백색가전을 위한 경량 내장형 시스템 디자인

강광석*, 원유집*, 김 철**
*한양대학교 전자통신전파공학과
**삼성전자 DA 총괄
rich2000@ece.hanyang.ac.kr
yjwon@ece.hanyang.ac.kr
c.kim@samsung.com

Deeply embedded system design for home appliance

Kwang-Seok Kang*, Youjip Won*, Chul Kim**
*Div. of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University
**Digital Appliance Network, Samsung Electronics

요 약

본 연구에서는 백색가전 제품의 특성에 맞는 임베디드 시스템 플랫폼 디자인을 제안한다. 프로세서는 최근 더욱 각광을 받고 있는 ARM 계열의 디바이스를 사용하였으며 운영체제는 임베디드 시장에서 급부상하고 있는 리눅스를 대상으로 한다. 본 연구는 백색가전 제품 군 전체를 대상으로 하고 전자레인지를 이용하여 시제품을 구현하였다.

특히 백색가전은 제품의 특성상 제조원가에 민감한 제품이므로 메모리 등 시스템의 자원 사용을 최소화하여 제조원가를 낮추는 방향으로 디자인의 방향을 정해야 한다. 하드웨어 비용은 현실적으로 거의 시장에서 정해진 비용의 범주를 크게 벗어나지 못하겠으나 소프트웨어의 크기는 접근하는 방법에 따라 차이가 날 수 있다. 이에 본 논문은 가능한 탑재될 리눅스의 커널 크기를 줄이며 파일시스템 및 기타 라이브러리의 크기를 최소화하여 백색가전에 적합한 플랫폼을 제시하는데 주목적이 있다.

1. 서론

백색가전이라 하면 통상 냉장고,에어컨,전자레인지, 세탁기 등의 제품 군을 지칭하는 하는 용어이다. 이러한 백색가전 제품들의 소프트웨어는 비교적 저 사양의 마이컴에 펌웨어를 탑재하고 간단한 디스플레이와 인터페이스를 통한 기본 기능을 구현하는데 그치고 있다.

최근 백색가전 업계는 날로 악화되는 수익성 개선을 위하여 홈 네트워크 제품에 관심을 기울이고 있다. 홈 네트워크 시대의 도래가 필연적이라고 볼 때 백색가전 제품도 홈 네트워크의 단말로써 자리매김을 하려는 시도는 당연한 현상이다. 만일 그렇게 하지 못하면 미래 시장에서 고부가가치를 창출하기 어렵다.

따라서 홈 네트워크 환경에 대처하고 다양한 사용자 요구를 만족시키기 위해 백색가전도 현재까지의 마이컴 제어영역을 탈피하여 운영체제 기반의 임베디드 시스템의 도입이 필요한 시점이다.

그러나 백색가전에는 아직 본격적으로 상용 운영체제를 탑재한 임베디드 시스템 적용은 미미한 수준이며 PDA 등 여타 디지털 제품에 비하면 적용사례나 연구실적이 초기단계라고 할 수 있다.

특히 백색가전은 가격에 매우 민감한 제품의 특성을 갖고 있다. 따라서 정보가전으로써 기능을 구현하는데 가급적 저 비용의 솔루션이 필요하다. 그리고 필연적으로 사용자 인터페이스의 향상도 필요하다. 즉, 현재까지 백색가전제품이 갖고 있는 간단한 디스플레이와 제한적인 조작부로는 홈 네트워크상의 콘텐츠를 수용하지 못한다. 그래픽 인터페이스, 터치 스크린 등의 도입이 필요하다.

이러한 배경으로 임베디드 시스템을 적용하는데 있어서 PDA 등 여타 디지털 기기에 적용된 플랫폼은 백색가전에는 사양이 너무 과대하여 불필요한 부분이

있다. 이에 본 연구는 백색가전에 적합한 임베디드 시스템 디자인에 관한 내용을 다루고자 한다.

2. 관련 연구 및 동향

현재 백색가전의 소프트웨어 개발환경은 어셈블리어를 기반으로 하는 펌웨어 제작수준에 머물고 있다. 이러한 환경은 몇 가지 문제점들이 있다. 첫째, 네트워크 기능 등 환경변화 대응이 어렵다. 둘째, 코드의 재사용이 거의 불가능한 수준이다. 셋째, 개발환경의 유연성 및 생산성이 극히 낮다. 마지막으로 다양한 유저 인터페이스 등 고기능의 제품개발에 어려움이 있다.

