

위성 상태 데이터의 고속 후처리 기술 동향

강지훈* 구인회** 안상일***

Trends of High Speed Satellite Offline Telemetry Processing

Jihoon Kang* In-Hoi Koo** Sang-Il Ahn***

ABSTRACT

In this paper, the trends of a satellite offline telemetry processing system had been discussed. The satellite offline telemetry processing system is used to analyze an offline telemetry and to check health status of the satellite. Common requirements for the system are high speed processing, processed data visualization, easiness of use, and generality. Regarding to these requirements, how the recent telemetry processing system had been designed and implemented is discussed in detail.

초 록

본 논문에서는 최근에 개발된 위성 데이터 후처리 시스템의 동향에 대해 기술 하고자 한다. 위성 데이터 후처리 시스템은 위성의 텔레메트리를 분석하고 위성의 상태를 파악하는데 사용되는 시스템으로 빠른 처리 속도, 데이터 도시화, 사용의 용이성, 그리고 범용성의 요구사항을 갖는다. 본 논문에서는 이러한 요구사항을 만족시키기 위해 여러 위성 데이터 후처리 시스템이 어떻게 설계되고 구현되었는지를 살펴본다.

Key Words : Telemetry Processing (상태 데이터 처리), High Speed Processing (고속 처리), Offline Processing (후처리)

* 강지훈, 한국항공우주연구원 위성정보연구소 위성운용실 위성지상시스템개발팀
jihkang@kari.re.kr

** 구인회, 한국항공우주연구원 위성정보연구소 위성운용실 위성지상시스템개발팀
freewill@kari.re.kr

*** 안상일, 한국항공우주연구원 위성정보연구소 위성운용실 위성지상시스템개발팀
siahn@kari.re.kr

1. 서론

저궤도 및 정지궤도 위성의 발사 후 초기운영 및 정상운영 과정에서 위성 상태 데이터의 모니터링 및 분석은 필수적 임무이다. 위성 상태 데이터 처리/감시 소프트웨어는 통상적으로 개발 과정에서 구축된 텔레메트리 처리시스템이 사용되고 있으나, 최근 위성에 발생할 수 있는 잠재적 문제를 미리 예측하고 문제 발생 시 정상 상태로의 신속한 복구를 위해 대용량의 위성데이터를 고속으로 처리해주는 시스템의 필요성이 대두되기 시작했다. 이런 배경에 의해, 기존의 처리시스템과는 독립된 별도의 오프라인 데이터 고속 후처리 시스템의 연구 및 관련 기술 개발이 절실히 요구되고 있다.

이에 따라 위성 데이터 후처리 시스템은 이전 보다 더 많은 요구사항을 가진다. 빠른 상태 데이터 처리 속도 요구 사항을 만족시키기 위해 데이터를 병렬로 처리 하거나[1], 사용자에게 의미 있는 데이터를 분류하여 선별적으로 보여준다[7]. 사용자에게 편의를 제공하기 위하여 다양한 데이터 도시화 방법을 사용하거나[3][4], 지리적 불편함을 극복하기 위하여 소프트웨어의 크기를 줄인다[2]. 또한 다양한 임무에 일반적으로 사용하기 위하여 표준을 따르는 상태 데이터 처리 시스템을 개발하기도 한다[5].

본 논문에서는 2.1절에서 위성 상태 데이터 후처리 시스템의 개괄적인 소개를 하고 2.2절에서 위에서 나열한 여러 요구사항을 만족시키기 위해 개발된 위성 데이터 후처리 시스템의 동향에 대하여 자세하게 기술 한다.

2. 본론

2.1 위성 상태 데이터 후처리 시스템

2.1.1 소개

위성 상태 데이터 (또는 텔레메트리)는 지상에서 위성의 상황을 확인하는 유일한 방법으로 위성을 운용하는데 있어서 매우 중요하다. 지상에서 수집된 위성의 상태 데이터는 원시 데이터 형태로 저장되어 있어 운영자가 직접 분석을 할 수가 없다. 이 때 운영자

가 이해할 수 있는 값(Engineering Value)으로 원시 데이터를 변환해 주는 시스템이 위성 상태 데이터 후처리 시스템이다.

위성 상태 데이터 후처리 시스템은 위에서 말한 변환 기능 이외에 변환된 데이터를 화면에 도시화하여 운영자가 쉽게 위성의 상태를 파악할 수 있도록 도와주기도 한다. 인공위성의 상태 데이터의 종류는 매우 많은데 운영자는 후처리 시스템을 사용하여 위성의 상태를 쉽게 분석할 수 있다.

