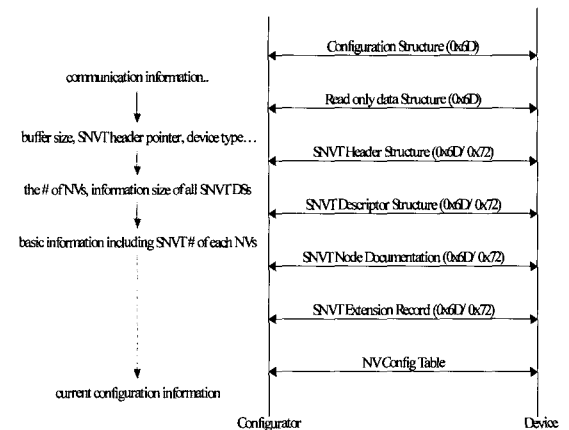


그림 11. 디바이스 정보 수집 과정의 메시지 흐름

디바이스의 네트워크 주소를 알아낸 후에는 디바이스가 가지고 있는 정보를 수집하는 과정이 필요하다. 디바이스의 정보를 수집하는 방법에는 “Upload from Device”방법과 “XIF 파일”을 이용하는 방법이 있다.

그림 11은 구성 관리자가 네트워크에 연결된 디바이스를 찾은 후 “Upload from Device” 방법을 통하여 디바이스에게서 주요 자료구조를 읽어 들이는 과정을 보여준다. 그림에서와 같이 디바이스로부터 얻어오는 정보는 Configuration, Read Only, SNVT header descriptor node doc. extension, 그

리고 NV Config 테이블 순서이며, 이 정보를 읽어오는데 활용되는 관리 메시지는 Read Memory (0x6D) 와 Query SNVT(0x72) 이다. XIF 파일은 LonMark에서 정의한 디바이스 정보 파일이다. 디바이스가 가지고 있는 모든 정보를 파일 형태로 표현한 것으로서 디바이스 개발자에 의해서 제공되어야 한다.

디바이스를 찾고, 그 정보를 수집한 후 구성관리자는 디바이스에게 뉴런(Neuron) ID가 아닌 논리 네트워크 주소를 할당한다. 이 주소는 서브넷(Subnet) 주소와 노드 주소로 이루어져 있어서, 망 관리에 유용한 주소 체계를 이루게 된다. 이때, 구성관리자에게 새롭게 할당 받은 주소는 Update Domain 관리 메시지를 통해서 디바이스의 Domain 테이블에 쓰여지게 된다. 네트워크에 물리적으로 연결되어 있는 모든 디바이스에 대해서, 이러한 과정이 수행되면 네트워크 초기화 과정이 완료된다. 모든 디바이스에 대한 정보를 DB화 하여 구성관리자가 구축한 후에는 사용자의 요구를 수용하는 서비스 생성 절차가 필요하다.

사용자가 요구하는 서비스는 결국 연동 서비스를 말한다. 즉, 두 개의 네트워크 변수(Network Variable)를 연결하는 것이 서비스 생성의 시작이자 끝이다. 두 개의 디바이스에 있는 두 변수를 연결하는 것을 내부적으로 살펴보면 두 변수의 속성 체크와 네트워크 변수 컨피그 테이블의 Selector 값 변경, 그리고 출력 변수를 갖는 노드의 주소 테이블 변경으로 설명할 수 있다.

그림 12은 네트워크 주소가 1/1 (Subnet/Node)인 노드 A와 1/2인 노드 B의 변수를 연결하는 과정을 보여준다. 그림에서 노드 A의 변수는 출력 변수이고, 노드 B의 변수는 입력 변수이다. 기타 속성(auth, priority, service type, 등등)은 일치한다고 가정한다.

