



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년08월09일
(11) 등록번호 10-2287793
(24) 등록일자 2021년08월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 7/00 (2006.01) H04B 7/185 (2006.01)
H04J 3/06 (2006.01) H04L 7/027 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 7/0016 (2013.01)
H04B 7/18506 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0048644
(22) 출원일자 2021년04월14일
심사청구일자 2021년04월14일
(56) 선행기술조사문헌
JP2009077207 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
송형규
경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17, 320-303(서현동, 한양아파트)
장준용
경기도 의정부시 오목로35번길 10, 102-102(용현동, 용현그랜드아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이강민, 안준형, 남승희

전체 청구항 수 : 총 4 항

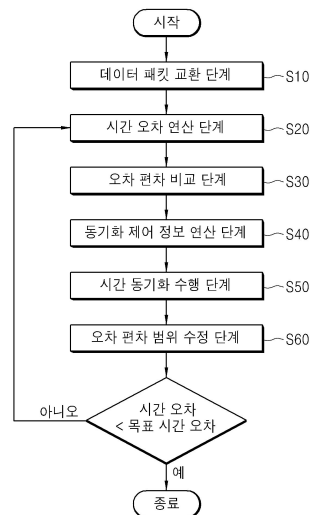
심사관 : 김성태

(54) 발명의 명칭 무인항공비행체 네트워크에 대한 반복적인 시간 동기화 알고리즘 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 무인항공비행체의 시간 동기화 방법에 있어서, 관제컴퓨터와 무인항공비행체의 임무컴퓨터는 서로간 양방향 통신을 통해 교환한 데이터 패킷의 타임스탬프를 기반으로 시간 오차를 연산하고, 상기 연산한 데이터 패킷들의 시간 오차들이 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는지 비교하여, 포함되지 않는 시간 오차들을 가지는 데이터 패킷을 제외하여 시간 동기화를 수행하되, 상기 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는 데이터 패킷의 개수가 소정의 기준 개수 이상인 경우, 상기 소정의 편차 범위를 감소시키는 과정을 반복하여 시간 동기화를 수행함으로써, 데이터 패킷의 시간 오차들이 목표하는 기설정된 목표 오차 편차 범위에 수렴될수 있도록 하는 무인항공비행체의 시간 동기화 방법 및 시스템을 제공한다.

대표도 - 도1



- | | |
|--|---|
| (52) CPC특허분류
H04J 3/0661 (2013.01)
H04L 7/027 (2013.01) | (56) 선행기술조사문헌
KR1020060022268 A*
KR1020140052107 A*
KR1020180099140 A*
KR1020190096665 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌 |
| (72) 발명자
이원석
서울특별시 광진구 동일로42길 10 106호
박찬엽
서울특별시 노원구 덕릉로 459-18, 103-1209(상계동, 미도아파트) | |

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711126109
과제번호	2018-0-01423-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	대학ICT연구센터육성지원사업
연구과제명	지능형 비행로봇 융합기술 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615011800
과제번호	153691
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	공공혁신조달연계무인이동체및SW플랫폼기술개발(R&D)(국토부)
연구과제명	공공임무용 무인이동체 탑재 임무SW 및 지상운용 SW 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국전자기술연구원
연구기간	2021.01.28 ~ 2021.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

무인항공비행체의 시간 동기화 방법에 있어서,

관제컴퓨터와 무인항공비행체가 타임스탬프를 포함하는 복수의 데이터 패킷을 반복적으로 교환하는 데이터 패킷 교환 단계;

상기 반복적으로 교환한 데이터 패킷의 타임스탬프를 기반으로 동기화 제어 정보를 연산하는 동기화 제어 정보 연산 단계;

상기 동기화 제어 정보를 기반으로 시간 동기화를 수행하는 시간 동기화 수행 단계; 를 포함하며,

상기 동기화 제어 정보 연산 단계는,

상기 교환한 데이터 패킷들의 시간 오차를 연산하는 시간 오차 연산 단계; 및

상기 연산한 패킷의 시간 오차들이 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는지 비교하고, 상기 기설정된 소정의 편차 범위 밖의 시간 오차를 가지는 패킷의 시간 오차는 제외하는 오차 편차 비교 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하며,

상기 시간 동기화 수행 단계는,

상기 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷들의 개수가 기설정된 소정의 제1 개수 이상인 경우, 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 감소시키고,

상기 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷들의 개수가 기설정된 소정의 제2 개수 미만인 경우, 동기화 제어 정보를 연산하지 않고 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 증가시켜 상기 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는 패킷 개수를 증가시킬 수 있도록 하고,

상기 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷들의 개수가 기설정된 소정의 제2 개수 이상 제1개수 미만인 경우, 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 유지시키며 동기화 제어 정보를 연산하는 오차 편차 범위 수정 단계; 를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 무인항공비행체의 시간 동기화 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

청구항 제 1항에 있어서,

상기 오차 편차 범위 수정 단계는,

상기 연산된 시간 오차가 소정의 목표 오차 편차 범위에 수렴될 때까지 반복하는 것을 특징으로 하는 시간 동기

화 방법.