2.1.2 일반적인 요구 사항

위성 상태 데이터 후처리 시스템의 일반적인 요구사항은 크게 4가지로 나눌 수 있다. 첫 째로 위성 상태 데이터의 고속 처리이다. 위성의 상태 데이터는 그 분량이 매우 방대하다. ADEOS-II의 상태 데이터는 하루 약 1GB정도인데[2], 이를 몇 주 혹은 몇 달분을 한꺼번에 처리해야 할 때도 있다. 두 번째로 처리된 상태 데이터의 도시화 기능이다. 상태 데이터는 숫자 혹은 글자로 나타낼 수 있는데, 이를 가지고 위성의 상태를 파악하기는 매우 힘들다. 때문에 선 그래프 등을 활용하여 도시화하는 기능이 필요 하다. 세 번째로 시스템 사용의 용이성이다. 사용하는 방법이 복잡할 경우 사용자가 원하는 데이터를 가지고 원하는 그래프로 도시화를 시키기가 힘들다. 마지막으로 범용성이다. 모든 위성들이 상태 데이터를 가지고 있으며 이를 상태 파악을 위해서 지상에서 처리 하고 모니터링 하는데, 각 위성마다 처리 시스템을 구축하는 것은 큰 낭비이다.

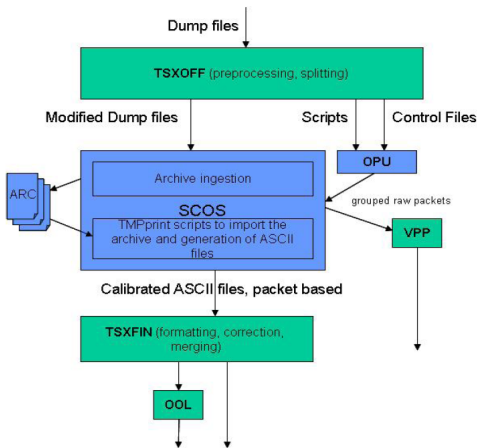
추가적인 요구사항으로 예측 기능이 있다. 위성의 상태 데이터를 분석하면 앞으로 위성이 어떻게 될지를 미리 예측 할 수 있다. 이러한 기능은 잠재적인 문제를 미리 파악하여 신속하게 대응하고 임무 수명을 연장 시킬 수 있어 매우 중요하다. 하지만 위성 상태 데이터 처리 시스템에서 이를 미리 예측하여 운영자에게 알려 주는 기능의 구현은 아주 어렵기 때문에 현재 대부분의 시스템은 기본적인 기능을 가지고 있다[5].

다음 절에서는 위에서 나열한 요구사항들이 실제 위성 상태 데이터 분석 시스템에서 어떻게 반영이 되어 구현이 되었는지를 자세하게 서술한다.

2.2 위성 상태 데이터 후처리 시스템 동향

2.2.1 독일 GSOC Post Processing System

독일의 German Space Operation Center (이하, GSOC)에서는 빠르고 유연함을 목적으로 가진 위성 상태 데이터 후처리 시스템을 개발하였다. 2007년 6월에 발사된 TerraSAR-X를 위해서 상태 데이터 후처리 시스템이 개발되었다. 그림 1은 개발된 후처리 시스템의 구조를 나타낸다.



자료: 참고문헌 [1], 2008
그림 1. GSOC의 후처리 시스템 구조

개발된 시스템은 다음과 같은 흐름으로 동작한다. 위성에서 다운 링크된 덤프 데이터 파일이 전처리기 (Pre-processor)인 TSXOFF로 입력된다. Housekeeping Parameter는 위성체의 메모리에 나뉘어서 on-board stores 형태로 저장되는데, 덤프 데이터 파일도 같은 형태로 분류되고 나뉘지게 된다. 추가적으로 덤프파일은 병렬 처리를 위해 모두 같은 크기를 갖도록 나뉘게 된다. 전처리의 최종 결과물은 수정된 덤프 데이터 파일과 스크립트, 그리고 제어를 위한 파일이다. 스크립트와 제어를 위한 파일은 추후 모든 처리 과정을 제어하는 Offline Processing Unit (이하, OPU)의 입력으로 사용된다.

두 번째 단계로 수정된 덤프 데이터 파일이 SCOS에서 병렬로 처리된다. SCOS 내부의 Archive용 저장소에 입력 파일이 패킷 형태로 입력되면 위성의 상태 데이터 처리가 병렬로 수행된다. 이때 Derived Telemetry도 같이 처리 된다. 처리된 결과는 ASCII

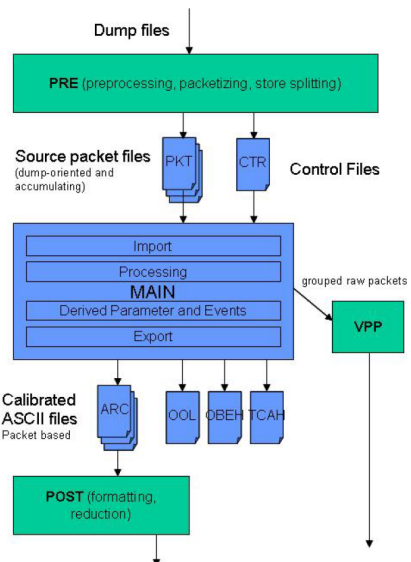
형태의 파일이다.