백색가전에 적용되고 있는 기존 마이컴 제어로는 향후 시장대응에 한계가 있다. 따라서 펌웨어 수준이 아닌 이식성, 스케일러빌리티 등이 고려된 운영체제의 도입이 필요한데 아직 백색가전에 하드웨어를 포함한 적당한 플랫폼이 없다. 기존 VxWorks, pSOS 등의 상용 RTOS 계열은 주로 모바일폰등 주로 정보단말기에 적용이 되어왔으며 최근 임베디드 운영체제의 주도권을 잡으려고 애쓰고 있는 WinCE 등도 백색가전을 위한 제품으로 보기 어렵다.

최근 정부는 2007 년까지 2 조원을 투입 전체가구의 67%인 1000 만 가구를 디지털 홈으로 구축하는 '스마트 홈 비전 2007' 계획을 발표하였다.[1] 이렇듯 향후 홈 네트워크 시장은 국내 뿐만 아니라 전세계적으로 빠른 속도로 보급될 것이 예상된다. 이러한 추세에 대한 대비가 백색가전에도 절실한 시점이라 하겠다.

현재까지 백색가전은 GUI 환경의 제공, 네트워크기능 등을 제공하지 못하고 있다. 그러나 향후 백색가전도 임베디드 시스템이 적용되는 방향으로 발전이 될 것이며 다음과 같은 몇 가지 기대효과가 있다. 첫째, GUI 환경의 다양한 인터페이스 및 기능을 손 쉽게 제공할 수 있다. 둘째, 네트워크 기능의 도입으로 콘텐츠 다운로드, 원격제어, 원격자가진단 등의 기능이 가능해진다. 셋째, 과거 마이컴의 열악한 개발환경을 탈피하여 소프트웨어 생산성이 획기적으로 개선된다. 특히 소프트웨어 개발환경 개선부분은 차세대 제품개발에 있어서 경쟁력 향상의 주요 관건이 될 수 있다.

3. 백색가전을 위한 임베디드 시스템

백색가전의 임베디드 시스템은 다음과 같은 몇 가지 특징을 갖는다. 첫째, 여타 정보기기에 비하여 구현비용에 더욱 민감하다. 둘째, 모바일 환경이 아니라 파워 매니지먼트등의 기능이 불필요하다. 셋째, 실시간 운영체제는 불필요하나 매우 높은 신뢰성이 요구된다. 신뢰성이 확보 안되면 조리기기인 경우 화재등의 위험이 있다. 마지막으로 사용기간이 매우 긴 제품이기 때문에 내구성 또한 고려하여야 한다. 이상과 같은 요구조건을 고려할 때 현재 사용되는 리눅스 운영체제가 가장 적합한 것으로 판단되어 본 연구에서는 리눅스 운영체제를 기반으로 연구를 진행하였다.

임베디드 시스템의 운영체제로써 리눅스는 다음과 같은 장/단점을 갖는다.

장점	- 모듈 개념의 구조를 갖고 있기 때문에 최소화, 최적화가 용이하다 - 오픈소스이기 때문에 코드자체가 공개되어 있어 각 상황에 맞는 아키텍쳐 구현이 가능하다. - 라이센스가 자유롭기 때문에 양산에 따른 로열티가 없어 사용비용이 낮다. - 뛰어난 개발환경을 갖추고 있다. - 기존 사용 임베디드 운영체제에는 없는 첨단기능이 내장되어 있다.
단점	- 커널 크기가 여타 상용 RTOS 에 비하여 비교적 크다. - 안정성을 사용하는 측에서 확보해야 한다. - 공개 라이센스가 문제가 될 수 있다.

4. 시스템의 경량화

다음은 시스템 경량화를 위해서 고려해야 할 내용이다.[7]

첫째로 내장되는 각종 유틸리티들을 최적화 하여야 한다. 그 중에서 대표적인 소형 유틸리티 시스템으로 Busybox 가 있다. 소형 임베디드 시스템에 POSIX 표준을 사용할 수 있으며 일반 유틸리티에 비하여 크기가 작고 메모리를 작게 사용한다는 장점이 있다. 이외에도 Tinylogin 도 있는데 Busybox 의 부족한 부분을 보완해준다. 그러나 사용자 인증/관리가 필요 없는 시스템에서는 불필요하다.

