

# 무인비행체 다중 시간 동기화 환경을 구성하기 위한 시스템 콜 추가에 관한 연구

김기석, 박성준, 김황남

고려대학교 전기전자공학과

{kisuk528, psj900918, hnkim}@korea.ac.kr

## Installing System Calls for Time Synchronization in Multi-Drone System

Kiseok Kim, Seongjoon Park, Hwangnam Kim

School of Electrical Engineering, Korea University.

### 요 약

본 논문은 무인비행체 제어를 위한 시간 정보를 안정적으로 수신하기 위한 향후 다중 시간 동기화를 위한 환경을 제안한다. 비교적 활동 반경이 넓은 무인비행체의 특성상 단일 GPS 신호에 의존한 시간 동기화는 신호가 불안정한 실내 또는 밀집 지역과 같은 상황에서 극히 제한적이다. 본 논문에서는 Network Time Protocol 코드 및 리눅스 커널 코드에 시스템 콜 및 적절한 서비스 루틴을 추가하여 시간 동기화를 신호 상태에 따라 GPS와 이외의 수단으로 시간 동기화를 교차적으로 수행할 수 있도록 하기 위한 환경을 설계하였다.

### I. 서 론

최근 4차 산업혁명 결과로 IoT, 자동화 시스템 등과 같은 분야가 발달함에 따라 네트워크를 이용한 원거리 제어 및 모니터링, 이종 간 상호 연동 등의 요구 사항들이 급증하고 있다. 하지만 기존의 표준 이더넷과 같은 연결성 위주의 네트워크 환경은 이와 같은 새로운 요구 사항을 보장하는데 한계가 있었고, 이를 보완하고자 TSN 표준을 제정하였다. 이를 통해 기존의 여러 표준들을 조합함과 동시에 목표한 시간 내에 작업이 이루어지도록 지연을 극소화하고 확장할 수 있는 시민감형 통신 인프라를 구축하였다.

시간 동기화는 이와 같은 TSN 표준의 주요 기술 중 하나로 네트워크에 있는 모든 장치들이 동일한 시간 레퍼런스를 가지게 함으로써 장치들이 동시에 작동하여 정확히 필요한 시점에 필요한 작업을 실행하는 TSN의 핵심 기능을 구현한다. 때문에 시간 동기화가 어떠한 상황에서도 지속적이고 정밀하게 유지되는 것이 중요한 이슈라 할 수 있는데, 이와 같은 사항은 하나의 네트워크 노드로써 동작하는 무인 비행체의 시간 동기화에서도 또한 동일하게 요구되지만 해결해야 할 문제점이 존재한다. 보통 무인 비행체의 경우 GPS 모듈을 부착하고 GPS 신호를 이용하여 시간 동기화를 수행하는데, 문제는 GPS 신호의 특성뿐만 아니라 비행체의 특성상 상시 신호를 안정적으로 공급받기 쉽지 않다는 점이다. 이에 대해 본 논문에서는 상황에 따라 다양한 시간 동기화를 수행하기 위한 환경 구축 방안을 제안하고 실제 드론을 이용한 테스트 베드를 구축함으로써 실효성을 검증한다.

### II. 기본 구성

이 장에서는 GPS 모듈로부터 데이터를 수신 받은 Single Board Computer가 Network Time Protocol을 사용하여 시간 동기화를 진행하던 도중 GPS 신호가 불안정하다고 판단할 시, 주변의 다른 시간 동기화 수단을 이용하여 프로세스를 유지하고, GPS 신호가 정상적으로 돌아올

경우 다시 원상태로 복귀하기 위한 소프트웨어로 구현된 스위치 추가 방안을 세부적으로 기술한다. 본 논문에서 제안하는 방안을 실제 드론에 적용하였으며 해당 드론을 구성하는 여러 H/W 및 S/W에 대한 세부정보는 표 1과 같다.