Variable Packet Processor (이하, VPP)는 SCOS에서 처리할 수 없는 패킷의 길이가 고정되지 않은 데이터를 처리하며 SCOS의 Archive용 저장 공간에 직접 접근하여 데이터를 가져오고 SCOS와 같은 형태의 결과물을 내보낸다.

마지막 단계로 TSXFIN에서 앞 단계의 결과물을 병합하고 포맷을 맞춘다. 또한 앞 단계에서 처리된 결과들 중에서 한계 값을 넘는 데이터에 대하여 Out-of-Limit 파일을 생성한다.

TerraSAR-X의 발사 후에 개발된 시스템을 사용하여 위성의 상태 데이터를 후처리 하는데 몇 가지 문제점이 발견 되었다. 첫 번째 문제점은 데이터를 처리하는데 지연이 생긴 점이다. 가끔 현재 위성 상태 데이터를 처리하기 위하여 다음번 위성과의 컨택에서 다운 가능한 데이터가 필요할 때가 있었다는 점이다. 두 번째는 처리 과정 중에 운영자의 개입이 필요하다는 점이다.

위의 문제점을 해결하기 위하여 GSOC에서는 새로운 시스템을 설계하였다. 그림 2는 새롭게 설계된 위성 데이터 후처리 시스템을 나타낸다.



자료: 참고문헌 [1], 2008
그림 2. 새롭게 고안된 후처리 시스템 구조

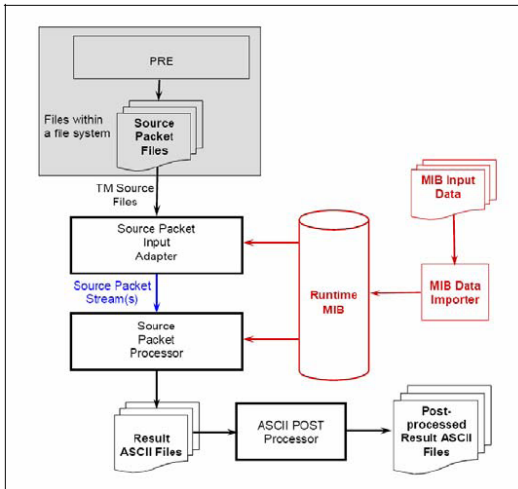
새롭게 고안된 후처리 시스템은 크게 전처리, 주 데이터 처리, 후처리 및 배포로 나눌 수 있으며, 운영

자의 개입 없이 모두 자동으로 데이터가 처리되도록 설계 되었다. 독립된 데이터 부분으로 구성되는 하나의 덤프파일을 처리하는데, 각 처리 작업은 "offline job"이라는 형태로 처리되며 각 입력에 맞는 출력 파일이 생성된다. 이러한 처리 작업은 입력 디렉터리에 원시 데이터가 입력됨으로 인해 자동으로 시작된다. 이러한 처리 모드를 새로운 후처리 시스템에서는 "job-oriented" 후처리하고 부른다. "offline job"에 추가적으로 "merging job"이 수행되며 이때는 주로 긴 시간의 데이터나 큰 입력 패킷을 처리해야 하는 경우에 사용된다.

전처리 단계에서는 원시 데이터를 패킷 단위로 추출하는 과정이 주를 이룬다. 지상국에서 수신된 원시 데이터에는 주 데이터 처리를 위해서 가상 채널 역다중화, 역다중화된 데이터를 각 데이터의 종류에 따른 다음 처리 단계로의 라우팅, 일반적인 프레임 확인 등의 처리 작업이 수행되게 된다.

주 처리 단계에서는 입력된 패킷의 처리, 파라미터 처리, 보정 데이터와 후처리 결과물 생성 등의 작업이 이루어지며, 이러한 작업들은 모두 자동으로 처리된다.

후처리 단계에서는 추가 적인 데이터 처리가 필요할 경우를 위한 포맷 변경 작업과 주 처리 단계의 출력물을 저장하고 수요자에게 배포하는 작업을 하게 된다.



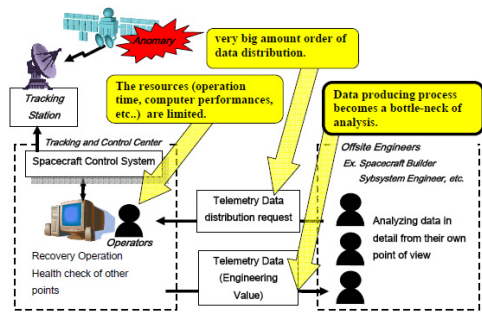
자료: 참고문헌 [1], 2008
그림 3. 패킷 처리 프로세서 구조

그림 3은 새롭게 고안된 처리 시스템의 핵심인 상

태 데이터 패킷 처리 프로세서의 구조를 나타낸다.