청구항 7

무인항공비행체의 시간 동기화 시스템은,

관제컴퓨터와 타임스탬프를 포함하는 데이터 패킷을 교환하는 무인항공비행체;

다수의 무인항공비행체를 관제하며 시간 동기화 서버를 포함하는 관제컴퓨터; 및

시간 동기화 서버를 모니터링 및 제어 동작하는 통합 운용 플랫폼; 을 포함하여 구성되며,

상기 무인항공비행체와 상기 관제컴퓨터는 타임스탬프를 포함하는 데이터 패킷을 반복적으로 교환하여 통합 운용 플랫폼에 전달하고,

상기 통합 운용 플랫폼은 상기 반복적으로 교환한 데이터 패킷의 타임스탬프를 기반으로 시간 오차 및 동기화 제어 정보를 연산하여 관제컴퓨터에 전달하고,

상기 관제컴퓨터는 시간 동기화 서버를 통해 동기화 제어 정보를 무인항공비행체에 전달하여 시간 동기화를 수행하는 것을 특징으로 하며,

상기 통합 운용 플랫폼은 동기화 제어 정보를 연산하되, 상기 교환한 데이터 패킷의 시간 오차를 연산하고, 상기 연산한 시간 오차들이 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는지 비교하고, 상기 기설정된 소정의 편차 범위 밖의 시간 오차를 가지는 패킷의 시간 오차는 제외하여 동기화 제어 정보를 연산하는 것을 특징으로 하며,

상기 통합 운용 플랫폼은 연산한 동기화 제어 정보를 관제컴퓨터에 전달하되, 상기 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷들의 개수가 기설정된 소정의 제 1개수 이상인 경우 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 감소시키고,

상기 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷들의 개수가 기설정된 소정의 제 2개수 미만인 경우 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 증가시키고,

상기 소정의 편차 범위에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷들의 개수가 기설정된 소정의 제 1개수 이상인 제 2개수 미만인 경우 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 유지시키는 것을 특징으로 하는 무인항공비행체의 시간 동기화 시스템.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

청구항 제 7항에 있어서,

상기 통합 운용 플랫폼은 연산한 시간 오차들이 기설정된 목표 오차 편차 범위에 수렴될 때까지 상기 오차 편차 범위를 증감 및 유지 시키는 것을 특징으로 하는 무인항공비행체의 시간 동기화 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무인항공비행체 네트워크에 대한 시간 동기화 알고리즘 및 시간 동기화 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 다수의 무인항공비행체간의 시간 동기의 차이를 목표로 하는 최소 오차 편차를 가지는 시간 동기

화를 수행할 수 있는 무인항공비행체의 시간 동기화 알고리즘 및 시간 동기화 시스템을 제공한다.

배경 기술

- [0003] 무인항공비행체(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)는 실제 조종사가 직접 탑승하지 않고, 사전 프로그램 된 경로에 따라 자동 또는 반자동으로 비행하는 비행체를 의미한다. 활용 분야에 따라 장비를 장착하여 다양한 임무를 목적으로 활용될 수 있으며, 군사적 용도에서부터 최근 민간 분야로까지 적용이 점차 확대되고 있다.
- [0004] 이러한 무인항공비행체는 탑재된 GPS와 비행제어컴퓨터를 통해 매우 작은 오차로 최적의 시간 동기화 성능을 수행할 수 있다. 하지만, 무인항공비행체는 비행제어컴퓨터 외에도 임무를 수행하기 위한 임무컴퓨터를 탑재하여 임무 장비를 제어하며, 이를 위한 다수의 임무컴퓨터 간 시간 동기화가 요구된다. 이를 위해 컴퓨터 네트워크 환경에서 많이 이용되는 네트워크 타임 프로토콜(Network Time Protocol, NTP) 기반의 시간 동기화를 수행할 수 있으나, 드론쇼와 같이 다수의 무인항공비행체에 탑재된 임무컴퓨터가 수집한 데이터를 관제컴퓨터에서 통합하고 분석하여 임무에 대한 의사 결정을 내리는 정밀 제어가 요구되는 경우에는 높은 정확도의 시간 동기화가 필수적이다.
- [0005] 임무컴퓨터의 데이터 샘플링 간격이 10 ms이고 기준 시간으로부터 시간 오차의 최대값이 2.5ms 보다 작은 경우 시스템 간 오차 없는 데이터 통합이 가능하지만 종래의 경우, NTP 기반의 시간 동기화를 통해 보장되는 시간 오차는 최소 30 ms를 넘어가며, 원거리 통신을 위한 LTE, 5G와 같은 무선 네트워크 환경에서의 성능은 더욱 악화되어 다수의 무인항공비행체가 응용 수행되는 임무 시스템에서 요구하는 시간 동기화의 적합한 성능을 제공하지 못한다는 문제가 있다.
- [0006] 선행기술 1(대한민국 등록특허 제10-1449719호)의 경우 네트워크 시간 동기화 방법 및 그 장치에 관한 것이나, 왕복지연시간을 측정하는 복수의 요청 패킷들과 복수의 응답 패킷들 중에서 전파지연시간이 각각 가장 적게 소요되는 하나의 요청 및 하나의 응답 패킷을 선택하여 최소 왕복지연시간을 측정하고, 이를 기초로 시간동기화를 수행하는 방법이다. 따라서 실제 왕복지연시간과 최소 왕복지연시간과의 차이로 인해 동기화된 보정시간에도 오차가 발생할 수 있다는 문제가 있다.
- [0007] 선행기술 2(대한민국 공개특허 제10-20121-0026367호)의 경우 메쉬 네트워크 노드들을 포함하는 네트워크 구조에서 시간 동기화를 수행하는 방법에 관한 것이나, 기설정된 두 개 이상의 타임코디네이터 노드들이 외부 네트워크를 통해 먼저 동기화하고, 이후 일반 노드들에게 시간 동기화 정보를 전송하여 시간 동기화를 수행하는 발명이다. 따라서 두 단계의 시간 동기화 단계를 포함하기 때문에 각 단계 사이에서 오차가 발생할 수 있다는 문제가 있다.
- [0008] 본 발명의 배경이 되는 기술은 하기의 특허문헌에 게재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) KR 10-1449719 B
(특허문헌 0002) KR 10-2021-0026367 A