표 1. 드론의 H/W 및 S/W에 대한 세부정보

Component	Description
Single Board Computer(SBC)	ASUS Tinker Board
SBC OS	Tinker Board Debian
GPS Module	Here + (U-blox M8P)
Drone Model	DJI F550

### III. Network Time Protocol 코드 분석 및 수정

본 연구에서는 커널에 내장된 NTP가 아닌 별도의 패키지로 존재하는 NTP 데몬을 사용하였다. 시간 동기화를 수행하는 SBC는 연결된 GPS 모듈로부터 1Hz 간격으로 PPS 신호를 수신하고, 5Hz 간격으로 시간 정보를 담고 있는 NMEA 메시지를 수신한다. SBC 기준으로 PPS가 도착한 시간과 NMEA 메시지에 담긴 시간 정보 사이의 오차인 오프셋을 저장하고, Median Filter를 사용하여 저장된 복수의 오프셋으로부터 유효한 오프셋을 추출하는 일련의 과정이 존재한다. 그런데 이와 같은 프로세스를 진행하기에 앞서 피어로부터 받은 NMEA 메시지에 대한 여러 유효성 검증을 실행한다.[1]

먼저 수신된 NMEA 패킷이 비어있는 패킷인지 아닌지를 판단하고 비어 있다면 해당 메시지를 무시하고 return 문을 실행한다. 반대로 어떠한 데이터라도 포함하고 있다면, 곧바로 name 필드에 담긴 sentence의 규약을 확인하는데 이 과정을 통해 해당 NMEA 메시지가 GPGLL 인지 GPGLL 규약인지 등을 확인하고 해당 규약에 대해 미리 세팅되어 있는 checksum을 사용하여 메시지의 유효성 검증을 실행하게 된다. 이후에 본 연구에서 관심을 가지는 검증 단계로써, 시간 필드로부터 시간 정보를 추출하고 해

당 정보에 대한 유효성 판단을 실행한다. SBC가 GPS 모듈과 연결된 상태라면, GPS 신호 수신 여부와 관계없이 메시지 유효성 검증까지는 문제없이 수행하나, 시간 정보 검증의 경우 GPS 신호가 불안정할 시 시간 필드에 어떠한 값도 포함되지 않기 때문에 유효하지 않다고 판단하게 된다. 그래서 본 연구에서는 시간 정보 유효성을 기준으로 시간 동기화 수단을 GPS로 사용할지 말지의 여부를 결정하고, GPS 신호가 불안정하다고 판단하면 본 연구에서 새롭게 추가한 시스템 콜을 호출하여 인터럽트 핸들러를 통해 대응되는 서비스 루틴을 수행한다. 반대로 GPS 신호가 불안정한 상태에서 완전한 상태로 돌아올 때 또한 동일한 시스템 콜을 호출한다.

추가로 NTP 알고리즘상 수시로 NMEA 시간 정보 유효성 검증을 수행하게 되는데, 검증에 대한 결과 즉 GPS 신호 상태에 변화가 없음에도 시스템 콜을 호출하는 경우를 방지하고자 GPS\_STATE 전역변수를 추가한다. 현재의 신호 상태를 해당 변수에 저장하고 다음 검증 결과가 GPS\_STATE와 동일하면 시스템 콜 호출을 생략한다.

#### IV. 시스템 콜 추가를 위한 커널 코드 수정

본 연구는 향후의 다중 시간 동기화 구현 시 적절한 서비스를 제공하기 위한 환경 구성 방안으로 시스템 콜을 추가하였다. 시스템 콜에 대응하는 기능을 구현하기 위해 [표 2]와 같이 새로운 제어 변수 및 매크로를 추가하였고 NTP 데몬으로부터 시스템 콜이 호출될 때마다 gps\_sync\_state에 2개의 매크로를 번갈아가면서 대입한다. 향후 GPS 외의 시간 동기화 수단들은 이 환경 변수를 참조하여 시간 동기화를 수행할지의 여부를 결정한다.

표 2. 시간 동기화 제어를 위한 환경 변수 및 매크로

Classification	Name	Value
Control Variable	gps_sync_state	0(init)
Macro	GPS_STABLE	0
	GPS_UNSTABLE	1

#### V. 실험 결과

본 실험은 [그림 1]과 같이 한 대의 드론을 지상에서 정상적으로 GPS 신호를 수신하도록 초기 실험 환경을 구성한다. 이는 NTP 데몬의 전역 변수와 커널의 제어 변수를 초기화할 시 GPS 신호가 정상이라는 정보를 입력하도록 한 설계의 일환이다. 결과값으로 [그림 2]와 같이 GPS 모듈을 차폐시키거나 개방하는 시점에 NTP 데몬과 커널에서 동시에 출력하는 상태 메시지를 확인한다. 초기 환경에서 GPS 모듈을 차폐하여 GPS 신호가 불안정하다는 메시지 출력을 확인하였고, 반대로 개방하여 GPS 신호가 정상적으로 돌아왔다는 메시지 또한 확인하였다. 본 실험을 통해, 제안된 시스템이 예외 없이 정상적으로 동작하는 모습을 볼 수 있었다