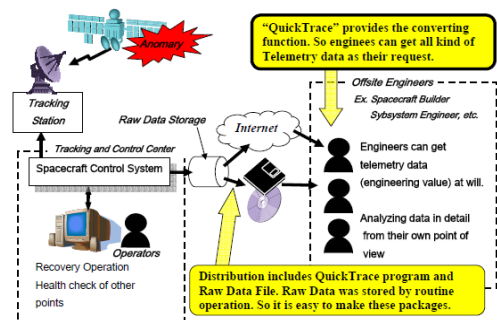
2.2.2 일본 JAXA의 QuickTrace

일본 JAXA에서는 지리적으로 멀리 떨어져 있는 엔지니어를 위한 소프트웨어를 개발하였다. JAXA의 Tracking and Control Center에서 위성의 상태 데이터를 수신하고 처리를 하지만, 이곳에서 지리적으로 멀리 떨어져 있는 엔지니어가 데이터를 요구할 경우 처리된 데이터를 전송해야 한다. 그러나 이 경우 데이터의 크기가 문제가 된다. 그림 4는 위와 같은 상황에서의 위성 상태 데이터 분석 흐름을 나타낸다.



자료: 참고문헌 [2], 2004
그림 4. 응급상황에서의 위성 데이터 분석 흐름

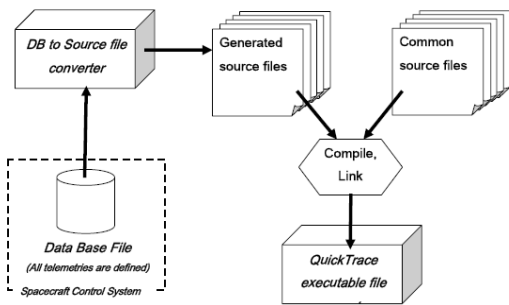
이에 JAXA에서는 QuickTrace라는 배포용 소프트웨어를 개발하여 위와 같은 상황을 해결 하였다. QuickTrace는 원시 위성 상태 데이터를 Engineering Value (이하, EV)로 바꿔주는 소프트웨어로 크기가 작고 빠르다. 그림 5는 QuickTrace를 사용했을 때의 위성 데이터 분석 흐름을 나타낸다.



자료: 참고문헌 [2], 2004
그림 5. QuickTrace를 사용한 위성 데이터 분석 흐름

위성 상태 데이터는 압축을 했을 경우 그 크기가 크지 않기 때문에 네트워크를 사용한 전송에 큰 문제가 없다. 이에 Offsite에 있는 엔지니어는 전송 받은 원시 데이터를 QuickTrace를 사용해 원하는 형태의 데이터로 변환을 하고 위성 상태를 확인을 할 수 있게 된다.

QuickTrace는 ANSI-C를 사용하여 개발되었으며, 원시 데이터를 EV로 바꿔주는데 특화된 소프트웨어이다. QuickTrace는 데이터 변환을 위한 소스 코드와 모든 상태 데이터 정의를 담고 있는 데이터베이스를 함께 컴파일 한 것으로, 상태 데이터의 정의가 변경될 경우 다시 컴파일 되어야 한다. 그림 6은 QuickTrace의 구성을 나타낸다.



자료: 참고문헌 [2], 2004
그림 6. QuickTrace의 구성

2.2.3 프랑스 CNES의 PrestoPlot

프랑스의 CNES는 빠른 위성 상태 데이터 처리를 위해 PrestoPlot을 개발하였다. 2003년 소형 위성인 PROTEUS의 시뮬레이터인 PRESTO가 개발되었는데, 이때 시뮬레이터의 검증을 위해서 많은 수의 파라미터들을 쉽게 화면에 표시하고 비교할 수 있는 틀이 필요 했다.

이때 이 틀은 다음과 같은 요구사항들을 가지고 있었다. 첫째로 서로 다른 샘플링 주기를 가지는 데이터의 관리이다. 같은 화면에 도시해야 하는 데이터가 서로 다른 샘플링 주기를 가졌을 때, 서로 다른 수의 샘플이 화면에 도시되어야 하고, 심지어 어떤 데이터는 특정 시간에 대하여 데이터가 존재하지 않을 수도 있다. 두 번째로 여러 가지 시간 축을 다룰 수 있어야 한다. 모든 데이터가 같은 시간 축을 가지지 않을 수도 있다. 예를 들어 UTC를 시간 축으로 가지는

데이터와 On-board Time을 시간 축으로 가지는 데이터가 있을 수 있다. 세 번째로 High Level Telemetry 또는 Derived Telemetry의 생성이다. 위성의 상태 데이터는 하나 이상의 상태 데이터를 모아서 하나의 Derived Telemetry를 구성하는 경우에도 처리가 가능해야 한다. 마지막으로 가능한 사용자가 쉽게 사용할 수 있어야 한다.

