

WiFi 네트워크 시스템을 활용한 차량 관제용 네트워크의 설계 및 구현

유환신
호원대학교 자동차기계공학과

Design and Implementation of Vehicle Control Network Using WiFi Network System

Hwan-Shin Yu

Department of Automotive Mechanical Engineering, Howon University

요약 차량의 자율주행을 위한 최근의 연구는 매우 활성화되고 있고, 안전운행을 보조하고 운전자의 편의성을 향상시키는 추세이다. 자율주행 차량은 인공지능의 결합, 영상인식 능력과 더불어 사물간의 인터넷 통신이 필수인 상황이다. 모바일 이동통신 네트워크는 처리하는데 한계가 있기 때문에, 쉽게 구현이 가능하고 확장이 용이한 WiFi 네트워크를 활용하여 확장한다. 이러한 차량 관제용 네트워크를 구축하기 위한 무선 설계방식을 제안한다. 이동 단말장치의 데이터 송수신의 손실을 최소화하기 위한 AP의 배치 구성과 소프트웨어 구성방식을 제안한다. 제안한 네트워크 시스템의 설계를 통해서 이동 차량의 통신성능을 비약적으로 높일 수 있다. 또한 다양한 단말장치의 이동에 대한 실험을 통해, 차량용으로 사용할 수 있는 GPS, 영상, 음성 및 데이터 통신의 패킷 구성을 검증한다. 이러한 무선 설계기술을 2.4GHz, 5GHz 및 10GHz Wi-Fi 등의 다양한 범용 무선 네트워크에 확장적용이 가능하다. 또한 무선 지능형 도로망과 자율주행과의 연동이 가능하다.

Abstract Recent researches on autonomous driving of vehicles are becoming very active, and it is a trend to assist safe driving and improve driver's convenience. Autonomous vehicles are required to combine artificial intelligence, image recognition capability, and Internet communication between objects. Because mobile telecommunication networks have limitations in their processing, they can be easily implemented and scale using an easily expandable Wi-Fi network. We propose a wireless design method to construct such a vehicle control network. We propose the arrangement of AP and the software configuration method to minimize loss of data transmission / reception of mobile terminal. Through the design of the proposed network system, the communication performance of the moving vehicle can be dramatically increased. We also verify the packet structure of GPS, video, voice, and data communication that can be used for the vehicle through experiments on the movement of various terminal devices. This wireless design technology can be extended to various general purpose wireless networks such as 2.4GHz, 5GHz and 10GHz Wi-Fi. It is also possible to link wireless intelligent road network with autonomous driving.

Keywords : WiFi, Automotive, Algorithm, Network, System, Design

1. 서론

차량의 자율주행을 위한 기술의 개발은 글로벌 기업 구글, 애플을 비롯한 여러 기업들이 관심을 가지고 있는

분야이다. 자율주행을 위해서는 인공지능, 영상관련 인식능력, 주행능력 등 다양한 분야의 기술이 필요하다. 이 중 커넥티드 기술에 대한 부분은 안전운행을 위한 모니터링 및 관제장치 구현을 위한 핵심적인 기술이라 할 수

본 논문은 2018년도 호원대학교 교내학술연구비의 지원에 의해 수행되었음

*Corresponding Author : Hwan-Shin Yu(Howon Univ.)

Tel: +82-61-450-7217 email: hsyu@howon.ac.kr

Received December 3, 2018

Revised December 31, 2018

Accepted March 8, 2019

Published March 31, 2019

있다.

이러한 차량 간 통신을 지원하기 위해, 사물인터넷 통신, 모바일 통신 등의 네트워크에서의 기술이 개발되고 있는 실정이다. 5세대 이동통신 기반 V2X(Vehicle to Everything)의 연구가 활성화되어 이동통신사 및 자동차사, 반도체회사를 중심으로 산업 표준화 및 요구사항을 정립 중에 있다. LTE-m(LTE Machine Type Communication), NB-IoT(Narrow Band Internet of Things), LoRa(Long Range) 등은 반이중 통신방식(Half Duplex)으로 차량의 실시간 관제에 속도와 성능 부분에서의 제약이 있다. 4G/5G 등은 이동통신사 환경에 영향을 받는다. 따라서 상용화가 보편하게 진행된 무선통신 기술인 WiFi를 이용하여, 차량 간 네트워크 구성할 수 있는 네트워크 구성설계 방법을 제안한다.