둘째로 부팅절차를 최소화 하여야 한다. 부팅 시 초기화 내용을 담고 있는 inittab 등의 파일 중 시스템에 불필요한 항목은 삭제한다. 그리고 Busybox 도 기본적인 형태의 초기화 기능이 있으므로 별도의 inittab 파일이 없어도 부팅이 가능하다.

셋째로 각종 라이브러리를 최적화 하여야 한다. 필요한 시스템 유틸리티가 적다면 Static 으로 컴파일 하여 아예 라이브러리를 사용하지 않을 수 있다. 그러나 유틸리티 수가 많다면 공유라이브러리가 더 효과적으로 메모리를 사용한다.

넷째로 임베디드 시스템에서는 커널의 크기가 많은 비중을 갖고 있기에 크기를 최소화 하여야 한다. 리눅스 커널은 선택적으로 필요한 모듈만 포함하여 컴파일 할 수 있다. 그러므로 시스템에 필요한 최소한의 모듈만 포함 시킨다.

마지막으로 컴파일 시 최적화에 주의를 기울여야 한다. 최적화 옵션의 적절한 선택 및 디버깅용 코드 삭제가 필요하다. 그리고 실행코드의 최적화를 위하여

하드웨어 플랫폼에 최적화 시킨 상용컴파일러를 사용할 수도 있다. 그러나 GCC 를 사용한다면 라이브러리 버전에 따른 크기를 비교해보고 선택해야 한다.

압축된 커널 및 루트파일 시스템은 부팅 시 압축이 풀리면서 램에 적재되는데 그 때 압축비가 2:1 정도이다. 따라서 램이 많이 소요되는데 임베디드 시스템은 특성상 자원제약을 많이 받는다. 특히 백색가전에 적용된다고 했을 때 그 정도는 더욱 심하다고 하겠다. 이에 시스템의 램사용을 최소화 할 수 있는 방법은 다음 몇 가지가 있다.

첫째, 공유 라이브러리를 사용하는 사용한다. 런-타임 시 호출되는 라이브러리를 사용함으로써 메모리의 사용량을 줄인다.[3][6] 둘째, ROMFS 기반의 XIP 기법을 사용한다. 즉, 커널 이미지를 램으로 올리지 않고 비 압축 이미지를 롬영역에서 직접 실행한다.[3][4] 마지막으로 부팅 후 부트로더는 더 이상 필요 없는 부분이다. 따라서 부팅 후 부트로더 영역을 램에서 제거함으로써 램 공간을 더 확보할 수 있다. [3]

5. 정보가전의 요구조건 고려

만일 가전기기를 쓰려고 전원을 인가했을 때 일반 PC 와 같이 부팅시간이 오래 걸린다면 사용자에게 많은 불편을 초래할 것이다. 부팅시간의 상당부분은 롬/플래시 등에 압축된 형태로 적재된 커널 이미지를 램으로 올리는데 소요된다 이에 이미 PC 의 BIOS 등에서 적용되고 있는 XIP (eXecute In Place) 기법을 사용하면 부팅시간을 줄일 수 있다.

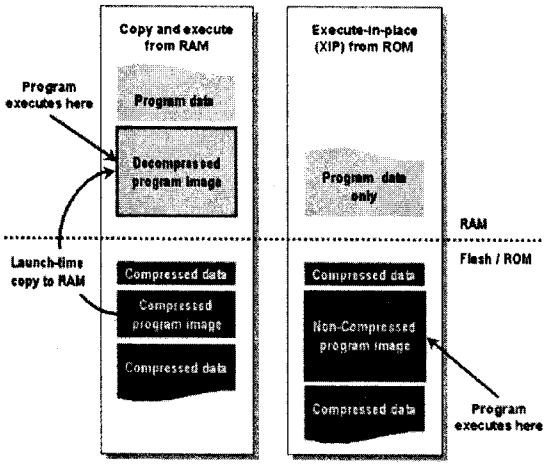

그림 1 Execute-in-place (XIP) [11]

일본의 소니와 마쓰시다가 공동으로 연구한 실험에 의하면 다음과 같이 부팅시간이 줄어드는 것을 볼 수 있다.[4]

실험은 다음과 같이 a)압축된 이미지를 램으로 풀어서 올리는 경우, b)비 압축 이미지를 램으로 올리는 경우, c)비 압축 이미지를 XIP 기법 수행하는 경우의 세가지로 하였다. 부팅시간은 이미지크기에 따른 상대비교치이다.