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상술한 종래 기술들의 문제를 해결하기 위해 종래의 원거리 통신이 가능한 네트워크 환경에서의 시간 동기화 성능에 대비하여, 시간 오차를 일정하게 유지함으로써 정확하고 개선된 시간 동기화 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명은, 관제컴퓨터와 무인항공비행체의 임무컴퓨터에서 다수의 데이터 패킷을 교환되 기설정된 소정의 편차 범위를 벗어나는 타임스탬프를 가지는 패킷의 시간 오차는 제외하고, 상기 기설정된 소정의 편차 범위 안의

타임스탬프를 가지는 패킷의 개수에 따라 편차 범위를 증감하여 시간 동기화를 수행함으로써 목표로 하는 최소한의 오차 편차를 가지는 시간 동기화를 실행할 수 있는 무인항공비행체의 시간 동기화 방법 및 시스템을 제공한다.

- [0014] 보다 구체적으로, 본 발명의 실시 형태에 따른 무인항공비행체의 시간 동기화 방법에 있어서, 관제컴퓨터와 무인항공비행체가 타임스탬프를 포함하는 복수의 데이터 패킷을 반복적으로 교환하는 데이터 패킷 교환 단계; 상기 반복적으로 교환한 데이터 패킷의 타임스탬프를 기반으로 동기화 제어 정보를 연산하는 동기화 제어 정보 연산 단계; 상기 동기화 제어 정보를 기반으로 시간 동기화를 수행 하는 시간 동기화 수행 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 상기 동기화 제어 정보 연산 단계는, 상기 교환한 데이터 패킷들의 시간 오차를 연산하는 시간 오차 연산 단계; 및 상기 연산한 패킷의 시간 오차들이 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는지 비교하고, 상기 기설정된 소정의 편차 범위 밖의 시간 오차를 가지는 패킷의 시간 오차는 제외하는 오차 편차 비교 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 상기 시간 동기화 수행 단계는, 상기 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷들의 개수가 기설정된 소정의 제1 개수 이상인 경우, 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 감소시키는 오차 편차 범위 수정 단계; 를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 상기 오차 편차 범위 수정 단계는, 상기 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷들의 개수가 기설정된 소정의 제2 개수 미만인 경우, 동기화 제어 정보를 연산하지 않고 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 증가시켜 상기 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는 패킷 개수를 증가시킬 수 있도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 상기 오차 편차 범위 수정 단계는, 상기 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷들의 개수가 기설정된 소정의 제2 개수 이상 제1개수 미만인 경우, 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 유지시키며 동기화 제어 정보를 연산하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 상기 오차 편차 범위 수정 단계는, 상기 연산된 시간 오차가 소정의 목표 오차 편차 범위에 수렴될 때까지 반복하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 무인항공비행체의 시간 동기화 시스템은, 관제컴퓨터와 타임스탬프를 포함하는 데이터 패킷을 교환하는 무인항공비행체; 다수의 무인항공비행체를 관제하며 시간 동기화 서버를 포함하는 관제컴퓨터; 및 시간 동기화 서버를 모니터링 및 제어 동작하는 통합 운용 플랫폼; 을 포함하여 구성되며, 상기 무인항공비행체와 상기 관제컴퓨터는 타임스탬프를 포함하는 데이터 패킷을 반복적으로 교환하여 통합 운용 플랫폼에 전달하고, 상기 통합 운용 플랫폼은 상기 반복적으로 교환한 데이터 패킷의 타임스탬프를 기반으로 시간 오차 및 동기화 제어 정보를 연산하여 관제컴퓨터에 전달하고, 상기 관제컴퓨터는 시간 동기화 서버를 통해 동기화 제어 정보를 무인항공비행체에 전달하여 시간 동기화를 수행하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 상기 통합 운용 플랫폼은 동기화 제어 정보를 연산하되, 상기 교환한 데이터 패킷의 시간 오차를 연산하고, 상기 연산한 시간 오차들이 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는지 비교하고, 상기 기설정된 소정의 편차 범위 밖의 시간 오차를 가지는 패킷의 시간 오차는 제외하여 동기화 제어 정보를 연산하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 상기 통합 운용 플랫폼은 연산한 동기화 제어 정보를 관제컴퓨터에 전달하되, 상기 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷들의 개수가 기설정된 소정의 제 1개수 이상인 경우 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 감소시키고, 상기 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷들의 개수가 기설정된 소정의 제 2개수 미만인 경우 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 증가시키고, 상기 소정의 편차 범위에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷들의 개수가 기설정된 소정의 제 1개수 이상인 제 2개수 미만인 경우 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 유지시키는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 상기 통합 운용 플랫폼은 연산한 시간 오차들이 기설정된 목표 오차 편차 범위에 수렴될 때까지 상기 오차 편차 범위를 증감 및 유지 시키는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명의 실시 형태에 따르면 소정의 편차 범위를 벗어나는 타임 스탬프를 가지는 패킷의 시간 오차를 제외하여 시간 동기화를 수행하되, 상기 소정의 편차 범위 안의 타임 스탬프를 가지는 패킷 개수가 소정의 기준 개수