본 논문에서 2장은 응용 사례 및 최근의 최근 시스템 동향을 살펴본다. 3장은 본 논문이 제안하는 알고리즘 최적화 방법 및 구현방법에 대해 설계 방식을 제안한다. 4장은 실험결과를 확인하고, 5장에서 결론을 기술한다.

2. 본론

2.1 차량용 블랙박스 기반 장치

차량의 안전운행을 위한 기록 장치인 차량용 블랙박스의 보급이 대중화 되었다. 차량용 블랙박스는 임베디드 시스템 기반의 RTOS(Real-Time Operating Ssystem) 단말장치[1]와 Linux OS 기반의 단말장치로 개발되고 있다.

RTOS 기반의 단말장치는 빠른 반응속도를 기반으로 기능에 최적화된 형태의 제품의 형태를 가지는데, 새로운 기능을 추가하거나, 통신기능을 업그레이드하고자 하는 부분에 있어서는 확장성이 떨어지는 부분이 있다.

리눅스 기반의 단말장치는 OS가 지원하는 다양한 통신 단말장치로써의 확장성이 용이하여, 연결지향성 제품의 개발 및 차세대 차량용 관제 단말장치로의 발전이 가능하다. 이는 안드로이드 단말장치가 리눅스 기반의 커널을 탑재하여 운용하는 것과 같은 확장성을 가짐을 의미한다.

차량용 블랙박스 기반 단말장치는 파일시스템의 최적화[2]를 통해, 내구성이 향상된 형태의 기록장치가 된다. 이는 자율주행에 응용하고자 하는 단말장치의 설계에 있

어, 신뢰성 있는 주행기록의 확보에 필수적인 기술이다. 또한 파일시스템의 복원성 및 검색기능 강화 알고리즘[3]이 검증되어 탑재되어 있어, 단말장치에 반드시 활용해야 하는 기술들이다.

2.2 안전운행 보조 기능

차량의 안전운행을 지원하기 위해, 차선이탈 경보 알림 기능, 전방 차량 출발 알림 기능, 전방 차량 추돌 경보 기능[4] 등을 탑재하여 운전자의 안전을 보조한다. 이러한 기술의 발전은 영상을 단순히 녹화 저장하는 단계를 넘어서서 거리를 정확하게 측정하는 영상분석 알고리즘과 차량의 형태를 인식하는 알고리즘은 자율주행 장치들에 필요한 기능이고 이러한 알고리즘과 기술은 확장 발전하고 있다. 해당 기술은 레이더가 갖는 거리의 정확성을 영상에서 차량을 검출해낸 데이터와 결합하여 오차를 보정하는 방식이다.

레이더를 통해서 차량의 주변 사물을 파악하는 기술은 이미 보편적으로 사용되고 있고, 블루투스 기술을 이용하여 통신장치를 통해 차량 간 충돌을 방지하기 위한 알고리즘[5]도 개발되고 있는 상황이다.

또한 운전 중 차량의 안 보이는 사각이 없도록 주변의 영상을 모니터링 하는 AVM(Around View Monitoring) 단말장치와 그 영상을 활용하여 ADAS(Advanced Driver Assistant System)의 기능을 지원하는 단말장치[6]의 개발 및 활용도 활발한 수준이다.

2.3 통신관련 기술

이러한 안전운행 보조기술이 활용되면서, 통신 지향형 단말장치의 보안인증과 관련된 기술[7]이 요구되고 있다.

교통감독 보조 시스템을 통한 관제가 연구[8]되고 있으며, 상용 무선통신인 블루투스와 WiFi의 비콘 신호를 활용하여 버스 승하차를 위한 위치 관리 시스템[9] 또는 이동 경로를 관리하는 시스템[10]의 연구가 활발하다.

3. 시스템분석 설계 및 구현

3.1 임베디드 시스템 하드웨어 구조

차량용 블랙박스 시스템을 구현하는데 사용되는 임베디드 시스템을 기본적인 녹화장치로 사용하고 통신용

CPU를 추가로 사용하는 방식으로 하드웨어를 구성한다.