이 경우 구성관리자(Configurator)는 두 노드의 속성을 검증한 후, 현재 이 론웍 네트워크에서 사용되지 않고 있는 Selector 값을 할당하여 두 변수의

Config Table의 해당 필드에 써준다. 이때 사용하는 관리 메시지는 Update NV Config (0x6B) 이다. 그리고 출력 변수가 있는 노드(그림 12에서는 노드 A)의 주소 테이블에서 유휴(idle)한 필드를 찾아서 입력 변수가 있는 노드(B)의 네트워크 주소를 입력한다. 이때 사용하는 관리 메시지는 Update Address(0x66)이다. 또한, 새로운 주소가 입력된 주소 테이블의 인덱스를 노드 A 출력변수의 NV Config Table의 addr\_index 필드에 삽입한다. 반대로 이러한 연결을 해제하고자 할 경우에는 Selector 값을 0x2FFF 보다 큰 값으로 변경하고, 노드 A의 주소 테이블에 있는 노드 B의 주소를 지워버린다. 그림13은 지금까지 설명한 구성관리자의 기능을 정리해서 보여주고 있다.

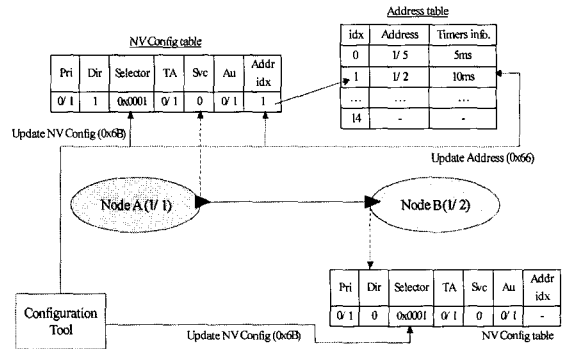


그림 12. Network Variable Binding 과정

#	과정	방법	Details
1	디바이스 찾기	Service Pin	물리적인 방법으로 서비스 핀 메시지 발송
		Query ID	디바이스에게 주소 요청
2	디바이스 정보 DB 구축	Upload from device	그림 11
		Read XIF file	XIF 파일을 통해 정보 수집
3	논리주소 할당	Update Domain	Subnet/Node 주소 할당
4	서비스구성 및 설정	Update NV Config, Update Address	그림 12

그림 13. 구성 관리자의 주요 기능

그림 14는 론웍스 네트워크 응용프로그램 개발자가 제안된 홈 자동화 제어를 통해 론웍스 네트워크 상에 쉽게 접근하여 개발하기 위한 잘 정의된 API 함수를 보여준다.

구성 관리절차	Lonware APIs	요약
NIC Open / Close	initialization_lonware	DB 초기화 및 로드, NI open
	close_lonware	NI close, DB를 파일로 저장
네트워크 초기화	lookup_device,	Query ID 관리 메시지를 통한 네트워크 주소 검색, DB 엔트리 할당
	get_node_info_from_node	그림 11
	get_node_info_from_file	XIF 파일을 이용한 노드 정보 수집
	set_node_address	새로운 논리 주소 할당
서비스 설정	bind_nv	그림 12
	release_bound_nv	NV 연결 해제
모니터 및 제어	get_nv_value	특정 노드의 특정 변수 값 읽기
	update_nv_value	특정 노드의 특정 변수 값 변경
동적 NV	make_dynamic_nv,	새로운 NV를 로컬에 선언
	release_dynamic_nv	로컬 NV 해제

그림 14. ETRI home network configuration API

### 3. 결 론

본 논문에서는 기존의 론웍스 솔루션(Solution)을 향상시키기 위해 새로운 노드 구조를 갖는 홈 자동화 제어기인 ECONICS를 제안 하였다. 이 ECONICS는 현존하는 뉴런칩을 가진 론웍스 노드의 단점을 극복할 수 있으며, 현존하는 론웍스 네트워크 디바이스들을 전력선을 통해 구성 관리 함으로써 홈 서버 응용 프로그램 개발자로 하여금 쉽게 론웍스 네트워크 자동화 디바이스들을 쉽게 관리하고 제어하는 중요한 모든 기능을 제공한다. 결론적으로 홈 자동화 네트워

크 개발 시에 노드 구조를 각 응용목적에 보다 유연성 있게 구현할 수 있게 되어 제어 네트워크의 다양화와 고성능 처리의 장점을 얻을 수 있었고, 기존의 고가의 론웍스 개발 장비를 사용하지 않고도 단지 C 컴파일러를 통해 론웍스 네트워크 구성 관리 서버 노드를 구성할 수 있으므로 시스템 개발에 대한 비용을 많이 줄일 수 있다