보다 적으면 상기 소정의 편차 범위를 증가시키고, 상기 소정의 편차 범위 안의 타임 스탬프를 가지는 패킷 개수가 소정의 기준 개수보다 많으면 편차 범위를 감소시키며 시간 동기화를 수행한다. 그 결과, 종래 시간 동기화 방법에 비해 일정한 오차 편차를 가지는 효과를 가진다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 실시 형태에 따른 시간 동기화 방법의 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 형태에 따른 시간 동기화 시스템의 구성도이다.
- 도 3은 종래 기술의 NTP 시스템의 타임스탬프를 포함하는 데이터 패킷 교환 관계도이다.
- 도 4는 본 발명의 NTP 시스템의 타임스탬프를 포함하는 데이터 패킷 교환 관계도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예에 한정되는 것이 아니고, 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이다. 단지 본 발명의 실시 예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 해당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 본 발명의 실시 예를 설명하기 위하여 도면은 과장될 수 있고, 설명과 관계없는 부분은 도면에서 생략될 수 있고, 도면상의 동일한 부호는 동일한 요소를 지칭한다.

[0029] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예를 설명하도록 한다.

[0030] 1. 본 발명의 무인항공비행체 시간 동기화 방법

[0031] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 시간 동기화 방법을 도시한 흐름도이다. 각각의 절차를 설명하면 다음과 같다.

[0032] A. 데이터 패킷 교환 단계(S10)

[0033] 먼저 관제컴퓨터(200)와 무인항공비행체(100)의 임무컴퓨터(110)간 타임스탬프를 포함하는 데이터 패킷을 반복적으로 교환한다. 본 발명에서는 종래의 NTP(네트워크 타임 프로토콜) 기반의 오차 추정 방식을 이용하되, 한번의 오차 측정으로 시간 동기화를 수행하는 방법이 아닌 반복적으로 오차 측정함으로써 비정상적인 오차를 가지는 패킷을 제외하는 과정을 포함하여 시간 동기화를 수행한다. 타임스탬프를 포함하는 데이터 패킷은 교환하는 네트워크의 실행 환경에 따라서 측정되는 오차의 오류 향이 실제 오차와는 차이가 크게 측정될 수 있으며, 반복적인 데이터 패킷을 교환하며 비정상적인 오차를 가지는 패킷의 시간 정보를 무시함으로써 정확한 시간 동기화 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0034] B. 시간 오차 연산 단계(S20)

[0035] NTP 시스템의 시간 동기화는 관제컴퓨터(200)와 무인항공비행체(100)의 임무컴퓨터(110), 두 컴퓨터 간의 양방향으로 통신을 통해 교환한 데이터 패킷의 타임스탬프로 시간 오차를 계산하고 이를 실제 시간을 기반으로 보정하는 방식으로 시간을 동기화한다.

