

차량 내 무선 AV 네트워크 시스템 설계 및 구현

유수상*, 정진우**

*상명대학교 컴퓨터과학과, **상명대학교 컴퓨터과학과

e-mail: neoul0@naver.com

A Wireless AV (Audio/Video) Network System Design & Implementation In Vehicle

Susang Yoo*, Jinoo Joung**

*Dept of Computer Science, Sangmyung University

**Dept of Computer Science, Sangmyung University

요 약

차량 내 유선 AV 시스템의 무선화 과정에서 필요한 시스템의 동작을 명세하고, 설계하며, AV 스트림의 동기화 방법을 연구하여 이를 시스템에 적용한다. 또한 차량 무선 AV 네트워크로써 IEEE 802.11n 표준을 사용하고, 그 적합성 여부를 확인하기 위해 설계한 시스템의 요구 대역폭을 분석한다. 이밖에 향후 추진과제에 대해 언급함으로써 본 연구의 전체적인 작업 흐름과 의의에 대해 언급한다.

1. 서론

지상파 DMB가 시작되면서 폭발적으로 증가한 내비게이션과 휴대용 멀티미디어 기기의 수요로 인해 차량의 AV(Audio/Video) 시스템에 대한 소비자들의 관심이 크게 증가되었고, 고품질의 멀티미디어를 차량에서도 즐기길 원하게 되었다. 유선으로 이루어진 기존 차량의 AV 시스템은 멀티미디어를 재생하는 DVDP 또는 내비게이션과 앰프, 뒷좌석의 모니터 출력을 통해 하나의 시스템으로 구성된다. 이 때 사용되는 케이블의 무게만 수십 kg대에 달해 차량의 연비를 감소시키고 있으며, 사후 케이블의 노화 문제로 추가 서비스 비용 지불이라는 문제점을 안고 있다. 이러한 이유로 최근 차량의 유선 시스템을 무선화하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 본 연구 또한 이러한 연구와 맥을 같이 한다.

배선을 필요로 하지 않는 무선 기술은 사용자에게 편의성과 이동성을 보장한다. 여러 무선 기술 중 IEEE 802.11 WLAN [1]의 경우, 이미 무선 네트워크 기술로써 오랜 기간 세계적인 표준으로 자리 잡았으며, 안정적인 기술의 성숙도로 인해 그 활용 범위가 확대되고 있다. IEEE 802.11 WLAN의 Task Group 가운데 하나인 IEEE 802.11n [2]의 경우 현재도 표준화 작업 및 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 기술은 송수신 안테나를 최대 4개까지 늘려 최대 전송 속도를 300Mbps까지 제공하므로, AV 시스템과 같은 높은 대역폭을 요구하는 네트워크 시스템에 적합할 것으로 기대된다.

본 연구에서는 기존 차량의 유선 AV 시스템을 분석하고, 최적화된 차량의 AV 스트리밍 서비스에 적합한 무선 AV 네트워크 시스템의 디자인 및 차량 무선 AV 네트워크로써의 IEEE 802.11n 도입의 적합성을 검증하며, 나아

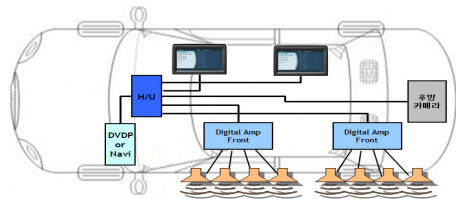
가 무선 AV 스트리밍의 실시간성을 제공하는 방법을 연구, 제안하고 검증한다.

본문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 차량 유선 AV 네트워크 시스템의 구성과 특성을 분석하고, 3장에서는 무선 차량 AV 네트워크 시스템을 구조와 기능을 결정하고 구현한다. 4장에서는 결론 및 향후 추진과제에 대해 언급한다.