Table 1. Specification of testing Reference Design Kit

Car Blackbox System		
Board	SoC	GM8138S, Arm9
	Memory	DDR3 400MHz, 128MBytes
Communication WiFi System		
Board	SoC	QCA9531, Mips
	Memory	DDR3 400MHz, 128MBytes

Table 1의 제원을 가지는 시스템을 선정하여, 리눅스 OS를 기반으로 차량용 블랙박스의 기능을 수행하는 단말장치와 통신을 전달하는 단말장치를 만들어 차량용 통합 시스템을 구축한다.

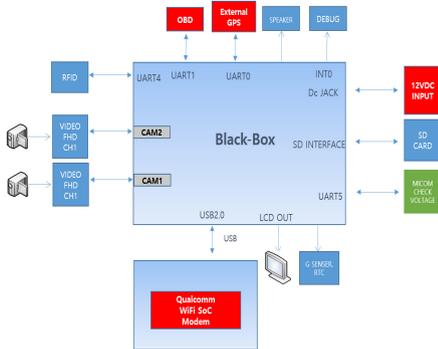


Fig. 1. Hardware configuration method of communication terminal device

Fig. 1과 같이 차량용 블랙박스 단말장치는 Full HD 기반의 영상을 녹화 및 영상을 처리하는 기능을 수행하며, 통신용 단말장치는 차량에 탑재되어 AP를 이동하는 로밍동작과 통신선로 상화에 따른 데이터 처리 대역폭 결정 및 관제 데이터의 송수신을 담당한다.

3.2 리눅스 OS기반 단말장치 S/W 구현

리눅스OS 기반 시스템으로 통신용 단말장치를 구성할 경우, AP망을 안정적으로 이동하는 기술이 핵심이다. 이를 위해, 무선 공유기 기술의 Open-Source인 OpenWRT 기반의 소프트웨어를 분석하여 사용한다. OpenWRT는 그 목적이 공개형 무선 공유기 시스템의 기술을 구현 및 검증하기 위한 부분이기 때문에, 본 논문에서 구현하고자 하는 단말장치의 구현 시, AP가 반응할 수 있는 동작에 대한 분석을 할 수 있는 소스이다.

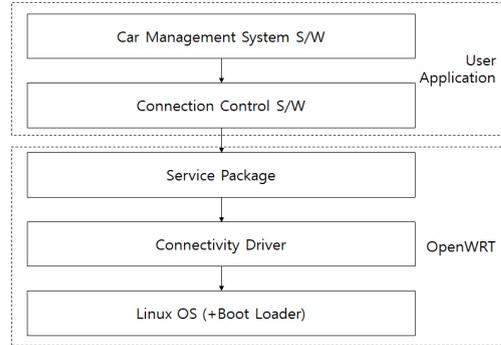


Fig. 2. Connection S/W method based on Linux OS

Fig. 2는 통신용 단말장치의 소프트웨어 구성을 보여준다. 리눅스OS 기반의 단말장치 BSP(Board Support Package)에서 통신용 드라이버가 구현되고, 그에 따른 서비스 데몬이 동작하게 되는데, 이 구현부분이 OpenWRT 패키지를 적용하여 사용하게 된다.

사용자 프로그램은 포팅 BSP를 통해 연결되는 상위 레벨 Socket API로 구현된다. 이 때 통신 연결이 끊김 없이 지속이 가능하도록 모니터링 및 재접속이 가능한 데몬 프로그램의 형태로 설계한다.

이 기반 위에 사용자의 관제용 데이터 및 영상의 송수신이 가능한 구조로 프로토콜을 구성한다.

3.3 WiFi 위치 선정 최적화

논문에서 제안하는 AP 위치 선정 방식은 차량의 양 방향을 고려하여, Fig. 3과 같이 상행선 도로에 AP#1, AP#2와 같은 형태로 배치하고, 하행선 도로에 AP#3, AP#4와 같이 배치하는 방법이다.

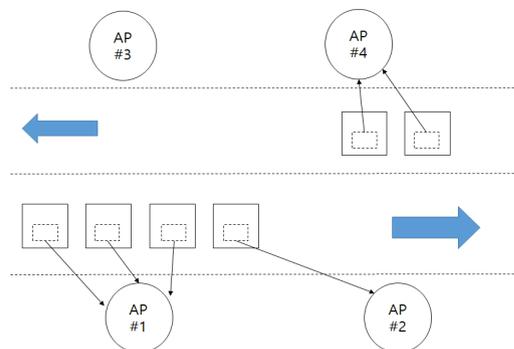


Fig. 3. AP location method

무선의 채널 중첩에 따른 RF영역에서의 간섭을 최소화하기 위해서는 도로의 양쪽에 배치하여 무선의 최적화를 기획한다.