위의 조건을 만족하는 다양한 COTS 소프트웨어들을 찾아보았지만 모든 조건을 만족하는 소프트웨어를 발견하지 못하였기 때문에, PrestoPlot이 개발되었다.

위의 요구사항들을 만족하기 위해서 PrestoPlot은 다음과 같이 설계 되었다.

GUI는 Drag and Drop을 기본으로 만들어져 대부분의 액션은 마우스를 가지고 수행이 가능하다. 2년간의 개발자와 사용자의 협력을 통해 만들어진 GUI로 사용자가 처리된 데이터에만 집중할 수 있도록 해준다.

입력파일은 매우 간단하며 크게 2가지 부분으로 나누는 헤더를 가지고 있다. 첫 번째 부분은 입력파일에 포함되어 있는 파라미터들의 이름을 나열한 것이고 두 번째 부분은 나열된 파라미터의 단위이다. 헤더의 밑으로 파라미터의 값들을 나열하면 된다. 그림 7은 PrestoPlot의 입력파일을 나타낸다. 색으로 표시된 부분이 헤더 부분이고 그렇지 않은 부분이 데이터 부분이다.

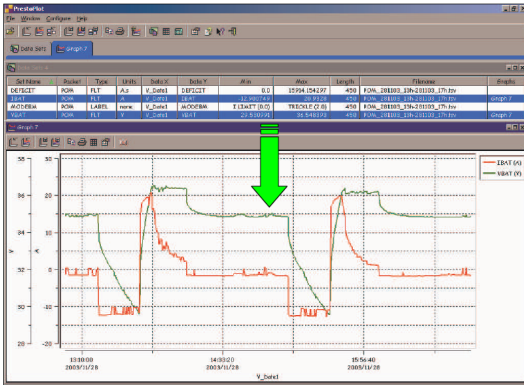
	DEFICIT	IBAT	ISTRINGMEAN	MODEBEM	TBAT	VBAT
JAPAN UTC	A.s	A	A	none	°C	V
2003/11/19 00:00:06.516	0.000000	0.944776	0.979497	TRICKLE	3.537552	35.206673
2003/11/19 00:00:38.515	0.000000	2.833571	0.977947	TRICKLE	3.537552	35.299339
2003/11/19 00:01:10.516	0.000000	0.903254	0.983086	TRICKLE	3.537552	35.207420
2003/11/19 00:01:42.516	0.000000	0.913642	0.984124	TRICKLE	3.611572	35.207237
2003/11/19 00:02:14.516	0.000000	2.885461	0.980121	TRICKLE	3.537552	35.319519
2003/11/19 00:02:46.516	0.000000	2.947730	0.981011	TRICKLE	3.537552	35.318398
2003/11/19 00:03:18.516	0.000000	2.978863	0.983605	TRICKLE	3.611572	35.317833

자료: 참고문헌 [4], 2006
그림 7. PrestoPlot 입력 파일 예제

그림 7과 같이 입력파일은 모두 ASCII 포맷을 가지고 있다.

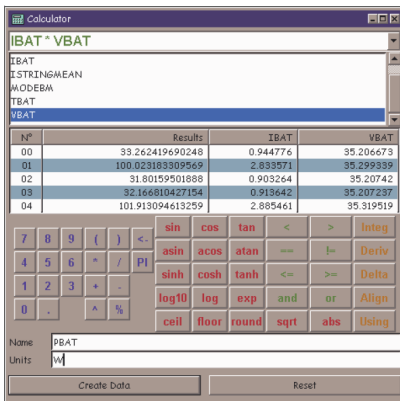
PrestoPlot에 입력된 데이터들은 Data Sets 윈도우에 저장되며 이 윈도우를 사용하여 여러 가지 방법으로 데이터를 조작하려 사용자가 원하는 형태로 도시화 할 수 있다. Data Sets 윈도우에서 도시를 원하는 데이터를 그래프 윈도우로 드래그하면 그래프가 바로 도시된다. 도시된 데이터는 Edit Data 윈도우

를 통해 수정이 가능하며 그래프에서 삭제제를 원하는 데이터는 그래프 윈도우에서 드래그 하여 그래프 윈도우 영역 밖으로 보내면 삭제가 가능하다. 그림 8은 그래프 영역에 데이터를 도시하는 예제를 나타낸다.