2. 차량 유선 AV 네트워크 시스템 모델

차량의 AV 네트워크 시스템을 유선에서 무선으로 전환하기 위해서는 먼저 유선으로 연결된 각 디바이스의 인터페이스 파악이 무엇보다 필요하다.

기존 차량의 AV 스트리밍 서비스를 위한 유선 네트워크 환경은 시스템의 제어 장치인 헤드유닛(Head Unit)과 음성 출력을 위한 앰프 및 LCD와 같은 영상 출력장치, 그리고 차량용 DVDP와 후방카메라 등으로 구성된다. DVDP에서 출력되는 영상은 아날로그 신호(CVBS)로 출력되며, 음성의 경우 SPDIF와 같은 디지털 신호로 앰프에 전달되고, 앰프에서 다시 아날로그 신호로 바뀌어 스피커로 전송된다. 시스템을 구성하는 모든 디바이스는 동축케이블 또는 광케이블을 이용하여 독자적으로 헤드유닛과 연결된다.

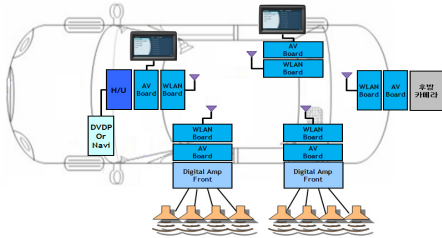


(그림 1) 차량 유선 AV 네트워크 시스템 모델

3. 설계 및 구현

3.1. 시스템 구성

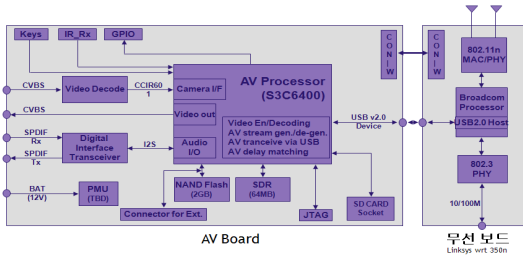
무선 AV 네트워크 시스템은 본문 2.에서 설명한바와 같이 유선 AV 네트워크 시스템의 통신 인터페이스를 그대로 적용하여, 기존 시스템의 변경 없이 유선에서 무선 환경으로 변경 가능하도록 구성한다. 기존 차량 유선 환경을 그대로 적용하기 때문에, DVDP의 영상 출력신호와 앰프의 음성 입력신호를 무선 환경에 맞추도록 가공하여 전송할 수 있는 모듈이 필요하다. 이러한 네트워크 모듈은 하나의 Embedded System으로 구성되는 것이 바람직하나, IEEE 802.11n과 AV 인터페이스를 동시에 처리할 수 있는 보드의 설계, 구현은 연구 기간과 요건이 맞지 않기 때문에 본 연구에서는 무선 보드와 AV 처리 보드, 이 두 가지 형태로 분리하여 구성하였다. 기존 유선환경의 AV 시스템과 제안하는 무선 AV 네트워크 시스템의 구성은 (그림1)과 (그림2)을 통해 쉽게 파악할 수 있다.



(그림 2) 차량 무선 AV 네트워크 시스템 모델

3.2. 무선 보드와 AV 보드

AV 보드의 경우 시스템의 구성 모듈로부터 받은 AV 스트림의 처리를 담당하며, 무선 보드인 Linksys wrt 350n AP의 경우 USB2.0을 통해 IEEE 802.11n으로 송수신되는 데이터를 AV 보드에 전달하는 역할을 담당한다. (그림3)은 분리한 두 모듈 간의 통신인터페이스 및 시스템 구성을 보여준다.



(그림 3) 무선 보드와 AV 보드 구성 및 인터페이스

AV 보드에는 AV 데이터를 처리하기 위해서 고성능의 멀티미디어 기기에 사용되는 S3C6400 마이크로프로세서 [3]를 탑재하였다. 또한 DVDP에서 수신한 아날로그 영상 데이터를 ITU-T R601 디지털 영상 데이터로 변환과 SPDIF 음성 데이터를 IIS 인터페이스에 맞게 변환하기 위한 비디오 코덱과 디지털 인터페이스 트랜시버를 AV

보드에 포함하여 설계, 제작하였다.