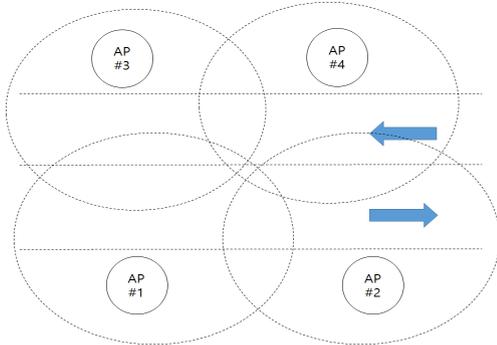


Fig. 4. Wireless area overlap design

AP의 위치를 선정하면서 추가로 고려해야 하는 부분은 Fig. 4와 같이 신호영역의 도달거리를 점검해야 한다.

무선 AP에 접속되는 영역은 반경 50~100m까지 가능하지만, 데이터 전송을 원활하게 하기 위한 영역은 반경 30~50m로 제한된다. 이동속도가 높은 차량의 이동시, AP간의 빠른 로밍이 필요하기 때문이다. 그리고 안정적이고 빠른 로밍을 위해, 802.11r의 FT(Fast Basic Service Set Transition)기능과 802.11v의 BSS(Basic Service Set) 기능을 활성화 한다.

또한 상행선에 50m 간격으로 AP를 설치할 경우, 채널을 1번, 6번, 11번, 1번과 같이 지속적으로 간격을 벌려주어야 무선신호의 안정성을 높일 수 있다. 이때, 하행선의 경우, 1번 채널을 점유하는 AP의 맞은편에는 6번 또는 11번 채널이 오도록 해야 한다. 위의사례에서는 6번, 11번, 1번, 6번과 같이 대응해주어 상행선, 하행선간의 중첩을 막을 수 있다.

3.4 이동형 WiFi 망의 데이터 구조 최적화

무선망에서의 데이터 송수신은 기본적으로 데이터 처리 패킷단위의 손실을 감안하여 설계하여야 한다. 특히, WiFi 망에서의 무선 패킷은 AP와 단말장치 간의 손실이 발생하게 되는데, 논문에서 제안하는 데이터 처리를 위한 우선순위와 손실처리 방식을 Table 2와 같이 제안한다.

Table. 2. Data processing method

Communication Type	Socket Type	BandWidth
Control Communication	TCP	~1Mbps
Control Status Communication	UDP	~1Mbps
Real-time Video	RTSP-UDP	~5Mbps
Event Video	RTSP-TCP	~10Mbps

관제 통신의 경우, 도로망에서 차량의 주행과 안전과 관련된 직접적인 제어라고 할 수 있고, 이러한 부류의 데이터는 1Mbps 급의 주기적 동작이지만, 반드시 안정적으로 송수신 되어야 하기 때문에 TCP를 사용한다. 관제 상태 정보는 주기적으로 차량의 여러 데이터를 업로드하는 정보이고, 중간에 손실이 발생해도 다시 업데이트 받으면 되기 때문에 UDP 방식으로 설계한다.

영상의 경우, 실시간 영상은 손실 발생을 허용하는 RTSP-UDP 방식으로 최산화 및 영상 현시성을 높이는 방식으로 구현하고, 이벤트 영상은 사고 영상 또는 특정 관심영역의 영상이기 때문에, RTSP-TCP 방식으로 송수신하여, 데이터의 누락을 차단한다.

4. 실험 결과

본 논문이 제안하는 소프트웨어 구성 및 하드웨어 설계를 검증하기 위하여, Fig. 5와 같이 옥외용 무선 AP를 도로에 50m 간격으로 5개를 설치하였다.