방법	부팅시간	이미지크기
a)	887ms	672K
b)	406ms	1454K
c)	321ms	1464K

만일 사용자가 전자레인지를 동작시킨 후 소프트웨어가 동작불능 상태로 되고 사용자가 이를 발견하지 못한다면 화재가 발생할 수 도 있다. 이러한 경우는 최대한 방지해야 하나 소프트웨어적인 장치만으로는 한계가 있다. 따라서 시스템 신뢰성 확보차원에서 소프트웨어의 실행상태를 감시할 수 있는 하드웨어적인 장치를 둔다. 하드웨어는 매우 간단한 회로로 구현 가능하며 아래는 개략적인 순서도이다.

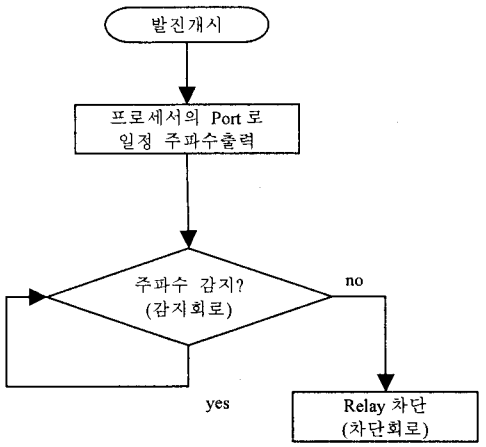

그림 2 System watch-dog

하드 디스크가 없는 임베디드 시스템에서는 통상 플래시가 그 역할을 대신한다. 그러나 플래시 메모리는 램이나 Masked 롬에 비하여 고가이다. 그런데 백색가전은 멀티미디어 파일과 같은 대용량의 데이터를 저장하지 않아도 무방하기 때문에 저 비용 구현을 위하여 플래시 메모리를 사용하지 않고 시스템 구성이 가능하다.

즉, 커널 등 바이너리 이미지를 저장하는 롬과 시스템 메모리인 램만 사용하고 저장해야 할 필요가 있는 데이터는 플래시 메모리에 비해 저가인 EEPROM 에 저장한다. 이때 EEPROM 은 별도의 파일 시스템 없이 어플리케이션 레벨에서 IIC 인터페이스를 통하여 바이트 단위로 직접 억세스가 가능하다. EEPROM 에는 시스템의 네트워크 주소, 전자레인지의 조리데이터 등 수십 킬로 바이트내의 데이터만 저장된다. 이렇게 함으로써 저널링이 필요한 플래시용 파일 시스템인 JFFS 등도 필요가 없어 시스템의 리소스 사용을 줄일 수 있다.

Evaluation 보드를 사용하여 개발이 완료되면 메모리 구조, 부팅 방법 등을 포함한 시스템 전반에 걸친 패키징을 하게 되는데 이때 고려해야 할 요소는 다음 표와 같다.

시스템	- 시스템에 적합한 파일시스템 선정 - 메모리 맵 설계 - 부트로더 최적화 - 타겟 시스템 부팅 방식 선정 - 경량 유틸리티 사용
응용 프로그램	- 메모리 사용 최소화 - 파일 수 최소화 - 경량 라이브러리 사용 - 공유 라이브러리 사용

6. 구현 및 실험

구현에 사용한 Evaluation board는 SMDK2410 을 사용하였다.[14] 운영체제는 리눅스, GUI 환경은 TrollTech 사의 Qt/Embedded 를 사용하였다. 구현에 사용된 환경을 정리하면 다음 표와 같다.

