

통신해양기상위성의 추력기 구동장치 설계

원주호*, 조영호*, 양군호*
한국항공우주연구원

Design of Actuator Drive Electronics in COMS (Communication, Ocean & Meteorological Satellites)

Joo-Ho Won*, Young-Ho Cho*, Koon-Ho, Yang*
Korea Aerospace Research Institute

Abstract - 본 논문에서는 통신해양기상위성의 추력기 구동장치에 대하여 기술하였다. 위성에서는 위성체 전력공급을 위한 태양전지판, 위성의 자세제어를 위한 모멘텀 휠과 추진계, 온도제어 등을 담당하는 다양한 추력기 (actuator)가 존재한다. 위성의 안정적인 동작을 위해 각각의 추력기를 제어하기 위한 전기 및 기계 접속 요구사항을 수용하는 인터페이스 기능을 담당하는 추력기 구동장치 (Actuator Drive Electronics, ADE)가 필요하다. 통신해양기상위성의 추력기 구동장치는 안정적인 동작을 위해서 1개의 ADE5 구조체 안에 ADE5 A와 ADE5 B가 중복되어서 구현되었다. ADE5는 ADE5 A와 B가 수동적 중복구조를 갖지만, 추력기와 ADE5 A, B가 상호연결되어 있어서 위성의 상태에 따라서 2개의 ADE5 A, B가 혼합적으로 사용될 수 있다.

1. 서 론

국내에서는 상용위성에 대한 요구가 커지면서 독자적인 위성 개발을 위해 필요한 핵심 기술에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있다. 특히 실제 위성에 사용되어지는 다양한 추력기의 구동장치에 대한 개발 기술은 고 신뢰도의 위성개발을 위해 반드시 필요한 요소 기술로서 위성 개발의 선진국들 내에서도 기술 이전을 기피하고 있는 첨단 선도 기술이다.

통신해양기상위성 (COMS)은 Ka-대역을 이용하는 통신중계기와 한반도의 기상관측을 위한 기상센서 (MI), 해양데이터 수집을 위한 해양센서 (GOCI)를 갖는 정지궤도복합위성이다. 위성에서는 전력공급을 위한 태양전지판, 위성의 자세제어를 위한 모멘텀 휠, 추진계, 온도제어 등을 담당하는 다양한 추력기 (actuator)가 존재한다.[1] 위성의 안정적인 동작을 위해 각각의 추력기를 제어하기 위한 전기 및 기계 접속 요구사항을 수용하는 인터페이스 기능을 담당하는 추력기 구동장치 (Actuator Drive Electronics, ADE)가 필요하다. 통신해양기상위성의 추력기 구동장치는 위성의 발사단계에 작동하기 시작하고, 위성의 임무기간 동안 항상 동작하게 되므로, 안정성을 확보하기 위해서 1개의 ADE5 구조체 안에 ADE5 A와 ADE5 B가 중복되어서 구현된 구조를 갖고 있다. 기본적으로 위성의 상태에 따라서 ADE5 A 또는 ADE5 B 1개의 ADE5만 사용되는 수동적 중복구조를 갖지만, 상황에 따라서 2개의 ADE5가 동시에 혼합적으로 사용될 수도 있다. 또한 각 보드의 플러그를 통해서 추력기 구동장치의 동작에 필요한 변수를 조절할 수 있는 구조로 구현이 되었다.

