

효율적인 디바이스 드라이버 개발 교육을 위한 가상 네트워크 디바이스

이무열^o 장혜천 이상현 진현욱

건국대학교 컴퓨터공학부

{zlemy, comfact, mir1002, jinh}@konkuk.ac.kr

Virtual Network Device for Effective Teaching Device Driver Development

Mu-Youl Lee^o Hye-Churn Jang Sang-Hun Lee Hyun-Wook Jin

Department of Computer Science and Engineering, Konkuk University

1. 서론

현재 해마다 많은 디바이스 장치들이 시장에 출시된다. 그리고 각 디바이스들은 구동 운영체제마다의 고유한 디바이스 드라이버를 요구한다. 현재 디바이스 드라이버를 작성할 수 있는 프로그래머는 실제 산업 환경에서 꼭 필요한 존재이며 이런 디바이스 드라이버를 작성 할 수 있는 능력은 앞으로 사회에 진출할 학생들에게 꼭 필요한 능력이다 [1][2]. 복잡하고 다양한 디바이스 드라이버들을 작성하는 방법을 학생들에게 가르치기란 쉽지 않은 문제이다 [3]. 실습 키트를 사용하여 교육을 수행할 경우 많은 제약이 따르게 된다. 이러한 문제점들은 본 논문에서 제안하는 가상 디바이스를 통해 해결할 수 있다. 가상 디바이스는 구매비용이 발생하지 않으며 다양한 행동방식을 제공할 수 있으며 이를 응용하여 최신 디바이스에 대한 내용도 교육 시킬 수 있다. 이러한 점은 학생입장에서는 다양한 경험을 쌓을 수 있으며 자신이 만든 디바이스 드라이버 위에 다양한 응용프로그램까지 개발 해 볼 수 있는 기회를 가질 수 있다. 또한 부주의로 인한 실습자재 파손에 대한 염려도 덜 수 있다. 제안된 가상 디바이스는 2년 동안 본교 학부 4학년 전공 교과목에서 네트워크 디바이스 드라이버 작성을 위한 내용에 활용되었으며, 그 효용성을 경험적으로 검증하였다.

2. 가상 네트워크 디바이스 설계 및 구현

본 논문에서 제안하는 가상 네트워크 디바이스 드라이버는 학생들이 주어진 디바이스에 적절한 드라이버를 만들 수 있는 능력을 키우는 데 목적이 있다. 그러므로 가상 네트워크 디바이스는 여러 가지 특성을 손쉽게 변경하거나 추가, 삭제 할 수 있어야 한다. 이와 더불어 원격 가상 노드와의 통신을 지원하여 물리적으로는 하나의 노드지만 개발된 네트워크 디바이스 드라이버와 프로토콜이 제대로 구동되는지 확인할 수 있어야 한다. 마지막으로 학생들이 작성한 드라이버가 역할을 올바르게 수행하는지 감시 할 수 있는 기능을 포함하는 것이 바람직하다. 이러한 요구사항들을 고려할 때 가상 네트워크 디바이스는 크게 디바이스 접근 API, 하드웨어 이벤트 생성기, 원격 가상 노드 지원, 구동 정보 기록 부분으로 나눌 수 있다 (그림 1). 실제 드라이버의 경우는 특정 포트나 메모리에 매핑되어 있는 레지스터에 제어 데이터를 쓰거나 읽음으로써 디바이스를 제어한다. 따라서 가상 네트워크 디바이스의 가장 상위 계층인 드라이버접근 API는 드라이버에서 데이터 송수신 및 상태 점검을 위해서 디바이스에 접근할 수 있는 인터페이스를 제공해야 한다. 제안된 가상 네트워크 디바이스도 레지스터를 접근하는 의미의 함수를 제공함으로써 실제 디바이스의 드라이버를 작성하는 것과 비슷한 환경을 제공토록 한다. 이를 위해서 제공되는 API는 Low-Level과 High-Level API를 제공하여 다양한 개발 환경을 제공한다. 하드웨어 이벤트 생성기는 데이터 송수신의 완료에 의해서 발생하는 이벤트를 에뮬레이션하기 위한 부분이다. 일반적인 네트워크 디바이스는 이벤트를 인터럽트로 알리지만 간단한 임베디드 네트워크 디바이스의 경우는 폴링으로 이벤트를 확인하는 경우도 있다. 따라서 본 논문에서 제안하는 가상 네트워크 디바이스는 폴링 방식과 인터럽트 방식을 모두 지원한다. 폴링 방식을 지원하기 위해 가상 네트워크 디바이스는 특정 API를 통해서 이벤트의 생성 여부만 알려주면 된다. 하지만 인터럽트의 경우는 인터럽트 핸들러의 비동기적 수행을 지원하기 위한 복잡한 처리과정을 필요로 한다. 실제 디바이스를 위한 드라이버의 경우는 인터럽트 핸들러 테이블에 핸들러를 등록하기 위해서 운영체제가 제공하는 함수를 사용한다. 하지만 가상 네트