[0036] 도 2는 종래 기술의 두 컴퓨터간 데이터 패킷을 교환하는 상황과 패킷에서 기록하는 시간을 나타낸다. 노드1,2는 각각 관제컴퓨터(200)와 무인항공체의 임무컴퓨터(110)일 수 있다. 노드 1은 NTP 서버를 통해 데이터 패킷을 송신하는 시간(t1)의 타임 스탬프를 포함하여 전송하며, 노드 2는 노드 1에서 송신한 데이터 패킷을 수신받는 시간(t2)과 노드 1에 데이터 패킷을 다시 송신하는 시간(t3)을 포함하여 노드 1에 전송하며, 노드 1은 노드 2로부터 데이터 패킷을 수신받는 시간(t4)를 기반으로 다음의 수학적 식 1을 통해 데이터 패킷의 시간 오차를 연산한다.

수학적 식 1

[0037]
$$\hat{e} = (t_2 - t_1) - (t_4 - t_3) / 2$$

[0038]
$$t_2 - t_1 = e + d + n_1$$

[0039] $t_4 - t_3 = -e + d + n_2$

[0040] $\hat{e} = e + (n_1 - n_2) / 2$

[0041] 여기서 e , d , n_1 , n_2 는 각각 실제 시간 오차, 데이터 패킷을 전송하는데 걸리는 지연 시간, 첫 번째 및 두 번째 패킷 전송에서 네트워크와 컴퓨터의 실행 환경으로 인해 발생하는 시간 잡음을 나타내며, \hat{e} 는 계산된 오차를 나타낸다. 수학적 식 1과 같이 1회 교환된 데이터 패킷 정보에 의해 계산된 오차(\hat{e})는 실제 오차(e)와 다르게 시간 잡음을 포함하는 오류 항($(n_1 - n_2) / 2$)을 포함한 값이 계산되며, 이는 네트워크 규모와 상황에 따라 오류 항의 절대 값이 더욱 큰 폭으로 변화될 수 있다.

[0042] 도 4은 본 발명의 실시 예에 따른 두 컴퓨터간 데이터 패킷을 반복적으로 L회 교환하는 상황과 데이터 패킷에서 기록하는 시간을 나타낸다. 본 발명의 데이터 패킷은 노드 1에서 데이터 패킷을 전송하는 시간(t1), 노드 2에서 상기 데이터 패킷을 수신하는 시간(t2)을 포함하여 노드 1으로 데이터 패킷을 전송하는 시간(t3), 다시 노드 1에서 데이터 패킷을 수신하는 시간(t4)을 타임스탬프로써 포함하여 전송하며, 상기 t1, t2, t3 및 t4를 기반으로 L회 측정된 데이터 패킷의 시간 오차를 다음의 수학적 식 2를 통해 연산한다.

수학적 식 2

[0043]
$$\hat{e} = \frac{1}{2L} \sum_{l=1}^L \{ (t_2^l - t_1^l) - (t_4^l - t_3^l) \}$$

[0044]
$$\hat{e} = e + \frac{1}{2L} \sum_{l=1}^L (n_1^l - n_2^l)$$

[0045] 여기서 시간 잡음 오류 항($\frac{1}{2L} \sum_{l=1}^L (n_1^l - n_2^l)$)의 통계 분포가 Gaussian 분포를 따르면 수학적 식 2의 계산된 오차의 오류 항은 L이 증가할수록 0에 수렴한다. 이론적으로 인접한 패킷 교환 시도에서 발생하는 시간 잡음이 독립성이 보장되지만, 실제 두 패킷 교환 시도 간의 시간이 짧을수록 잡음의 상관도가 증가하는 경우가 관측되며, 이는 패킷 교환 시도 간에 시간 간격을 늘리는 것으로 시간 잡음의 상관도를 낮춰 개선할 수 있다. 시간 간격은 실험을 통해 적용될 수 있다.

[0046] C. 오차 편차 비교 단계(S30)

[0047] 반복적인 패킷 교환으로 종래 기술에 비해 동기화 성능을 개선할 수 있지만, 불안정한 네트워크 환경에서는 시간 오차의 오류 항이 큰 폭으로 변화할 수 있으며, 과도한 패킷 교환 횟수에 의한 오차 측정은 오히려 더 큰 시간 오차의 오류 항을 야기할 수 있다. 또한, 오차 측정의 오류 항이 비정상적으로 크게 계산되는 경우, 전후 측정된 시간 오차 결과에도 영향을 미치는 경우가 발생한다. 따라서 본 발명의 오차 편차 비교 단계에서는 패킷의 계산된 시간 오차에 있어 허용되는 소정의 편차 범위(σ)를 설정하고, 반복적으로 측정된 패킷의 시간 오차들을 상기 소정의 편차 범위(σ)에 포함되는지 비교함으로써 비정상적으로 측정된 시간 오차 오류를 가지는 패킷의 시간 정보를 제외시킬 수 있다.