2. 추력기 구동장치 설계

2.1 통신해양기상위성의 전기적 구조

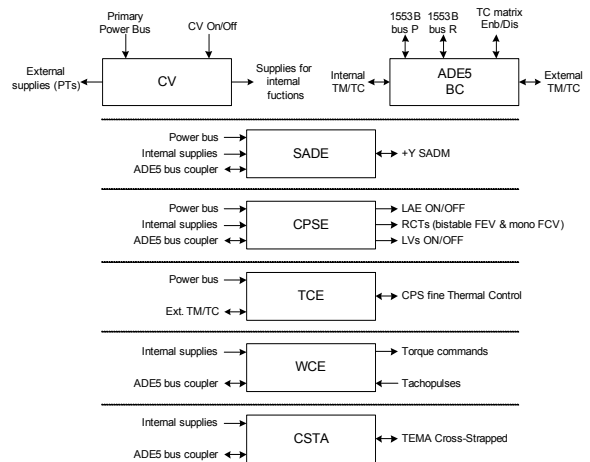
통신해양기상 위성은 위성통신, 기상관측, 해양관측 용도의 탑재체를 내장하고, 크게 7개의 서브시스템으로 구성되어 있다. 자세제어계 (AOCS)는 태양센서 (LIAS, BASS)를 이용해서 휠과 추진체를 이용하는 위성의 자세를 제어하고, 태양전지판의 위치를 조정하는 기능을 수행한다. 전력계 (EPS)는 위성에 50V의 1차전원을 공급하고, 태양의 위치에 따라 자세제어계에 의해서 조절되는 태양전지판을 통해서 배터리의 충·방전을 조절을 담당한다. 원격측정명령계 (TC&R)는 S-대역 전파를 이용해서 지상의 명령을 수신하고, 위성의 상태정보를 지상으로 발신하는 지상과의 접속기능을 수행한다. 데이터처리부 (DHS)는 탑재컴퓨터를 이용해서 원격측정명령계에서 수신한 지상의 명령을 처리하고, 상태정보를 구조화해서 원격측정명령계로 보내고, 비행프로그램에 따라서 위성의 탑재체와 추력기의 제어를 위한 전기적인 접속을 담당한다. 기상, 해양 데이터처리부 (MODCS)는 기상탑재체와 해양탑재체에서 측정된 정보를 S-대역과 L-대역 전파를 이

용해서 지상으로 보내주는 기능을 수행한다. 온도조절계 (TCS)는 위성의 온도가 적정한 상태를 유지하도록 열파이프와 히터를 이용해서 조절하는 기능을 담당하고, 추진계 (CPS)는 자세제어를 위한 Thruster와 위성의 궤도이전을 위한 액체 원자점연진 (LAE)과 연료의 밸브의 압력을 조절하는 기능을 담당한다.

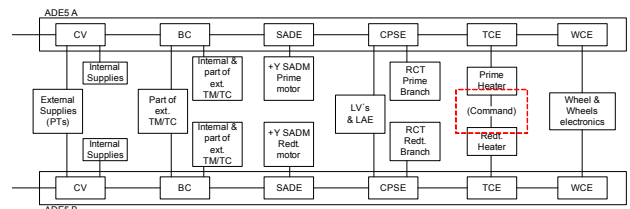
2.2 추력기 구동장치 설계

Actuator Drive Electronics 5th generation (ADE5)는 MIL-STD-1553B 시스템 버스를 통해서 통신해양기상위성의 내부 추력기와 탑재컴퓨터 (SCU)사이의 전기적인 접속을 담당하는 기구이다.[1] ADE5는 그림 1과 같이 7개의 부분으로 구성되어 있다. 또한 안정적인 동작을 위해서 ADE5 A, ADE5 B가 그림 2과 같이 상호교차되어서 구현되었다.

전원변압부 (CV Main)은 전력계에서 공급되는 50V의 1차 전원을 이용해서 ADE5에서 사용하게 되는 2차 전압으로 변환해서 ADE5에 공급하는 기능을 수행한다. ADE5에서는 디지털 동작을 위한 5V와 아날로그 동작을 위한 +15V와 -15V, 외부 Pressure Transducer 전원인 28V와 TC 전원으로 사용되는 17V 5가지 2차전압이 사용된다.



〈그림 1〉 추력기 구동장치 내부 구조



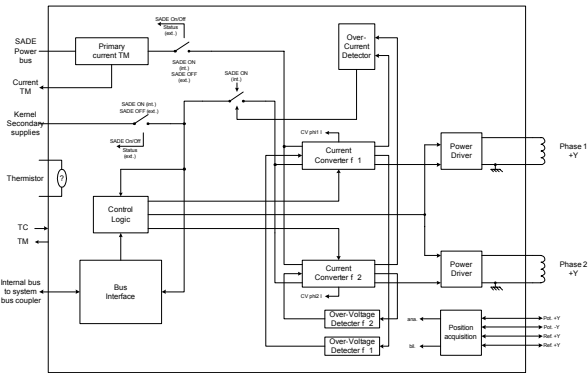
〈그림 2〉 추력기 구동장치 상호 연결도

버스컨트롤러 (Bus Coupler, BC)는 MIL-STD 1553B 버스를 통해서 위성의 탑재컴퓨터와 ADE5 내부와의 접속을 담당한다.[1] ADE5의 각각의 BC는 우선 - 1553B 버스와 여분 - 1553B 버스에 동시에 연결되어 있고 내부 TC/TM 매트릭스는 해당 ADE5와 연결되어 있고, 외부 TC/TM 매트릭스는 기능에 따라서 해당