IEEE 802.11n을 지원하는 상용화된 AP는 다양하지만, 대부분 탑재되어 있는 소프트웨어 코드를 공개하지 않기 때문에 개발에 용이하지 못하다. 그란 Linksys wrt 350n AP는 IEEE 802.11n을 지원하는 동시에 공개 dd-wrt [4] 펌웨어 포팅을 가능하게 한다. 또한 dd-wrt는 오픈소스 linux를 사용하는 공개 소프트웨어로 사용상에 문제가 없으며, dd-wrt 포팅을 통해 꾸준히 업데이트되고 있으므로 wrt 350n AP를 시스템의 무선 보드로 선정하였다.

3.3. 무선 AV 네트워크 시스템의 동작

(그림2)처럼 구성되는 차량 무선 AV 네트워크 시스템은 AV 보드의 역할에 따라 크게 4가지 형태의 동작 시나리오로 구성이 가능하다. 첫 번째는 DVDP에서 수신한 영상/음성 스트림을 인코딩하고 다른 AV 보드에 송신하는 동작이며, 두 번째는 AV 보드가 영상/음성 정보를 수신한 뒤에 데이터를 화면 또는 앰프에 출력하는 동작이다. 세 번째는 차량의 후방카메라가 송신한 영상을 압축하고, 송신되는 동작이며, 네 번째는 수신한 후방카메라 영상을 화면에 출력하는 동작이다.

3.3.1. DVDP 영상/ 음성 전송

이 동작과정은 마스터 AV 보드의 영상/음성 데이터 송신 과정을 보여준다. 여기에서 마스터란 DVDP와 연결되어 다른 AV 보드에 데이터를 송신하는 AV 보드를 의미한다. 마스터 AV 보드의 영상/음성 데이터 송신 과정을 간단하게 살펴보면 다음과 같다. 우선 마스터 AV 보드는 DVDP에서 수신한 아날로그 영상(CVBS) 데이터를 Video Decoder와 S3C6400 마이크로프로세서의 Camera I/F를 통해 디지털 데이터로 변환한다. 시스템은 변환된 디지털 데이터를 FIFO 버퍼에 저장하는데, 이 때 영상 데이터는 아날로그에서 디지털로 변환되는 과정에서 발생한 지연을 보상 받게 된다. 이후, 마스터 AV 보드는 FIFO 버퍼의 영상 데이터를 S3C6400의 MPEG 코덱을 이용하여 인코딩하고, 두 번째 FIFO 버퍼를 거쳐 USB를 통해 무선 보드에 전달한다. 마스터 AV 보드는 무선 보드에 전달하는 영상 데이터에 영상의 타이밍 정보를 추가하여 전송하는데, 이 영상 데이터를 수신한 AV 보드는 영상의 타이밍 정보를 이용하여 동시적인 영상/음성의 플레이를 위한 동기화에 사용한다. 음성 데이터는 영상 데이터와 동일한 방법으로 전송되나, 영상과는 다르게 압축되지 않은 Raw 데이터로 전송된다.

3.3.2. DVDP 영상/ 음성 수신 및 출력

마스터 AV 보드로부터 전송된 영상/음성 데이터는 무선 보드를 통해 각 슬레이브 AV 보드로 수신된다. 슬레이브 AV 보드에는 영상/음성 데이터를 출력할 수 있는 장치(디지털 앰프, Front/Rear Monitor)가 연결되어 있으며, USB를 통해 수신한 영상/음성 데이터를 동기화하여

이들 출력 장치에 전달하는 역할을 담당하게 된다.