[0048] D. 동기화 제어 정보 연산 단계(S40)

[0049] 상기 오차 편차 비교 단계에서 소정의 편차 범위 밖의 오차를 가지는 패킷의 시간 오차를 제외하고, 편차 범위에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷의 개수를 카운팅하되, 상기 카운팅한 패킷의 개수가 소정의 제1 기준 개수 이상인 경우, 동기화 서버의 시간 정보를 기반으로 동기화 제어 정보를 연산한다. 무인항공비행체(100)의 임무컴퓨터(110)는 연결된 동기화 서버를 통해 관제컴퓨터(200)로부터 실제 시간 정보를 요청하고, 이에 대해 관제컴퓨터(200)는 동기화 서버를 통해 실제 시간 정보를 회신할 수 있으며, 임무컴퓨터(110)는 요청한 상기 실제

시간 정보를 기준으로 동기화를 위한 제어 정보를 연산한다.

[0050] E. 시간 동기화 수행 단계(S50)

[0051] 상기 오차 편차 비교 단계에서 소정의 시간 편차 범위 안에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷을 기반으로 실제 시간 정보에 맞추기 위해 연산한 동기화 제어 정보를 동기화 서버를 통해 각 무인항공비행체(100)의 임무컴퓨터(110)에 전달한다. 임무컴퓨터(110)는 전달받은 동기화 제어 정보를 기반으로 시간 동기화를 수행한다. 동기화 하는 시간 정보는 동기화 서버를 통해 전달받은 관제컴퓨터(200)의 실제 시간 정보를 기준으로 수행될 수 있다.

[0052] F. 오차 편차 범위 수정 단계(S60)

[0053] 상기 동기화 제어 정보 연산 단계에서 연산된 동기화 제어 정보를 기반으로 시간 동기화를 수행하되, 편차 범위(σ)에 포함되는 시간 오차를 가지는 패킷의 개수에 따라 오차의 편차 범위(σ)를 수정한다. 먼저, 다음의 수학적 식 3을 통해 시간 오차의 편차 범위(σ)에 따라 시간 오차를 계산한다.

수학적 식 3

$$\hat{e} = k = 0$$

$$\text{for } l = 1 : L$$

$$\hat{e}_l = \{(t_2^l - t_1^l) - (t_4^l - t_3^l)\} / 2$$

$$\text{if } \hat{e}_l \leq \sigma$$

$$\hat{e} = \hat{e} + \hat{e}_l$$

$$k = k + 1$$

[0054]

[0055] 여기서, l 은 1회부터 L 회 반복한 패킷의 교환 횟수를 의미하며, 총 L 번의 패킷 교환 반복에서 계산된 시간 오차(\hat{e}_l)가 소정의 오차 편차 범위(σ) 이하의 시간 오차를 가진다면 ($\text{if } \hat{e}_l \leq \sigma$), 패킷의 개수를 카운팅 한다. 이후 상기 카운팅 된 패킷의 개수(k)에 따라 다음의 수학적 식 4를 통해 시간 3가지 조건부로 편차 범위(σ)를 수정한다.

수학적 식 4

$$\text{if } k \geq L/3$$

$$\hat{e} = \hat{e} / k$$

$$\text{if } k < L/3$$

$$\hat{e} = 0$$

$$\sigma = \sigma + a$$

$$\text{if } k \geq L - L/3$$

$$\sigma = \sigma - b$$

[0056]

[0057] 여기서, 3가지 조건을 가르는 기준($L/3$)과 시간 오차 편차 범위(σ)의 조정 값(a , b)은 네트워크 상황에 따라 유연하게 조정할 수 있다. 상기 수학적 식 4는 오차 편차 범위 안으로 들어오는 패킷의 개수가 소정의 제1 기준

개수 미만인 경우($ifk < L/3$) 오차 편차 범위(σ)의 소정의 조정값(α) 만큼 크기를 키우고, 제1 기준 개수 이상인 경우($ifk \geq L/3$) 오차 편차 범위(σ)를 유지하되, 소정의 제2 기준 개수 이상인 경우에는 ($ifk \geq L-L/3$) 오차 편차 범위(σ)의 크기를 소정의 조정값(β) 만큼 감소시키는 방향으로 동작한다. 상기 3 가지 조건부로 편차 범위를 수정하며 시간 동기화를 수행하게 되면, 편차 범위에 포함되는 보정된 데이터 패킷의 개수가 증가하게 되고, 상기 편차 범위에 포함되는 패킷의 개수가 증가하면 오차 편차 범위를 더 감소시킬 수 있다. 이러한 편차 범위 조정을 통한 시간 동기화를 수행함으로써 목표로 하는 오차 범위로 수렴될 때까지 반복하여 시간 동기화의 정확도를 개선해나갈 수 있다.