자료: 참고문헌 [4], 2006
그림 8. PrestoPlot 그래프 도시 예제

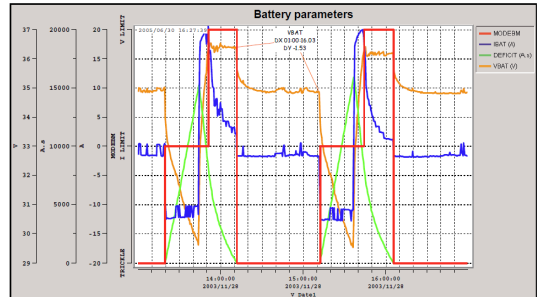
도시할 수 있는 데이터의 개수는 한계가 정해져 있지 않으며 500,000개의 데이터가 정상적으로 도시되는 것이 확인 되었다. 계산기 윈도우를 사용하여 간단한 계산을 할 수도 있다. 계산기는 여러 파라미터를 사용하여 새로운 값을 계산해야 할 때 편리하게 사용할 수 있다. 그림 9는 계산기 윈도우를 나타낸다.



자료: 참고문헌 [4], 2006
그림 9. 계산기 윈도우

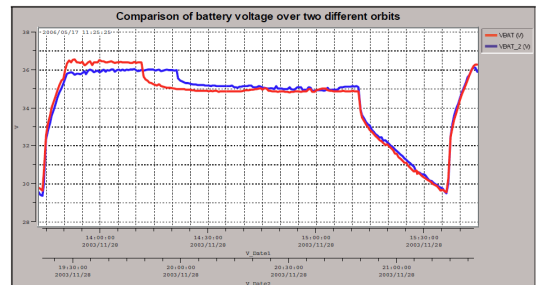
도시된 그래프는 추후 사용 또는 다른 사용자와의 정보 교환을 위해서 저장할 수 있으며 저장할 때는 그래프와 데이터 모두 함께 저장된다.

PrestoPlot은 데이터를 그래프에 도시할 때 몇 가지 특징적인 기능을 보여준다. PrestoPlot은 숫자로 되어 있는 데이터와 문자로 되어 있는 데이터를 같은 그래프에 도시할 수 있으며 이는 상태 값을 나타낼 때, 그 값의 숫자보다 값이 가지는 의미를 도시화할 필요가 있을 때 매우 유용하다. 그림 10은 숫자와 문자 데이터가 동시에 도시되는 예제를 나타낸다.



자료: 참고문헌 [4], 2006
그림 10. 숫자 데이터와 문자 데이터를 동시 도시

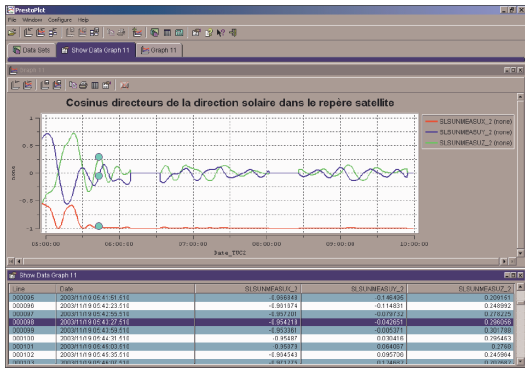
또 다른 PrestoPlot의 특징적인 기능은 X축 동기화 기능이다. 서로 다른 시간을 가지는 데이터를 도시화 할 때 자동으로 X축의 구간을 동기화하여 사용자가 필요한 정보를 도시화 시켜 준다. 그림 11은 X축 동기화의 예제를 보여 준다.



자료: 참고문헌 [4], 2006
그림 11. X축 동기화

X축 동기화 기능은 같은 데이터를 다른 시간에 대하여 비교할 때 유용하게 사용할 수 있는 기능이다.

마지막 기능으로 연결된 데이터 기능이 있다. 연결된 데이터 기능은 도시된 그래프의 특정 부분을 클릭하면 Show Data 윈도우에 해당 값을 보여주는 기능으로 그래프의 특정 부분이 실제로 어떤 값을 가지는지 확인할 때 유용하다. 그림 12는 연결된 데이터의 예제를 보여준다.



자료: 참고문헌 [4], 2006
그림 12. 연결된 데이터

2.2.4 ESA의 TDAS

ESA의 European Space Astronomy Center에서는 XMM-Newton을 위한 위성 상태 데이터 처리 시스템을 개발했다. 위성 상태 데이터를 출력으로 하는 Telemetry Data Retrieval System (이하, TDRS)를 활용하여 데이터를 처리하도록 고안되었으며 이 시스템은 TDRS Data Analysis Software (이하, TDAS)라 불린다. TDRS의 데이터를 처리하는 일은 특정 임무에만 국한되지 않고 다양한 임무를 처리해야 하는데 TDRS가 표준 포맷을 가지고 있기 때문에 SCOS-2000를 사용하는 모든 임무에 사용이 가능하다.