3.3.3. 후방카메라 영상 전송

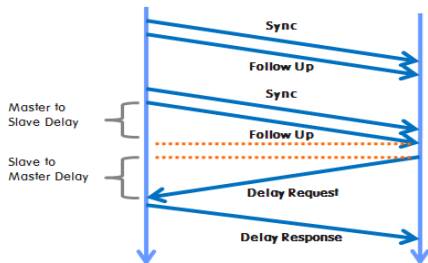
후방카메라 영상을 전송하는 AV 보드는 후방카메라로부터 연속된 영상 데이터를 받는다. 이러한 영상 데이터는 Video Decoder와 Camera I/F를 통해 디지털 데이터로 변환되는데, 후방카메라의 경우 이러한 데이터를 연속된 영상정보로 판단하지 않고, 단일의 이미지로 판단하여 JPEG로 압축한다. JPEG 압축을 사용하는 이유는 S3C6400 마이크로프로세서의 MPEG 기능이 하나의 영상스트림만을 디코딩할 수 있기 때문이다. 이 후, 시스템은 압축된 이미지를 USB를 통해 무선 보드에게 전송하고, 무선 보드는 압축 영상을 다른 모듈에게 전송한다.

3.3.4. 후방카메라 영상 수신 및 출력

후방카메라의 영상 이미지는 마스터 AV 보드와 연결된 무선 보드에 수신되고, 그 후 USB를 통해 마스터에게 전송된다. 마스터 AV 보드는 수신된 후방카메라 이미지의 압축을 풀고, 이미지를 Video Vector라는 버퍼에 저장한다. Video Vector는 영상을 출력하기 전, 디지털에서 아날로그 신호로의 변환과정에서 발생하는 지연을 보상하는 역할과 함께 후방카메라 영상 이미지를 DVDP에서 받아온 영상 데이터에 재배치하는 역할을 한다(여기서의 재배치란 출력되는 영상의 일정부분을 후방카메라 이미지가 overwrite하는 것을 의미한다).

3.4. 모듈 간의 동기화

무선 네트워크를 통한 전송에 있어서 가장 큰 문제는 영상/음성 출력 시간이 서로 다를 수 있다는 점이다. 차량 무선 네트워크 시스템에서 영상/음성의 동시적인 플레이(lip-sync)는 영상과 음성 간의 동기화뿐만 아니라 음성 간의 동기화, 즉 (그림2)에서 독립적으로 존재하는 두 애플사이의 음성 동기화 이슈도 포함하고 있다. 기존 연구에서 보고된 바에 따르면, 2ms 안으로 이루어져야 한다[5]. 이러한 제약을 해결하기 위한 동기화 기술로는 IEEE 1588 PTP (Precision Time Protocol) [6][7]가 있다.



(그림 4) IEEE 1588 동작

알고리즘을 간단히 살펴보면, 마스터가 슬레이브에게 SYNC 메시지와 FollowUp 메시지를 순차적으로 전송한

다. 이때 FollowUp 메시지에는 마스터가 SYNC 메시지를 전송한 시간 정보가 담겨있는데, 슬레이브는 자신이 SYNC 메시지를 수신한 시간 값과 메시지 내의 시간 정보의 차이를 현재 자신의 시간 값에 더해서 1차적으로 시간 정보를 수정한다. 이 후, Delay Request 메시지를 마스터에게 전송하고, 이를 수신한 마스터는 자신이 Delay Request 메시지를 수신한 시간 값을 Delay Response 메시지에 담아 슬레이브에게 전송한다. 이를 수신한 슬레이브는 자신이 Delay Request 메시지를 전송한 시간 값과 Delay Response 메시지에 담긴 시간 정보 값을 이용하여 최종적으로 자신의 시간을 수정하며, 이는 마스터의 시간 값과 동기화된 값이 된다.

본 연구에서는 헤드유닛(Head unit)과 연결된 무선 보드를 마스터로 하여 다른 디바이스들, 즉 두 개의 애플, 두 개의 LCD, 그리고 후방 카메라와 연결된 무선 보드를 슬레이브로 동작시킨다.