#### VII. 결론

본 논문에서는 리눅스 커널 코드 및 NTP 코드를 수정하여 GPS 신호 수신 상태에 따라 GPS 시간 동기화 기능을 on/off 함으로써 향후 다른 수단들과 시간 동기화를 교차적으로 수행하기 위한 환경을 제안한다. 다중 시간 동기화는 단일의 GPS 신호를 수신할 때보다 더욱 안정적으로 운영체제의 시간을 정밀하게 유지함으로써 차세대 네트워크인 TSN의 핵심 기능을 보장하기 때문에 이를 구현하기 위한 환경 구축 또한 중요한 과제라

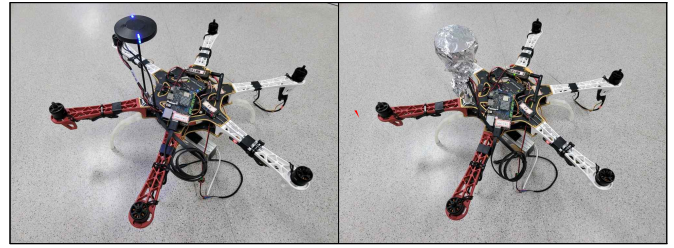


그림 1. 실험 환경. 각각 신호가 정상인 경우와 비정상인 경우를 보여준다.

#### #result

```
[00:00:01] ntpd: GPS signal is stable
[00:00:04] ntpd: GPS signal is unstable
[00:00:04] kernel: Enable another time sync method
[00:00:11] ntpd: GPS signal is stable
[00:00:11] kernel: Disable another time sync method
:
```

그림 2. 실험 결과

할 수 있다. 이를 위해 본 논문에서는 NTP 및 커널 코드 수정을 통해 시스템 콜로 구현된 스위치를 제작하였고 GPS 신호 상태에 따라 동작하도록 설계함으로써 다중 시간 동기화 구현을 위한 환경을 마련하였다.

이를 시작으로 보다 더욱 구체적인 시나리오를 구축함으로써 본 주제에 대한 후속 연구를 구상하고 있다. 예를 들면, GPS 신호가 끊기거나 불안해지는 순간부터 한동안은 GPS 시간 동기화를 유지하는 것이 정밀한 시간 동기화 측면에서는 유리할 수 있다고 판단한다. GPS 신호가 수신되지 않더라도 GPS 모듈의 local clock이 유지되고 이 시간 정보가 SBC로 전달되는 원리이기 때문에 신호가 불안하다고 판단되는 그 순간부터 한동안은 시간 오차가 급격하게 벌어지지 않고 유지될 것이고, 이는 GPS 시간 동기화 보다 덜 정교한 시간 동기화 알고리즘을 가지는 수단으로부터의 시간 오차보다 훨씬 더 정확할 수도 있기 때문이다. 이와 같이 수신 신호에 따른 성능의 차이를 줄이기 위한 구체적이고 효율적인 시간 동기화 전환 정책을 수립함으로써, 보다 더 강건한 무인비행체의 다중 시간 동기화를 구현할 수 있다.

#### ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2020R1A2C1012389).

#### 참 고 문 헌

- [1] 심후엽, 주현태, 김황남. (2021). PX4 기반 무인비행체의 GPS 시간 동기화 오차 최소화에 관한 연구 및 구현. 한국통신학회논문지, 46(4), 679-687.
- [2] Mills, David L. Computer network time synchronization: the network time protocol on earth and in space. CRC press, 2017.
- [3] A. Mahmood, R. Exel, H. Trsek and T. Sauter, "Clock Synchronization Over IEEE 802.11 – A Survey of Methodologies and Protocols," in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 13, no. 2, pp. 907-922, April 2017, doi: 10.1109/TII.2016.2629669.
- [4] <https://github.com/oplinkoms/ntp-4.2.8p12>