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업(NIPA-2010-C1090-1031-0003)의 연구 결과로 수행되었음.

워크 디바이스의 경우는 발생하는 이벤트가 실제 하드웨어 이벤트가 아니기 때문에 운영 체제가 제공하는 동작을 에뮬레이션 해야 한다. 먼저 인터럽트 핸들러를 등록할 수 있는 API를 제공한다. 가상 네트워크 디바이스는 실제로는 커널 모듈로 구현되며 이를 위해 등록된 인터럽트 핸들러도 커널 수준 함수이기 때문에 둘 중 하나가 오랫동안 수행하는 경우 다른 하나가 그 동안 멈추게 된다. 하지만 실제 디바이스는 핸들러가 동작하는 동안에도 비동기적으로 송수신 작업을 수행할 수 있다. 이러한 실제 환경을 제공하기 위해서 핸들러를 커널 쓰레드와 커널 타이머를 사용하여 동작하도록 한다. 가상 네트워크 디바이스는 특정 프로토콜과 이를 통해서 통신하는 가상 원격 노드 또한 포함될 수 있는 구조를 제공한다. 원격 노드는 여러 개가 있을 수 있으므로 특정 네트워크 패킷을 해당 노드에게 전달하는 라우팅 기능 역시 제공한다. 학생들은 원격 가상 노드를 통해서 물리적으로는 하나의 노드지만 자신들이 개발한 네트워크 디바이스 드라이버와 프로토콜이 제대로 구동되는지 확인할 수 있다. 원격 가상 노드 지원 부분도 교강사가 개발해서 가상 디바이스와 함께 학생들에게 배포되는 부분이며 학생들이 개발할 부분에서는 제외된다. 마지막으로 가상 네트워크 디바이스를 통해서 송수신된 데이터들에 대한 정보를 제공하는 로그 기능을 /proc 파일 시스템을 사용하여 구현한다. 이 기능은 개발 단계에서 학생들이 개발한 드라이버가 제대로 동작하는지 점검할 때 유용하며, 로그 정보 확장 후 채점 시에도 유용하게 사용될 수 있다.