Fig. 5. Example of installation of outdoor wireless AP

설치 구간에서 단방향으로 30Km/h의 속도로 주행했을 때 Fig. 6과 같은 패킷 실패율이 발생한다. 즉 TCP기

반 전용으로 프로토콜 설계할 때에는 단위시간(1sec) 당 패킷이 200~300개 정도의 손실이 발생한다. 패킷 전송 실패에 따른 재전송이 발생하여, 패킷 폭풍 및 많은 실패가 발생하게 된다. 논문에서 제안한 바와 같이 UDP와 혼용할 경우, 패킷 손실이 단위시간 당 5~10개 정도로 유지되어 데이터 전송의 편차가 줄어들게 된다.

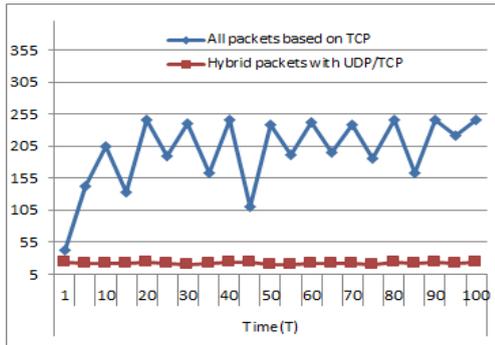


Fig. 6. Packet loss when driving at 30Km/h

또한 무선 패킷의 점유율을 분석할 결과 그림 7 좌측의 이미지는 TCP를 사용할 때, 패킷의 점유도는 RF 측정 장치를 통해 확인이 가능하다. 우측은 UDP를 혼용하는 방식의 결과이다. TCP를 사용하여 영상을 처리했을 때에는 영상의 손실없이 데이터를 받았지만, UDP 방식의 영상전송의 경우, 일부 Frame의 손실은 있었다. 이러한 결과가 그래프와 같이 나타난다.

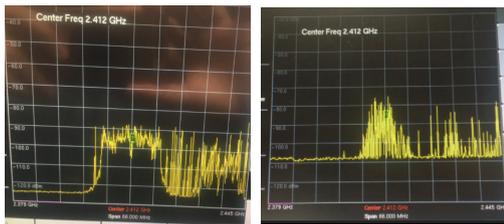


Fig. 7. Packet bandwidth in Wireless

본 실험결과를 기반으로 차량의 이동속도를 60Km/h, 90Km/h로 주행할 때의 비교 결과는 Fig. 8과 같다. 속도의 증가에 따른 패킷의 손실이 큰 차이를 보이지 않는다. 실시간 영상의 경우, AP를 이동하는 동작에서 일부의 영상 깨짐이 발생하지만, RTSP 스트리밍은 단절 없이 처리되었다.

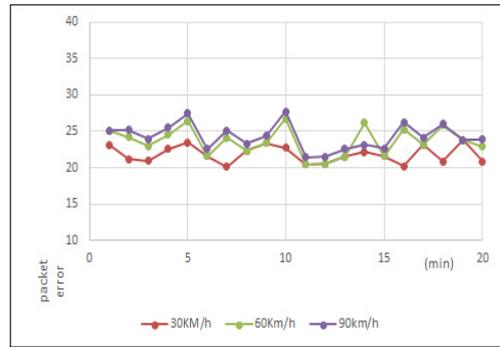


Fig. 8. Packet loss when driving at 30Km/h, 60Km/h and 90Km/h

Table. 3. Data processing result

Communication Type	Operation Status	Packet Loss
Control Communication	good Condition	0% loss
Control Status Communication	good Condition	5% loss
Real-time Video	good Condition	5~10% loss
Event Video	good Condition	0% loss

Fig. 8의 결과를 보면, 속도의 변화량에 따른 패킷 오류의 절대치가 크게 증가하지 않는다. 이에 따라 설계된 방식이 차량의 이동속도에 따라 데이터 송신율과 수신율에 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있다.

제안된 무선 AP의 설치와 통신을 적용하여 실험이 진행된 환경에서의 패킷처리된 결과를 세분화하면 Table 3과 같다. 관제 통신과 이벤트 영상을 처리한 결과는 TCP 프로토콜 기반으로 설계하여, 패킷의 손실이 발생하지 않았다. 관제 상태 정보와 실시간 영상은 UDP 프로토콜 기반으로 설계되어, 일부 손실이 발생하였으나, 손실 발생량이 단위 시간당 불규칙하게 증가하는 현상은 발생하지 않아 전체 데이터의 관독이 양호하였다.