하드웨어	- CPU : S3C2410 (ARM9TDMI core) - SDRAM : 64M, Flash : 64M - Touch screen LCD : Color, 320*240 - IIC Interface with EEPROM
소프트웨어	- Kernel : 2.4.18 (S3C2410 ARM patch) - Busybox : 0.60.5 - Qt/embedded : 2.3.3 - Qtopia : 1.6.0

구현된 유저 인터페이스 일부 화면 및 전체 시스템의 구성은 아래 그림 3,4 와 같으며 구현된 기능은 1)GUI 기반의 전자레인지 제어기능 2)특정 서버로부터 조리데이터 다운로드 기능 3)서버 측에서 원격으로 동작제어 및 상태확인 기능이 있다.

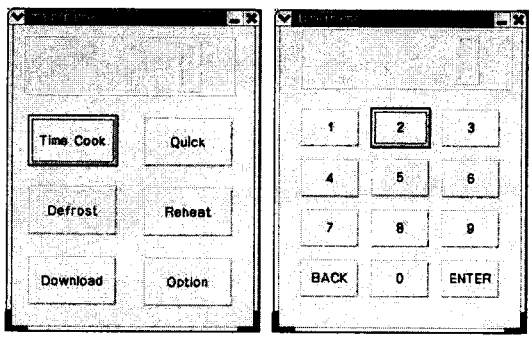

그림 3 유저 인터페이스 화면

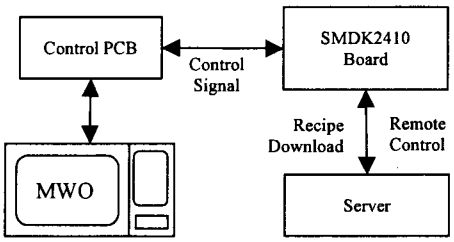

그림 4 시스템 개요도

7. 결론 및 향후 과제

본 연구를 통하여 리눅스가 GUI 환경과 네트워크 기능을 갖춘 전자레인지를 구현하는데 적합한 운영체제임을 알 수 있었다. 임베디드 시스템을 구현하는데 있어서 리눅스는 오픈 소스를 기반으로 하는 뛰어난 유연성을 갖고 있으며 특정 시스템에 최적화 시키기에 적합하였다. 특히 런닝 로열티가 없다는 점은 구현 비용에 민감한 제품에 매우 유리하다. 따라서 리눅스 운영체제는 향후 백색가전을 비롯한 정보가전을 위한 최적의 솔루션으로 주목 받을 것이다. 그러나 아직 다소 미흡한 개발 툴 및 개발환경 구축이 까다로운 부분은 개선되어야 할 것이다.

구현된 전체 이미지의 사이즈가 충분히 만족할 만한 수준은 아니었으나 향후 커널, 파일시스템 및 각 유틸리티의 내부구조에 대한 분석을 통하여 경량화 여지가 많이 남아 있다. 그리고 ARM9 계열의 코어를 사용하였으나 좀 더 낮은 사양의 프로세서를 사용하여 연구해보는 것도 의미가 있다고 하겠다. 그리고 시스템 신뢰성 확보에 관한 연구도 더 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] "Digital Home 구축계획", 정보통신부, 2003.5.
[2] 박재호, "임베디드 리눅스", 한빛미디어, 2003
[3] 한국정보산업 연합회,"2003 임베디드 리눅스 기술 및 시장동향 자료집", 2003.6.
[4] "Linux를 디지털 가전용으로 개량", 日經 일렉트로닉스, 2003.7.7
[5] 최병욱, "임베디드 리눅스 실습 및 활용", 홍릉과학출판사, 2003
[6] Richard Stones & Neil Matthew, "Beginning Linux Programming", 이태용역, 정보문화사, 2nd Edition
[7] 김용운, "Embedded System을 위한 GNU/Linux 최적화 기술", 표준연구센터 차세대인터넷 표준팀, 2001
[8] 차현준 "네트워킹 디바이스를 위한 임베디드 시스템의 설계 및 구현", 포항공대, 2001
[9] 남상규, "임베디드 시스템 엔지니어를 위한 리눅스 커널분석", http://doc.kldp.org, 2002
[10] 리눅스한글문서프로젝트, doc.kldp.org
[11] Montavista Software, www.mvista.com
[12] The ARM Linux Project, www.arm.linux.org.uk
[13] 미지리서치, www.mizi.com
[14] SMDK2410 Board Manual, www.samsungsemi.com