가상 네트워크 디바이스

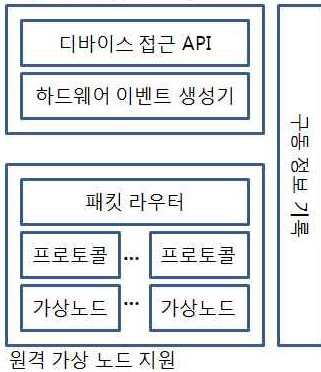


그림 1 가상 네트워크 디바이스 구성 요소

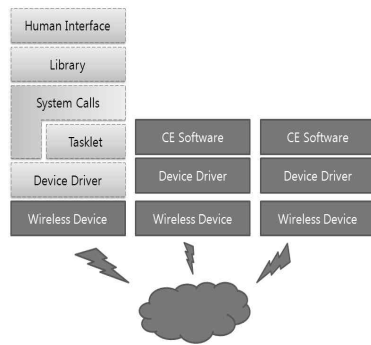


그림 2 홈 네트워크 컨트롤러 과제 전체 구조

표 1 가전제품 가상 디바이스 제어 규격

| 장치 | 기능 | 제어ID | 통신 방법 |
|-----|------|------|--|
| TV | 전원 | 1 | 수신 주소 : 1(B) 송신주소 : 1(B) 패킷동작 타입 (2b) |
| | 채널 | 2 | |
| | 볼륨 | 3 | |
| 냉장고 | 전원 | 1 | -1 SET -2 GET -3 ACK |
| | 온도 | 2 | |
| 조명 | 전원 | 1 | |
| | 밝기 | 2 | |
| | 바람세기 | 3 | |
| 난방기 | 전원 | 1 | |
| | 온도 | 2 | |
| | 바람세기 | 3 | |

3. 사례연구

2010년에 수행된 그림 2의 과제는 홈 네트워크 제어를 기초 시나리오로 잡고 있다. 그림2의 점선으로 표시된 부분은 학생들이 구현해야 하는 부분들이며 그 외의 실선으로 그려진 부분들은 전부 가상 네트워크 디바이스와 가상노드에 해당한다. 과제를 위해 본 논문에서 제안하는 가상 네트워크 디바이스는 무선 통신 디바이스의 기능을 수행하며 가전제품들 간의 통신을 담당한다. 표 2는 가전제품들의 기능과 이들을 조작할 수 있는 프로토콜을 정의하고 있다. 이 과제를 수행한 팀 중 우수하게 과제를 수행한 팀은 GUI 기반의 응용프로그램, 네트워크 프로토콜, 디바이스 드라이버를 작성 하였다. 이 팀의 경우 가상 무선 통신 디바이스의 이벤트를 처리하기 위해서 인터럽트 방식을 채택 하였으며 데이터 수신 시 이와 관련된 비트 마스크를 사용하고 태스클릿 (Tasklet)과 같은 Bottom-Half기법을 사용하여 가상 디바이스가 발생하는 모든 인터럽트 데이터를 놓치지 않도록 설계 및 구현하였다. 또한 커널 레벨의 자원 낭비를 막기 위하여 환형 큐와 정적 배열을 적절하게 사용하여 팀 프로젝트를 성공적으로 수행하였다.

4. 결론 및 향후 계획

학생들이 디바이스 드라이버를 사용한 수업을 수강한 학생들의 수업 만족도는, 해당 학교에서 개설된 전체 수업의 순위를 조사한 결과, 가상 네트워크 디바이스를 사용하지 않고 수업을 진행했을 경우 상위 40% 정도 순위를 나타낸 반면 가상 네트워크 디바이스를 사용하여 수업을 진행했을 때는 상위 10%의 순위를 나타냈다. 앞으로 가상 네트워크 디바이스는 다양한 종류의 디바이스를 지원할 수 있도록 할 예정이다. 또한 드라이버의 구동 동작을 면밀히 기록하여 강력한 드라이버 수행 분석 도구들을 제공할 예정이다.

참고 문헌

[1] R. E. Seviara, "A curriculum for embedded system engineering," ACM Trans. Embed. Comput. Syst., Vol. 4, No. 3, pp. 569-586, 2005.
 [2] 조상영, "임베디드 시스템 교육을 위한 가상 실습 키트", 한국콘텐츠학회논문지, 제10권 1호 pp. 59-67, 2010.
 [3] S. Nooshabadi and J. Garshide, "Modernization of teaching in embedded systems design-An international collaborative project," IEEE Trans. Educ., Vol. 49, No. 2, pp. 254-262, 2006.