[0058]

2. 본 발명의 시간 동기화 시스템의 구조

[0059]

도 1을 참조하면, 본 발명의 동기화 시스템은 관제컴퓨터(200)로 타임스탬프를 포함하는 데이터 패킷을 전송하는 임무컴퓨터(110)와 비행제어컴퓨터(120)가 장착된 무인항공비행체(100), 다수의 무인항공비행체(100)를 관제하며 시간 동기화 서버를 포함하는 관제컴퓨터(200), 시간 동기화 시스템을 모니터링 및 제어 기능이 동작하는 통합 운용 플랫폼을 포함하여 구성된다.

[0060]

A. 관제컴퓨터(200)

[0061]

관제컴퓨터(200)는 다수의 무인항공비행체(100)를 동시에 관제하며 시간 동기화 서버를 포함한다. 상기 시간 동기화 서버는 2개의 인터페이스(500, 600)를 통해 통합 운용 플랫폼(300)과 및 동기화 서버에 접속된 임무컴퓨터(110)에서 동작하는 동기화 클라이언트와 데이터를 교환한다. 시간 동기화 서버는 통합 운용 플랫폼(300)과의 관제컴퓨터-통합운용플랫폼 인터페이스(500)를 통해 동기화 제어 정보를 전달 받고 시간 동기화 클라이언트와의 동기화 인터페이스(600)를 통해 동기화 제어 정보를 전달하여 시간 동기화를 수행할 수 있도록 한다.

[0062]

B. 무인항공비행체(100)

[0063]

무인항공비행체(100)는 비행에 필요한 조작을 가능하게 하는 비행제어컴퓨터(120)와 다양한 임무를 수행하는 장비 제어하는 임무컴퓨터(110)를 포함하여 구성된다. 임무컴퓨터(110)에는 시간 동기화 클라이언트가 동작하며, 시간 동기화 클라이언트는 3개의 인터페이스(400, 500, 600)를 통해 비행제어컴퓨터(120), 시간 동기화 서버 그리고 통합 운용 플랫폼(300)과 데이터를 교환한다. 무인항공비행체(100)의 시간 동기화 클라이언트는 시간 동기화 서버와의 동기화 인터페이스(600)를 통해 동기화 제어 정보를 전달받고 이를 기반으로 시간 동기화를 수행한다.

[0064]

C. 통합 운용 플랫폼(300)

[0065]

통합 운용 플랫폼(300)은 시간 동기화 시스템과 같은 특정 목적을 위해 운용되는 응용 시스템들을 모니터링하고 제어하기 위한 범용 인터페이스를 제공한다.

[0066]

(1) 본 발명에서의 통합 운용 플랫폼(300)은, 무인항공비행체(100)의 임무컴퓨터(110)와 관제컴퓨터(200)가 서로 반복적으로 주고받은 데이터 패킷의 타임스탬프를 전달받아 시간 오차를 연산하고, 연산된 시간 오차와 편차 범위를 비교하여 소정의 편차 범위에 포함되지 않는 시간 오차 오류를 제외한 시간 오차를 기반으로 동기화 제어 정보를 연산하고 이를 관제컴퓨터(200)와의 관제컴퓨터-통합운용플랫폼 인터페이스(500)를 통해 동기화 서버에 전달한다.

[0067]

(2) 본 발명의 다른 실시 예에서의 통합 운용 플랫폼(300)은, 상기 연산한 시간 오차를 기반으로 동기화 제어 정보를 연산하되, 상기 기 연산한 시간 오차들이 기설정된 소정의 편차 범위에 포함되는지 비교하여 소정의 기준 개수에 따라 상기 오차 편차 범위를 수정한다. 예를 들어, 소정의 제1 개수 이상인 경우 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 감소시키며, 소정의 제2 개수 미만인 경우 소정의 편차를 증가시키며, 제1 개수 미만 제2 개수 이상인 경우, 상기 기설정된 소정의 편차 범위의 크기를 유지시킨다. 상기 과정에 따라 시간 동기화를 수행할수록 연산되는 시간 오차는 소정의 목표 오차 편차 범위에 수렴될 수 있다.

[0068]

(3) 본 발명의 다른 실시 예에서의 통합 운용 플랫폼(300)은 관제컴퓨터(200)를 포함하여 구성함으로써, 무인항공비행체(100)의 임무컴퓨터(110)와 데이터 패킷의 타임스탬프를 전달받아 시간 오차를 연산하고, 연산된 시간 오차와 편차 범위를 비교하여 소정의 편차 범위에 포함되지 않는 시간 오차 오류를 제외한 시간 오차를 기반으로 동기화 제어 정보를 연산하고 이를 임무컴퓨터(110)와의 무인항공비행체-통합운용플랫폼 인터페이스(400)를 통해 전달한다.