5. 결론

실험 조건 상, 테스트 하고자 하는 AP의 개수와 이동 거리가 제약적인 부분이 있다. 이에 따라 추가적으로 직선구간, 곡선구간, 교차로 구간에 대한 추가 연구가 필요하며, 차량의 대수를 늘릴 때의 통신망 부하에 따른 이슈는 점검하지 못했다.

차량용 블랙박스 시스템과 통신 형 단말시스템을 결합하여, WiFi 네트워크에서 차량의 관제가 가능한 무선 시스템의 설계를 기획 및 구현하였다. 차량의 다양한 이벤트를 관제함으로써 향후 활용성을 높일 수 있고, 일반 무선 대역에서의 TCP/IP 기반의 소프트웨어 기능 구현을 통해, 향후 차량용 전용 무선망의 설계를 고려할 수 있게 되었다. 특히 영상정보 및 기타 데이터에 대해 실시간으로 유효하게 활용할 수 있는 대역폭을 측정함으로써 향후 지능형 도로망 및 자율주행 차량과의 보조수단으로 연동이 가능하다.

본 논문을 확장 발전시킨다면, 도로망을 따라 AP를 설계한다면, [도로명_도로번호_상하행표시] 형태의 SSID를 만들어 준다면, 네비게이션 기능을 가지는 GPS정보와 조합하여 배치할 수 있다. 이런 구성으로 확장하여, 전체 도로망을 상용 ISM망을 기반으로 도로상에 존재하는 차량의 위치를 관제할 수 있다.

또한 도로상에 존재하는 차량의 포화도는 AP의 확장 설치 및 용량 증성을 통해 수용이 가능하다. 이러한 설계 및 구현 검증을 본 논문의 향후 과제로 한다.

2017.

- [8] Leiming Mao, SamTaek Kim and Dongwoo Lee, "The auxiliary system of traffic regulation based on blackbox(vehicle DVR)", *Journal of KIIT*, Summer Conference, pp. 1-3, 2015.
- [9] Junho Kim and Sungwon Lee, "The development of automatic boarding and alighting bus system", *Journal of KICS*, Summer Conference, pp. 1390-1391, 2015.
- [10] Jong-Wuk Son, Kookrae Cho and Bokyu Jang, "Bacon-Management Scheme using the moving route", *Journal of KSC*, Winter Conference, pp. 379-380, 2015.

유 환 신(Hwan-Shin Yu)

[정회원]



- 1993년 2월 : 동국대학교 전자공학과 (공학사)
- 2006년 2월 : 국민대학교 자동차전자제어 전공 (공학박사)
- 1993년 10월 ~ 1997년 11월 : (주)기아자동차
- 2006년 3월 ~ 현재 : 호원대학교 자동차기계공학과 교수

<관심분야>

무인자율차량, 센서시스템, 영상처리

References

- [1] Hwan-Shin Yu, "The lane departure warning algorithm optimized for automotive black-boxes and compact system", *Journal of KIIT*, Volume 13 Issue 10, pp. 9-15, Oct. 2015.
- [2] Hwan-Shin Yu and Eui-Bung Joeung, "The optimized file system designed for vehicle black box system", *Journal of KIIT*, Volume 14 Issue 2, pp. 1-6, Feb. 2016.
- [3] Hwan-Shin Yu, "File system recovery and search enhancement algorithm of automotive Black-boxes", *Journal of KIIT*, Volume 14 Issue 10, pp. 133-140, Oct. 2016.
- [4] Hwan-Shin Yu, "System design and implementation with improved FCWS detection speed", *Journal of KIIT*, Volume 16 Issue 1, pp. 53-60, Oct. 2018.
- [5] Hwan-Shin Yu, "Design and Implementation of Anti-collision Algorithm Using Bluetooth 4.0 Technology", *Journal of KIIT*, Volume 15 Issue 5, pp. 31-36, Oct. 2017.
- [6] Hwan-Shin Yu and Eui-Bung Joeung, "The lane recognition enhancement algorithms of around view monitoring system based on automotive black boxes", *Journal of KIIT*, Volume 15 Issue 1, pp. 45-53, Jan. 2017.
- [7] Hwan-Shin Yu, "Design of Vehicle security authentication system Using Bluetooth 4.0 Technology", *Journal of KIIT*, Volume 18 Issue 7, pp. 325-330, Oct.