



# 기술시험위성 9호기의 광 피더 링크 시스템 개발과 이후의 전망

글 Toshihiro Kubo-oka 연구매니저, Yasushi Munemasa 연구원 /  
(국연) 정보통신연구기구 Wireless Networks 총합연구센터 우주통신연구실  
번역 유정훈 / 그린광학 사업개발그룹장

## 1. 처음

레이저를 사용한 광 위성 통신에는 (1) 전파에 의한 통신에 비해 고속화가 용이, (2) 위성탑재기기의 소형화, 경량화, 저소비전력화가 가능, (3) 무선국면허, 국제 주파수 조정이 필요없음, (4) 레이저광의 지상에서의 풋 프린트(지상에서 레이저광을 수신할 수 있는 영역: 직경이 10에서 100m급)에 들어가야 차단되지 않는 장점이 있어 이후 인공위성~지상 간의 통신, 인공위성 간의 통신으로 확대 보급하는 것이 예상되고 있다. 그러나 광 위성 통신에는 (a) 날씨, 특히 구름의 존재에 통신 여부가 좌우된다, (b) 전파를 사용한 위성고 같이 다수의 떨어진 지점에 있는 유저로 동시에 정보를 전달하는 용도에는 맞지 않다, (c) 현시점에서는 지상국으로서 대형 망원경이 필요라는 단점도 있어 이후의 기술 개발에서 극복해야하는 과제로 되어 있다.

정보통신연구기구(NICT)에서는 전전신의 우정성 전파연구소인 1980년대부터 인공위성과 지상 사이에서의 광 위성 통신의 연

구개발 및 개발한 기기를 탑재한 위성에 의한 광통신 실험을 진행해왔다. 1994년에 발사된 기술시험위성 “키쿠 6호”(ETS-VI)는 엄밀하게는 정지궤도까지는 도달할 수 없었지만 정지 트랜스퍼궤도에서 세계에서 처음으로 고고도의 위성과 광 지상국 사이의 4만 km를 넘는 거리에서 1 Mbps의 전송속도에서의 광통신 실험에 성공했다<sup>1)</sup>. 이어서 2005년에 발사된 “키라리”(OICETS)에서는 세계최초의 지상~저궤도위성 간에서의 레이저를 사용한 광통신 실험(전송속도 50 Mbps)을 실시했다<sup>2)</sup>. 또 2014년에 발사된 우주 광통신기술실증위성 SOCRATES(Space Optical Communications Research Advanced TEchnology Satellite)는 질량 50 kg급의 초소형 위성에 NICT가 개발한 총질량 약 6 kg의 광 위성 통신터미널 SOAT(Small Optical TrAnsponder)를 탑재하고, 주로 NICT 코가네이 본부의 지구국(일부 실험은 오키나와현 온나손, 이바라키현 카시마시의 지구국에도 실시) 사이에서 위성에서 촬영한 지구표면의 화상 전송과 LDGM부호의 실증시험 등의 통신실험을 실시했다<sup>3)</sup>. 그리고 SOCRATES와 코



그림1: ETS-IX에 의한 전파·광 하이브리드 위성통신

가네이 지상국 사이에서 광자레벨에서 정보를 교환하는 양자위성통신의 기초실증실험에 성공했다<sup>4)</sup>.