TDAS는 IDL을 사용하여 개발되어서 일반적으로 인터프리터 기반으로 동작하게 된다. 일반적으로 컴파일 되어 동작하는 C, C++ 등에 기반을 둔 소프트웨어 보다 성능이 떨어지는 것이 사실이나 백터화를 통해서 얼마든지 극복이 가능하기 하고, IDL에서 사용할 수 있는 많은 라이브러리가 이러한 단점을 충분히 커버할 수 있다.

TDAS의 핵심 부분은 `tdrs_analyzer` 클래스이다. 이 클래스 안에 일반적인 데이터와 상태 데이터의 값에 접근할 수 있는 방법에 기술되어 있다. 자세히 `tdrs_analyzer` 클래스를 보면 크게 3가지 데이터 구조가 정의되어 있는 것을 알 수 있다. 그중 첫 번째인 `tdrs_analyzer_data` 데이터 구조는 TDRS의 모든 파일 헤더 정보를 담고 있다. 이 헤더에는 언제부터 언제까지의 데이터를 가져와야 하며 총 샘플의 개수, 파일 안에 담겨 있는 상태 데이터의 리스트 등

이 포함되어 있다. 두 번째는 `tm_struct` 데이터 구조이다. 여기에는 모든 파라미터에 대한 설명과 상태 데이터가 저장되어 있다. 마지막 데이터 구조는 `times` 배열이다. 이 배열에는 TDRS의 원본 파일에 포함되어 있는 시간 데이터가 중복 없이 오름차순으로 정렬이 되어 있다.

TDAS는 경향 분석 기능을 포함하고 있다. 상태 데이터의 통계를 만들거나, 특정 상태 데이터가 특정 시간에 얼마나 많이 특정 한계값을 넘는지와 같은 규칙을 정하는 기능 등이 포함되어 있다. 또한 자동 경향 분석 기능으로 위성이 지구를 한 바퀴 도는 동안의 각 상태 데이터의 평균을 구해 놓고 다음번에 그 평균값을 넘는 상태 데이터가 있는 경우 운영자에게 경고를 줄 수 있다.

2.2.5 ComsXtIm

최근 한국항공우주연구원 위성정보연구소 (이하, 항우연)에서는 빠르고 직관적 분석이 용이한 오프라인 고속 후처리 시스템(ComsXtIm)을 개발하였다.

ComsXtIm은 대용량 위성 상태 데이터를 가시화하기 위하여 다중축 Plot과 Carving이라는 기법을 사용한다. 다중축 Plot은 위성 상태 데이터가 같은 X축 혹은 같은 Y축을 가지지 않았을 경우를 위하여 적용되었으며, Carving 기법은 도시화해야 하는 데이터의 양이 많은 경우 처리 속도를 높이기 위하여 사용되었다.

일반적으로 위성의 상태 데이터는 그 크기가 매우 크기 때문에 모든 데이터를 화면에 가시화하는 일은 성능에 문제가 있을 수 있고, 엔지니어 입장에서는 중요하지 않는 정보까지 함께 확인해야 하는 어려움이 있다. 이에 ComsXtIm은 Carving 기법을 적용하여 선택적으로 데이터를 화면에 도시화 하는 방법을 사용하였다. 선택적으로 데이터를 선택할 때는 Sub-sampling, Averaging, Interpolation & Resampling 등의 방법이 있지만, ComsXtIm은 데이터의 변화량을 에너지로 계산하여 가장 에너지가 높은 데이터부터 선택적으로 화면에 도시화 한다.

그림 13은 Carving을 적용했을 때의 그래프의 모습을 보여 준다. 그림 13의 가장 위에 있는 그래프는 Carving을 적용하지 않았을 때를 보여준다. 그래프는 빨간색, 녹색, 파란색이 각각 300,000개씩의 데

이터를 도시화한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 너무 많은 데이터가 화면에 도시화되어 세부 변화는 알기 힘들다. 중간에 있는 그래프는 Carving을 적용했을 때의 그래프이다. 300,000개의 데이터를 500개로 줄여서 도시화를 한 것이다. Carving을 적용해서 가장 의미 있는 데이터만 도시화가 되었다.

가운데 그래프의 검정색 선은 상태 데이터의 Index를 도시화 한 것인데, 이 검정색 선이 일직선일 때 데이터가 모든 X축에 대하여 선형이 된다. 하지만 Carving을 적용했을 때에는 데이터 변화량을 기준으로 선택적으로 가시화를 하기 때문에 X축에 대하여 데이터가 비선형으로 가시화 되는 것을 볼 수 있다 (가운데 그래프 검정색 선). 이러한 Carving의 단점을 극복하기 위하여 데이터를 일정한 그룹으로 묶어 각 그룹 안에서만 Carving을 수행하도록 보안하였다. 이렇게 되면 그룹 내에서는 비선형이지만 그룹 단위로는 선형이 되어 그룹 크기가 크지 않다면, 전체 데이터의 경향성을 해치지 않게 된다. 그림 13의 마지막 그래프는 그룹을 나누어 Carving을 한 것으로 검정색 Index 선이 직선인 것을 볼 수 있다.