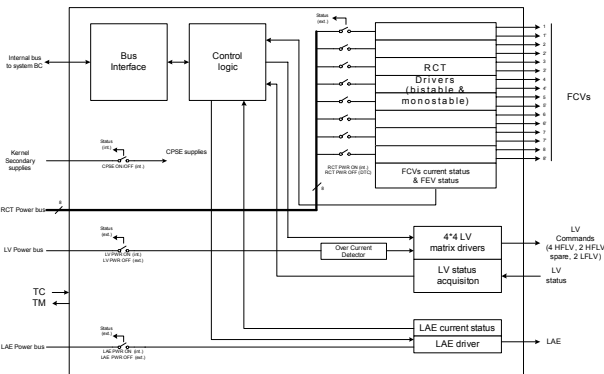
ADE5 또는 모든 ADE5에 연결된다.[2].

태양전지판구동계 (SADE)는 ADE5 A의 SADE는 우선 태양전지판 구동 모터 (SADM)를 구동시키고, ADE5 B의 SADE는 여분 SADM을 구동하게 된다.[2] SADE는 그림 3와 같이 1차 전원이 일정기준 (Threshold) 이하로 내려가는 경우에는 중단시키는 저전압 검출 기능을 내장하고, 전력계의 안정적인 동작을 보장하기 위해서 고전압, 고전류 검출기능을 내장하고 있다. SADE는 SADM의 구동뿐만 아니라 Potentiometer를 이용해서 SADM 모터의 현재 상태 위치 정보를 얻을 수 있는 기능을 내장하고 있다.[2]

추진제어부 (CPSE)는 위성의 자세제어를 위해 사용되는 thruster인 8개의 FCV와 Latching Valve (LV), 액체원자점엔진 (LAE)의 동작을 제어하는 기능을 수행한다.[2] CPSE에서는 LV를 구동하는 부분만 ADE5 A와 B가 동시에 상호연결 되어있고 나머지 FCV와 LAE는 각각의 추력기를 구동하는 방식으로 구현이 되어 있다. 추진제어부의 제어로직은 FPGA를 이용해서 구현되었고, 직렬버스를 통해서 들어온 명령을 해석해서 해당 Valve의 동작을 제어하는 신호를 내보내게 된다.[2]



<그림 3> SADE 구성도



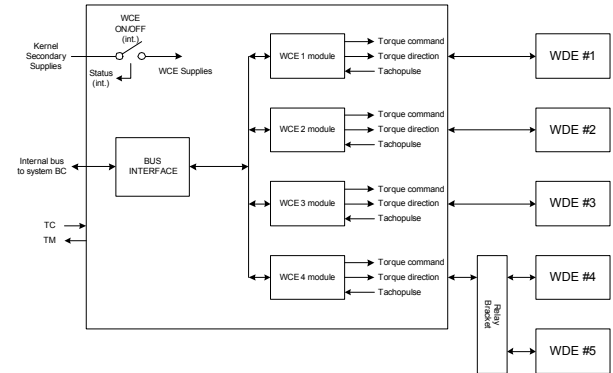
<그림 4> CPSE 구성도

휠제어계 (WCE)는 위성의 자세제어를 위해서 구현된 5개의 wheel을 torque 명령을 이용해서 구동하고 제어하는 기능을 수행한다. 구현된 ADE5는 그림 5과 같이 4개의 휠을 구동할 수 있지만, 통신해양기상위성은 5개의 휠로 구성이 되어 있으므로 4, 5번 휠은 relay bracket을 이용해서 제어할 수 있도록 구현이 되었다. 또한 tachopulse를 이용해서 현재 휠의 운동속도를 측정할 수 있다. WCE는 안정적인 동작을 위해서 휠과 WCE A와 WCE B가 교차 연결되어 있고, A또는 B 하나만 동작하는 구조로 구현이 되어 있다.[4]

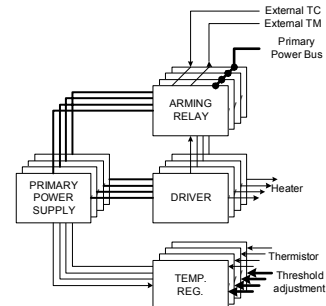
온도조절계 (TCE)는 2개씩 4개의 그룹으로 구성된 전체 8개의 온도조절장치 (HCU)를 제어하는 기능을 수행한다.[2] TCE의 각 그룹은 1차 전원과 연결되어 있으며, 각 그룹의 전원 연결은 외부 TC에 의해서 조절할 수가 있다. 그림 6와 같이 TCE의 온도 조절은 thermistor에서 들어온 온도정보와 외부 plug를 통해서 조절이 가능한 온도 기준을 이용해서 온도 조절을 수행하게 된다.[5,6]