### 참 고 문 헌

- [1] Echelon Co., "Neuron Chip Data Book," February 1995.
- [2] Echelon Co., "LonTalk Protocol Specification ver 3.0", 1994.
- [3] The CEBus standard User's Guide.
- [4] LonMark Interoperability Guideline, "LonMark Application Layer Interoperability Guidelines", 1999.
- [5] Echelon, "Control Network Protocol Specification,"ANSI/EIA 709.1, April. 1999.
- [6] Adept Systems Inc, "A C Reference Implementation of the LonTalk Protocol on the MC68360," ASI, July 1998.
- [7] Echelon Co., "LonMark External Interface File Reference Guide, revision 4.0A," Apr., 2000.
- [8] Echelon, "Enhanced Media Access Control with LonTalk," LonWorks Engineering Bulletin, 1992.
- [9] Motorola Inc., "LonWorks Technology Device Data Book, revision 2," 1996.
- [10] Koon Seok Lee et al., " A new control protocol for home appliances LnCP," Industrial Electronics, 2001. proceedings ISIE 2001. IEEE International Symposium on, vol. 1, pp. 286 291, 2001.
- [11] 박준희 외 "EIA 709.1 표준을 지원하는 리눅스 기반 홈제어 네트워크 관리 플랫폼 구현" 한국정보처리학회 2002. 논문지.
- [12] 이창은 외 "EIA 709.1 프로토콜 기반의 원격에서

응용 프로그램을 구동시킬수 있는 홈 자동화 제어기 개발" 한국정보과학회 2002. 10. 추계학회, P703  
[13] 이창은 외 "리눅스 기반의 홈제어 네트워크 구성 관리 소프트웨어 다중 바인딩 구조" 한국정보과학회 2003.10. 추계학회.

◇ 저 자 소 개 ◇



**이창은(李昌殷)**

1973년 4월 20일생. 1996년 한양대학교 전자공학과 학사. 1998년 한양대학교 전자공학과 석사. 1998 ~ 2001 LG 산전 빌딩시스템 연구소 연구원. 2001 ~ 현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 디지털홈연구단 홈네트워크 미들웨어연구팀 연구원. 관심분야 : 홈 네트워크 미들웨어, 유비쿼터스 컴퓨팅, 인공생명체, 센서네트워크.



**문경덕(文慶德)**

1966년 5월 31일생. 1990 한양대학교 전산학과 학사. 1992 한양대학교 전산학과 석사. 1992.8 ~ 1997.2 시스템공학연구소 연구원. 1997.3 ~ 2000.7 한국전자통신연구원 선임연구원. 2000.8 ~ 현재 한국전자통신연구원 정보가전 제어 S/W 연구팀장. 관심 분야 : 홈네트워크 미들웨어, 액티브 네트워크, 실시간Java, Pervasive Computing.



**박준희(朴峻熙)**

1969년 4월 26일생. 1995.2. 충남대학교 컴퓨터과학과 학사. 1997.2. 충남대학교 대학원 컴퓨터과학과 석사. 1997.1 ~ 1999.7 : 시스템공학연구소 네트워크컴퓨팅연구부 연구원. 1999.8 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 정보가전연구부 선임연구원. 관심분야 : 이동 Ad Hoc 네트워크, 홈 네트워크, 홈 네트워크 미들웨어.



**손영성(孫永聖)**

1972년 11월 11일생. 1995년 부산대학교 전자계산학과 학사. 1997년 부산대학교 전자계산학과 석사. 1997 ~ 1999 시스템공학연구소(SERI) 연구원. 1999 ~ 현재 : 한국전자통신연구원(ETRI) 디지털홈연구단 홈네트워크 미들웨어연구팀 선임연구원. 2002~현재 부산대학교 정보컴퓨터공학 박사과정. 관심분야 : 홈네트워크 미들웨어, 유비쿼터스 컴퓨팅, P2P 컴퓨팅.