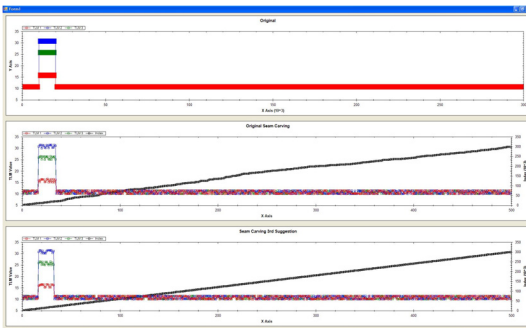


그림 13. Carving을 적용한 데이터 도시화의 예제

ComsXtlm은 서로 다른 축을 가지는 상태 데이터를 Plot하기 위하여 다중축 Plot 기능을 가지고 있다. 그림 14는 다중축 Plot 예제를 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 3개의 Y축이 표시 된 것을 볼 수 있으며, 다양한 도구 모음들을 활용하여 확대, 축소, Plot된 데이터 편집, 마우스 포인터를 활용한 실제 값 확인, 마커 삽입, 색 변경, 출력 등의 작업을 할 수 있다.

ComsXtlm에는 예측 기능이 포함되어 있지 않다. 사용자가 예측 규칙을 저장 해놓으면 시스템에서 규칙을 따라 상태 데이터를 검사하고 사용자에게 알려

주는 아주 기본적인 기능에서부터 위성에 문제가 발생 했던 구간의 상태 정보를 입력하면 시스템에서 학습을 통해 미래에 문제가 발생할 가능성을 예측해 주는 복잡한 기능이 포함될 예정이다.

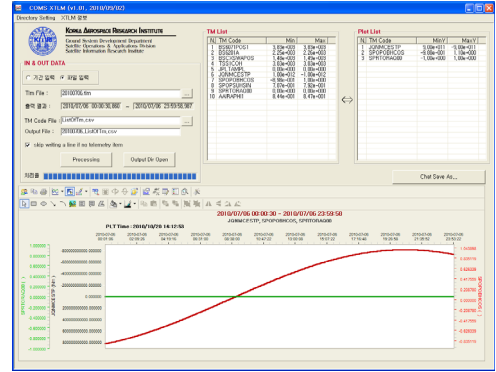


그림 14. ComsXtlm의 다중축 Plot 예제

새롭게 개발된 시스템은 천리안 위성에 적용하여 시험운동을 수행하였으며, 기존 소프트웨어보다 데이터 처리 속도를 획기적으로 높이는 효과를 얻을 수 있었다. ComsXtlm은 1일 치의 상태 데이터 14개 항목을 처리하는데 약 2.6초 정도가 소요 된다.

3. 결론

위성 상태 데이터는 위성의 운용에 있어서 매우 중요하다. 하지만 그 분량이 매우 방대하여 빠르게 데이터를 처리하는 것이 매우 중요하며 이와 동시에 사용자가 쉽게 사용이 가능해야 정확한 위성 상태 분석이 가능하다. 본 논문에서는 일반적인 위성 상태 데이터 후처리 시스템을 개괄적으로 기술 하였으며 그의 요구사항을 서술 하고 최근에 개발된 후처리 시스템의 특징 및 동향에 대하여 자세하게 기술 하였다.

또한 항우연에서 개발된 ComsXtlm에 대하여 기술 하였는데, 이는 천리안 위성의 상태 데이터 분석을 위해서 고속 데이터 처리 및 다중축 데이터 도시화 기능을 가지고 있어 천리안 위성의 초기 운영에 사용되었다. 또한 간단한 한계값 경보 기능과 학습을 통한 미래 예측 기능 추가가 예정되어 있어 위성 운용에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. M. Wendler, "Developing a Fast and Flexible Offline Telemetry Processing System", SpaceOps 2008
2. Hidemi Hase, "Compact Software Tool QuickTrace for Spacecraft HK Telemetry Analysis", SpaceOps 2004
3. Eric Sawyer, "PrestoPlot®: boost your offline telemetry processing!", SpaceOps 2008
4. Gilles Picart, "PrestoPlot®: an emergent standard telemetry tracing tool", SpaceOps 2006
5. Jorge Fauste, "An interactive telemetry data analysis tool for XMM-Newton", SpaceOps 2006
6. Shai Avidan, "Seam Carving for Context-Aware Image Resizing", ACM SIGGRAPH 2007
7. 구인회, 강지훈, 안상일, "위성데이터 고속 후처리 시스템 개발", 한국우주과학회 2010 가을 학술 대회
8. Hofmann, H Zimmermann, "The TerraSAX-X mission operations segment: From Command Generation to Offline Products", SpaceOps 2008