온도측정부 (CSTA)는 128개의 thermistor를 이용해서 5V regulator의 출력과 고정된 Polarization 저항과 온도에 따라서 변화하는 thermistor의 저항값에 의해서 나오는 전압값으로 온도를

측정하게 된다.[2]

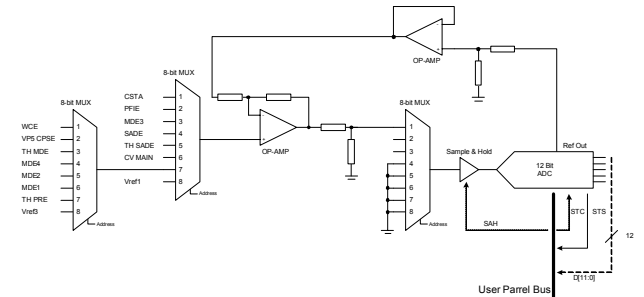


<그림 5> WCE 구성도



<그림 6> TCE 구성도

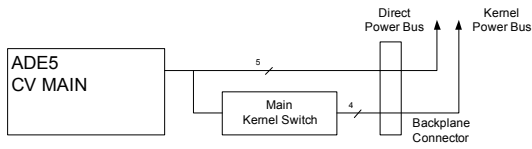
CSTA의 128개의 전압값은 16 bit MUX와 8 bit MUX를 통해서 아날로그 획득부로 전달이 된다. 또한 다른 ADE5 블록에서 출력된 아날로그 값도 아날로그 획득부로 전달되게 된다. SADE 보드에 구현된 그림 7과 같이 아날로그 획득부는 면적을 줄이기 위해서 1개의 12bit Analog-to-Digital 변환기 (ADC)와 MUX로 구현되어서 address에 의해서 해당값이 선택되어서 디지털 값으로 변환되게 된다.[2]



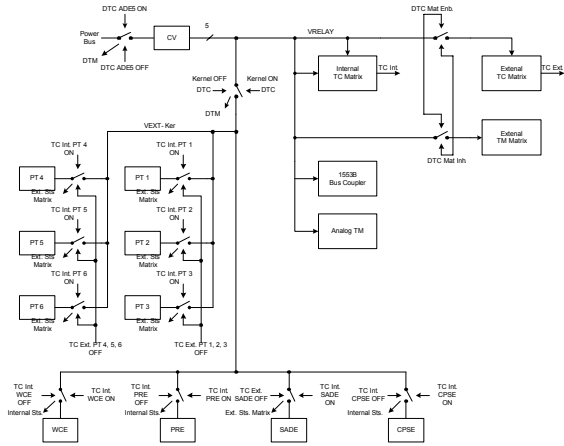
<그림 7> 아날로그 데이터 획득부 구조

추력기 구동장치의 전원공급은 그림 8, 9과 같이 직렬 2단으로 구성된 커널 스위치에 의해서 공급된다. 주커널 스위치는 ADE5의 모든 부분에 공통적인 연결을 담당하는 스위치이고, ADE5 각각의 부분에 대한 독립적인 연결을 담당하는 기능 커널 스위치로 구현되어 있다.[2] 따라서 각 기능별로 전원을 On/Off 할 수가 있다. 또한 내부 TC 배열과 BC는 스위치의 영향을 받지 않고 전원변환기가 켜지는 경우 바로 전원을 공급받아서 동작하게 된다. 전압변환기는 단락이나 회로의 고장에 의해서 전류를 많이 소모하는 경우 동작을 중단시키는 보호회로를 내장하고 있다.