3.5. 성능측정

3.5.1. 영상/음성 스트리밍

IEEE 802.11n 표준은 송수신 안테나를 4개까지 늘려 최대 전송 속도를 300Mbps까지 제공할 수 있으나, 실제 무선 환경에서는 fading, shadowing과 같은 현상 때문에, 이러한 최대 전송 속도를 보장하는 것은 사실상 어렵다. 따라서 차량 무선 AV 네트워크를 구성하기 위해 필요한 최소한의 성능을 확인하고, 구현한 무선 네트워크가 이러한 성능을 지원할 수 있는지 파악하였다. 차량 무선 네트워크 시스템은 DVDP와 후방카메라 영상에 대한 비디오 스트림이 2개가 필요하며, 5.1채널의 애플 출력을 위한 오디오 스트림 1개가 필요하다.

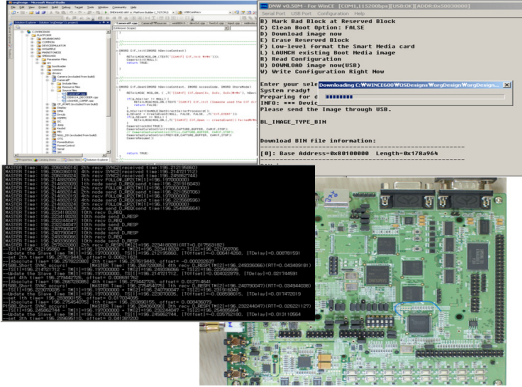
마스터 AV 보드는 DVDP로부터 아날로그 영상을 수신하여 YUV420 포맷의 640x480의 영상을 초 당 30 프레임씩 MPEG로 압축하여 무선 보드에 전달한다. S3C6400에 포함되어있는 MPEG Codec은 640x480 크기의 한 영상 프레임을 평균 17Kbyte로 압축하여 보내므로, 무선 네트워크상에서 640x480크기의 비디오 스트림을 전송하기 위해서는 4Mbps의 대역폭이 필요하다.

후방 카메라의 경우 초당 15개의 640x480 영상을 S3C6400의 JPEG Codec을 사용하여 전송하는데, 한 프레임의 압축률은 평균 20Kbyte가 되므로, 카메라 영상을 전송하기 위해서는 2.4Mbps의 대역폭이 필요하다.

음성의 경우 44.1kHz, 32bit 스테레오 채널의 CD Audio 음성을 전송하는데 음성 스트림의 대역폭을 확인해보면 약 2.8Mbps 정도가 필요하다.

따라서, 차량 무선 AV 네트워크 구성을 위해서는 적어도 앞에서 나열한 AV 스트림의 합인 9.3Mbps의 대역폭 지원이 요구된다. 필요 대역폭을 확인하기 위해 무선 랜의 성능을 측정된 결과를 살펴보면, UDP를 이용했을 경우 30Mbps의 대역폭을 보였고, TCP를 사용한 데이터 전송에서는 13Mbps의 전송률을 보였다. 그 결과 IEEE

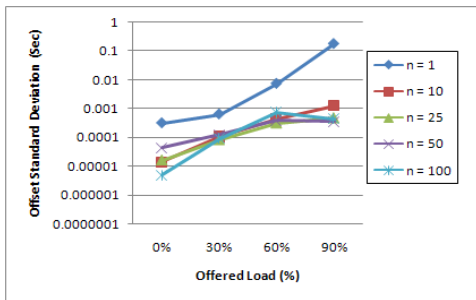
802.11n을 통한 AV 스트리밍은 무리 없이 진행될 수 있음을 확인하였다.



