

Communications Operation Procedure-1 연동

위성 원격명령의 운용 기능 개발

김인준
한국전자통신연구원
ijkim@etri.re.kr

Development of operational management functions for transmitting telecommands interfaced with COP-1

Kim In Jun
ETRI

요 약

우주분야의 국제 협력이 활발지면서 위성을 운용하기 위해 필요한 기능에 대한 표준화 노력이 계속되고 있다. 대표적으로 CCSDS(Consultative Committee for Space Data Systems)는 우주관련 정보의 상호 교환을 촉진할 목적으로 데이터 표준 개발에 참여한 우주 기관들의 국제 조직이다[1]. 여기서 위성을 제어하는 원격명령을 효과적으로 전송하고 전송 결과를 검증하기 위해 제안한 방법이 Communications Operation Procedure-1(이하 COP-1)이다. COP-1 을 이용해 위성 원격명령을 운용하기 위해서는 COP-1 기능을 원격으로 관리할 수 있는 기능이 위성관제시스템에 필요하다. 본 논문에서는 위성관제시스템에서 COP-1 기능을 이용해 위성 원격명령을 운용하기 위해 필요한 COP-1 운용 관리 기능을 개발한 결과를 기술한다.

I. 서 론

우주 임무에서 위성과 지상 사이에 통신을 수행하는데 있어서 필요한 기본적인 운영 절차를 정의하고 있는 것이 COP-1 표준 문서이다[2]. 이 통신 운영 절차를 만든 목적은 서로 다른 우주 임무 간에 통신이 원활하게 이뤄질 수 있도록 상호 운용성을 보장하고, 통신시스템의 오류를 줄이고 통신 성공 확률을 높임으로써 통신 과정의 안정성과 신뢰도를 향상시키며, 일관된 운영 절차를 따름으로써 통신시스템 개발, 운용, 유지보수 비용을 줄이기 위함이다.

본 논문에서는 위성을 제어하기 위한 원격명령의 전송을 효율적으로 운용하기 위해 제안된 COP-1 의 절차와 방법을 만족시키도록 위성관제시스템에서 제공되어야 하는 기능을 개발한 결과를 기술한다.

먼저 COP-1 의 개념을 알아보고 위성의 원격명령을 운용하기 위해 제안한 COP-1 의 주요 기능을 살펴본다. 끝으로 위성관제시스템에서 구현한 결과를 기술한다.

II. COP-1 운용 개념

본 논문에서 논의하는 COP-1 은 Frame Operation Procedure-1(이하 FOP-1)과 Frame Acceptance and Reporting Mechanism-1(이하 FARM-1)이라는 두 가지 주요 기능을 통해 운용된다.

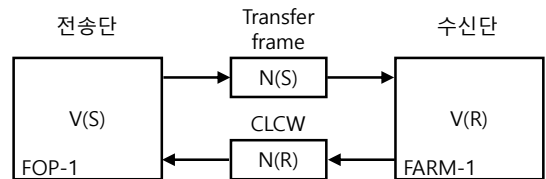


Fig.1 Operation Concept of COP-1

FOP-1 은 위성관제시스템의 원격명령 전송단 내에서 실행되며, 특정 가상 채널의 전송 프레임을 처리한다. FOP-1 은 AD 전송 프레임을 생성하고, 해당 프레임을 해당 가상 채널의 FARM-1 으로 전송한다. FOP-1 은 전송 프레임의 순서를 프레임 시퀀스 번호를 이용해 엄격하게 관리하여, 프레임이 지정된 순서대로 수신 측에서 처리될 수 있도록 한다. 전송이 누락된 프레임이 감지되면 FOP-1 은 전송한 프레임의 재전송을 수행하며, 이를 통해 프레임의 손실을 보상하고 통신의 연속성을 유지할 수 있게 한다.

FARM-1 은 위성의 수신단 내에서 실행되며, 수신된 원격명령 전송 프레임을 처리하고 수신 수락 여부를 보고한다. 이 메커니즘은 전송된 프레임의 시퀀스 번호를 확인하여 엄격한 순서대로만 프레임을 처리한다. 수신된 프레임이 올바르게 처리되고 수신에 수락되면, FARM-1 은 수락 상태 보고를 송신 측 FOP-1 로 반환한다. 프레임이 거부되거나 누락된 경우 FARM-1 은 해당

정보를 Command Link Control Word(이하 CLCW) 패킷을 통해 보고하고, 필요한 경우 재전송을 요청한다.

III. 원격명령 전송을 위한 COP-1 운용관리 요구 기능

COP-1 은 위성 원격명령 프레임 전송을 위해 두가지 서비스를 제공하는데 각각 Sequence-Controlled (AD)와 Expedited(BD) 서비스로 정의한다. 이 때 AD 서비스와 BD 서비스를 운용하기 위한 제어 기능을 제공하는 것이 BC 전송 프레임이다. 각각의 서비스는 원격명령 전송 프레임의 헤더에 설정하는 bypass flag 와 control command flag 에 의해 결정된다.