[0069]

본 발명의 상기 실시 예는 본 발명의 설명을 위한 것이고, 본 발명의 제한을 위한 것이 아니다. 본 발명의 상기 실시 예에 개시된 구성과 방식은 서로 결합하거나 교차하여 다양한 형태로 조합 및 변형될 것이고, 이에 의한 변형 예들도 본 발명의 범주로 볼 수 있음을 주지해야 한다. 즉, 본 발명은 청구범위 및 이와 균등한 기술적 사상의 범위 내에서 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 본 발명이 해당하는 기술 분야에서의 업자는 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 다양한 실시 예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

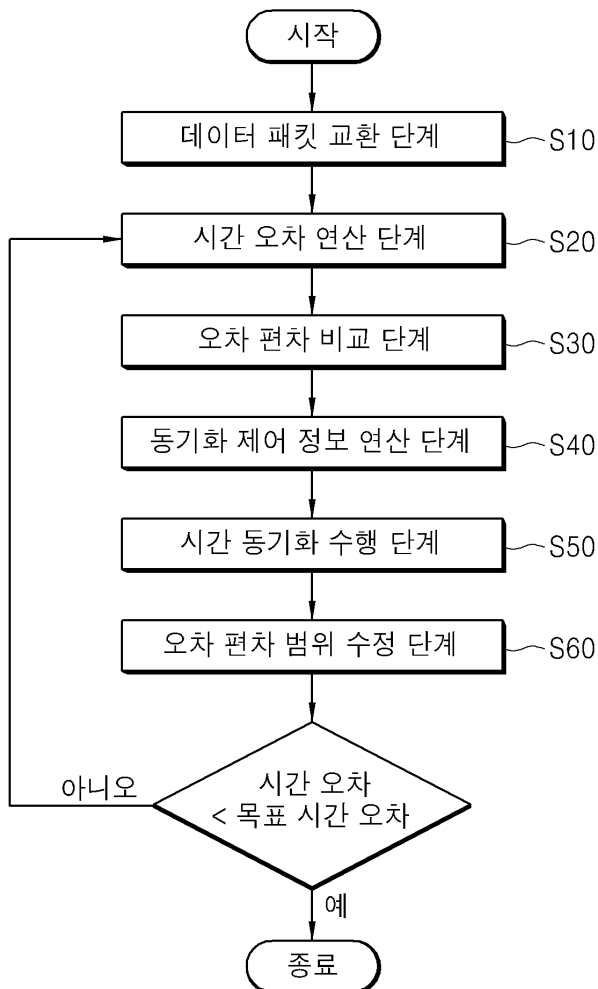
부호의 설명

[0071]

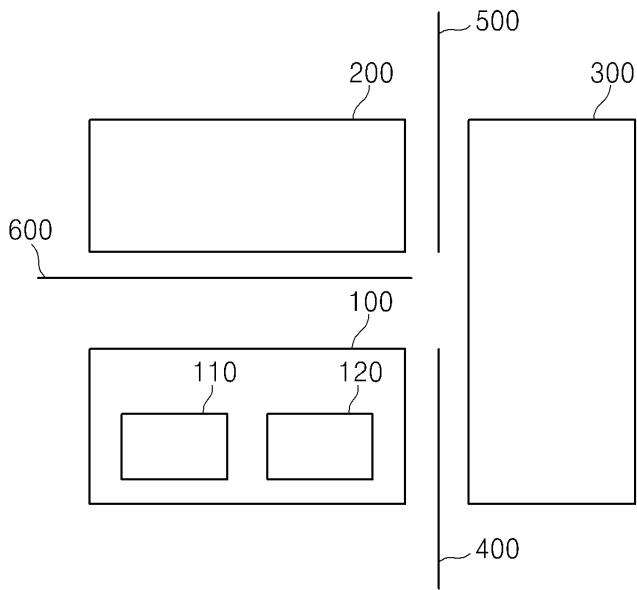
- 100: 무인항공비행체
- 110: 임무컴퓨터
- 120: 비행제어컴퓨터
- 200: 관제컴퓨터
- 300: 통합운용플랫폼
- 400: 무인항공비행체-통합운용플랫폼 인터페이스
- 500: 관제컴퓨터-통합운용플랫폼 인터페이스
- 600: 동기화 인터페이스

도면

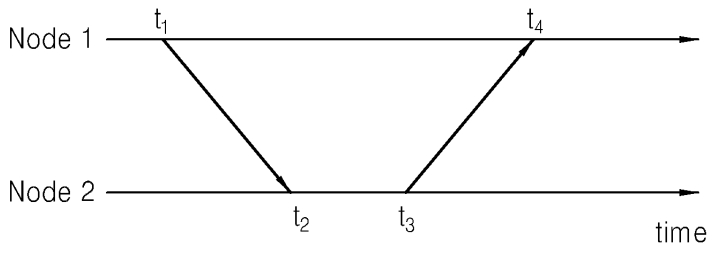
도면1



도면2



도면3



도면4