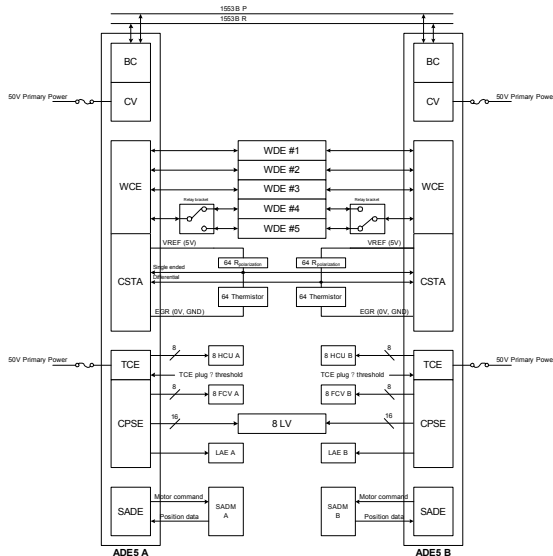
그림 10은 내부적으로 중복되어서 구현된 ADE5와 위성의 내부추력기와의 연결을 보여주고 있다. 4개의 휠 구동할 수 있도록 구현된 WCE는 5개의 휠을 구동하기 위해서 기본적으로 ADE5 A의 WCE는 relay bracket에 의해서 WDE 4와 연결되고 ADE5 B의 WCE는 WDE 5와 연결되어있다. 추진제어계의 LV와 WCE와 연결되는 5개의 WDE와 온도측정을 위한 thermistor만 상호 교차연결되어서 구현되었다.[4]



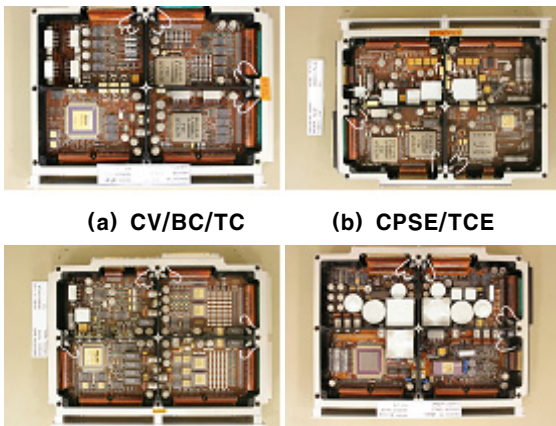
〈그림 8〉 추력기 구동장치 전원 공급회로도



〈그림 9〉 추력기 구동장치 전원공급도



〈그림 10〉 추력기 구동장치-추력기 연결도



(a) CV/BC/TC (b) CPSE/TCE
(c) SADE/TM/PT (d) WPC
〈그림 11〉 추력기 구동장치 보드

추력기 구동장치는 5개의 보드로 구성된 각각의 ADE5가 내부적으로 중복되어있는 구조를 갖고 있다. 그림 11와 같이 CV/BC/TC 보드와 CPSE/TCE 보드, SADE/TM/PT 보드와 WPC (WCE/PRE/CSTA) 보드와 더미로 구현된 MDE로 구성되어 있다.[5,6,7]

3. 결 론

통신해양기상위성은 한반도의 기상변화를 예측하기 위한 기상탐체제와 해양을 관측하기 위한 해양탐체제, 위성통신 서비스를 제공하기 위해서 Ka-대역 전파를 사용하는 통신탐체제를 내장한 정지궤도복합위성이다. 위성에서는 배터리의 충전을 위한 태양전지판과 위성 자세제어를 위한 모멘텀 휠, Thruster와 액체 원자 점엔진을 담당하는 추진계, 온도제어 등을 담당하는 다양한 추력기가 존재한다. 추력기들을 제어하기 위한 비행 소프트웨어가 실행되는 탑재컴퓨터와 추력기의 접속을 담당하고, 추력기를 구동하는 추력기구동회로가 필요하다. 본 논문에서는 통신해양기상위성에서 사용된 추력기구동회로 (ADE5)의 기능과 구현에 대해서 설명하였다.

감사의 글

본 연구는 “통신해양기상위성 시스템 및 본체 개발사업” 개발과제로 교육과학기술부지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] TCR DHS design description for COMS, "COMS.DDD.00001.DP.T.ASTR", 2006
- [2] ADE4 Design Report for EUROSTAR3000, "EUR-DD-ADE4-834-V-ASTR", 2006
- [3] ADE5 Hardware Software Interface Control Document, "EU30.ADE5.MA.10692.V.ASTR", 2006
- [4] ADE5 Electrical Interface Control Document, "EU30.ADE5.NT.10607.V.ASTR", 2006
- [5] COMS ADE5 Specification, "COMS.SPC.00017.DP.T.ASTR", 2006
- [6] EUROSTAR 3000 Actuator Drive Electronics Specification, "EUR3.SPG.00033.DP.T.ASTR", 2007
- [7] Spacecraft Users Manual - Data Handling Sub-System, "COMS.UM.00013.DP.T.ASTR", 2006