따라서 위성관제시스템에서는 원격명령의 전송 프레임을 생성할 때 ARQ(Automatic Request for Retransmission) 절차에 따라 동작하는 AD 서비스를 제공할 수 있는 Type-AD 전송 프레임을 생성할 수 있어야 하며, 재전송 없이 수신 즉시 다음 절차가 처리되는 Type-BD 전송 프레임도 생성할 수 있어야 한다. 특히 COP-1 을 운용하기 위해서 Type-BC 전송 프레임을 생성해 전송단의 FOP-1 과 수신단의 FARM-1 의 처리 프로세스의 상태를 설정하고 운용 동기화를 위한 프레임 시퀀스 번호의 변수를 설정하는 등의 제어 명령을 처리할 수 있어야 한다. 이때 Unlock 과 Set V(R) 초기화 directive 는 위성까지 전송되는 제어 명령으로 전송단과 수신단의 COP-1 메커니즘을 동기화한다.

다음은 Type-BC 프레임이 제공하는 설정 및 제어 기능을 나타낸 표이다.

Table 1. Directive Types [2]

Directive Type	Qualifier
Initiate AD service (w/o CLCW check)	None
Initiate AD service (with CLCW check)	None
Initiate AD service (with Unlock)	None
Initiate AD service (with Set V(R))	New value
Terminate AD service	None
Resume AD service	None
Set V(S) to V*(S)	New value
Set FOP_Sliding_Window_Width	New value
Set T1_Initial	New value
Set Transmission_Limit	New value
Set Timeout_Type	New value

COP-1 의 운용 상태는 수신단인 위성이 제공하는 CLCW 패킷으로 제공되는 FARM-1 상태 리포트 정보와 전송단에 운용되는 FOP-1 모듈의 현재 상태값을 확인해 알 수 있다. CLCW 를 수신하는 상용 COP-1 모듈에서 제공하는 모니터링 인터페이스를 통해 위성관제시스템에서 원격으로 요청하면 확인이 가능하며, CLCW 는 위성에서 송신하는 원격측정값을 확인해도 알 수 있다. CLCW 에는 Lockout, Wait, Retransmit, N(R)값을 포함하며, 이 정보를 이용해 COP-1 의 운용 상태를 파악할 수 있고, 원격명령 전송 실패시 FOP-1 이 자동으로 전송 실패한 원격명령을 재전송 할 수 있다.

IV. 위성 원격명령 운용을 위한 COP-1 기능 구현 결과

BC-type 전송 프레임을 통해 COP-1 을 설정하기 위한 기능을 구현하였으며 이를 Fig.2 에 나타내었다. Table.1 에 나타낸 AD 서비스를 초기화하기 위한 명령 4 가지와 AD 서비스를 종료하고 재시작하는 2 가지 명령, FOP-1 의 운용 설정 명령 2 가지를 수행할 수 있다.

특히 Unlock 과 SetV(R) 명령은 위성으로 전송되어 FOP-1 과 FARM-1 의 설정을 초기화하는데 사용된다. Fig.3 은 일반적으로 모뎀에 탑재되는 COP-1 모듈이 제공하는 상태 변수의 값을 확인하기 위한 기능으로 COP-1 전송 프레임 송신 및 CLCW 수신을 위한 설정 상태를 확인할 수 있다. 그 밖에 추가 정보를 통해 CLCW 패킷값, 현재 프레임 시퀀스 번호, 원격명령 재전송을 위한 설정값 등을 확인할 수 있다.

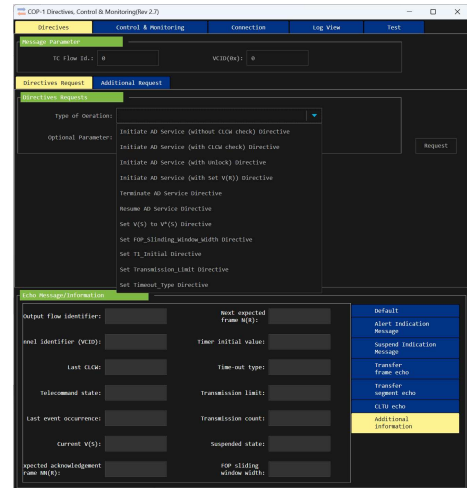


Fig.2. Directive Type for COP-1

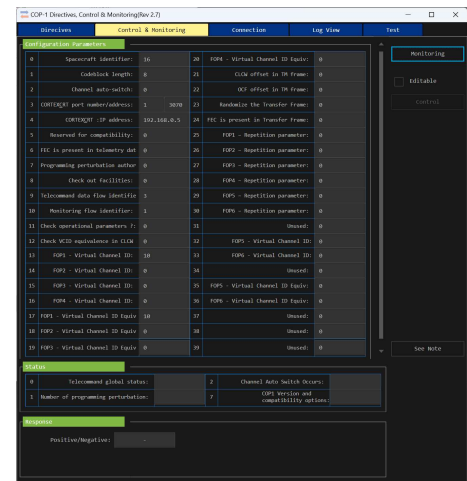


Fig.3. Monitoring for COP-1

V. 결론

본 논문은 위성의 원격명령을 효율적이고 안정적으로 전송하기 위해 CCSDS 에서 제안한 COP-1 을 위성관제시스템에서 사용하기 위해 필요한 기능에 대해 기술하고, 실제 개발된 기능을 살펴보았다. 개발된 기능은 현재 우리나라에서 운용 중인 일부 정지궤도 및 저궤도 위성의 관제시스템에 적용되어 원격명령의 안정적 운용을 위해 사용되고 있다.

참고 문헌

- [1] 정옥철, "위성 운용 궤도 데이터 표준화 동향," e-정책정보센터, 한국항공우주연구원, 2016.
- [2] CCSDS, "Communications Operation Procedure-1," Recommendation for Space Data Systems Standards, CCSDS 232.1-B-1, 2003.