(그림 5) 성능측정 테스트 과정

3.5.2. 개선된 동기화 알고리즘

차량의 무선 네트워크를 구성하는 모듈 간의 동기화는 사용되는 Time stamp의 정확성과 동기화 메시지 송수신 과정에서의 네트워크 상황에 따른 latency 및 동기화 알고리즘 자체의 Inbound & outbound latency의 최소화하여 구현할 필요가 있다. 본 연구에서는 IEEE 802.1 AS와 매우 유사한 알고리즘인 IEEE 1588을 무선 네트워크 환경에 맞게 개선하여 802.11n 모듈 간의 동기화를 구현하였다[8]. 개선 알고리즘을 간단히 살펴보면, 마스터와 슬레이브 간의 시간 차이를 나타내는 오프셋 값을 구하고, PTP 사이클의 오프셋을 n 회 저장한다. 이렇게 도출된 n 개의 오프셋에서 일정 범위를 벗어난 오프셋을 걸러내고, 오프셋의 표준편차(STDDEV: Standard Deviation)를 구해 적용한다. 이러한 알고리즘은 무선 네트워크의 지속적이지만 낮은 잡음에 대한 내성을 강하게 하며, 네트워크 로드가 60%가 되는 상황에서도 2ms의 네트워크 딜레이를 보장할 수 있을 것으로 확인하였다.



(그림 6) 모듈 간의 동기화 오프셋 측정

4. 결론 및 향후 추진 과제

무선 차량 AV 네트워크 시스템은 현재까지 AV 및 무선 보드의 포팅과 AV 시스템의 카메라 드라이버 개발, 무선 보드의 동기화 알고리즘 개선/적용, AV 보드 영상

제어 프로그램 개발 등의 작업이 진행되었다. 전체 시스템을 구성하는 AV 보드와 무선 보드는 제공되는 소스가 있어 일부 필요한 기능을 추가하고 테스트하는 것으로 시스템에 필요한 기능을 구현하였다. AV 보드의 경우 S3C6400마이크로프로세서를 탑재한 SMDK6400 보드에 차량에서 필요한 AV 인터페이스를 추가하여 보드를 제작하였기 때문에, SMDK6400에서 제공하는 대부분의 디바이스 드라이버는 그대로 사용할 수 있었으며, 무선 보드 또한 dd-wrt 프로젝트에서 제공하는 Linux 기반 AP 소프트웨어를 사용할 수 있었다. 그러나 구현과정에서 AV와 무선 보드 간의 USB2.0 송신 중단 (transmission abort) 오류가 발생하고 있어 연구가 전반적으로 지연된 상태이다. 이 문제는 dd-wrt 펌웨어의 USB 버스 드라이버인 EHCI(Enhanced Host Controller Interface)의 동작 오류로 확인되었으며, 문제를 해결을 위해서는 dd-wrt의 OS 업데이트 혹은, EHCI 수정이 필요하다. 이와 더불어 대안이 될 만한 다른 통신 인터페이스에 대한 연구도 병행 중이다.

통신 인터페이스의 구현이 완료되면, 앞서 구현된 시스템의 기능을 통합하여 차량 무선 AV 네트워크로써의 IEEE 802.11n 표준의 적합성을 검증하고, 제안된 동기화 기술의 성능을 실측할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] IEEE, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. IEEE Std. 802.11, June 2007
- [2] IEEE, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. IEEE P802.11nTMTM/D3.00, September 2007
- [3] Samsung electronic, S3C6400X User's Manual revision 0.2, Oct 2007
- [4] <http://www.dd-wrt.com>
- [5] K. Wang, M. Faulkner, and Tolochko, "Timing Synchronization for 802.11a WLANs under Multipath Channels", Proceedings on Australian Telecommunications, 2003
- [6] IEEE, Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems. IEEE Std 1588-2002, 2002
- [7] Dirk S. Mohl "IEEE 1588 - Precise Time Synchronization as the Basis for Real Time Applications in Automation"
- [8] Yonghwan Bang, et al., "Wireless Network Synchronization for Multichannel Multimedia Services", submit to IEEE CCNC 2009 Special Session on Wireless Technologies for High-Speed Video/Audio/Gaming Entertainment Networks, 2009