이들 실적과 경험에 기초해서 NICT에서는 2021년도에 발사되고, 정지위성궤도에 투입될 예정의 기술시험위성 9호기(이하 ETX-IX)에 탑재하는 초고속 광통신기기의 연구개발을 진행하고 있다. ETS-IX은 해양자원탐사, 항공기 내 인터넷, 내재해통신 등에 활용하는 Ka대역의 전파를 사용한 통신과, 피더 링크회선을 레이저광에서 실현하는 광통신의 양방을 갖춘 하이브리드한 차세대 통신위성이다(그림1). 전파에 의한 통신에서는 고정빔, 가변빔의 2종류를 가지고, 전송속도 100 Mbps에서의 고속대용량 이동체통신과 빔 가변, 주파수 가변에 의해 트래픽의 변동에 대응하는 플렉시블한 중계를 목표로 하고 있다<sup>5)</sup>. 한편 광통신 미션에서는 지상~정지위성 사이에서 위, 아래 모두 10 Gbps라는 세계최고레벨의 초고속데이터 전송을 가능으로 하고, 광 피더 링크의 기초기술을 확립하는 것을 목표로 하고 있다. ETS-IX에 탑재하는 광통신기기의 것을 HICALI(High Speed Communication with Advanced Laser Instrument)라고 한다. 본고에서는 HICALI를 구성하는 광통신기기의 개요, 예정하고 있는 광통신 실험, 현시점에서의 HICALI 및 지상계시스템의 개발 진보상황에 대해서 설명한다.

## 2. HICALI의 개요와 개발 현상

ETS-IX에 탑재하는 광통신기기 HICALI는 신호를 처리하는 광 부품(광송수신부, 광증폭부), 레이저광을 송수신하기 위한 망원경부, 정밀하게 광 지상국에 레이저광을 향하기 위한 거친 포착 및 정밀 추적기구로 된다. 그림2에 HICALI의 구성도를 나타냈다. HICALI에서는 파장이

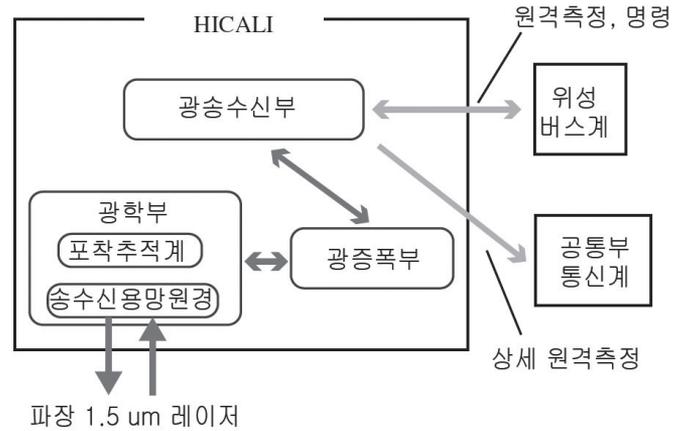


그림2: ETS-IX 탑재 광통신기기 “HICALI”의 구성도

1.5  $\mu\text{m}$ 의 근적외역의 레이저광을 사용할 예정이다. 이 파장의 레이저는 eye-safe이기 때문에 인체로의 안전성도 높일 수가 있다. 또 이 파장역은 지상에서의 광섬유를 사용한 통신에서 폭넓게 사용되고 있고, 지상의 광통신 네트워크에서 이용되고 있는 고속 디바이스, 최신 장치와 방식 등을 광 위성 통신에 적용하는 것이 가능으로 된다. 단, 지상용으로서 개발된 디바이스를 우주공간에서 사용하기 위해서는 우주방사선 등의 과혹한 조건하에서 장기간 파손되지 않도록 하는 것이 중요하다. 현재 주요한 광통신 디바이스에 대해서는 우주공간에서의 환경내성과 신뢰성을 확보하기 위해 NICT에서의 고도통신·방송연구개발 위탁연구라는 스킴을 통해 환경내성과 신뢰성을 확보하기 위한 screening(부품선별) 프로세스의 확립을 목표로 하고 있다<sup>6)</sup>. 광송수신부는 전송속도 10 Gbps의 광송신/광수신기능, 명령/원격측정 기능을 가지고, 신호처리를 행하는 DATA부, 광송신처리, 광수신처리를 행하는 TRX부, 내부에서 사용하는 2차 전원전압을 생성하는 PSU부로 구성된다. 광증폭부는 광 앰프(HPA/LNA)와 전원으로 구성되고, 주요 기능으로서 고풍력 광증폭기능, 저잡음 광증폭기능 외에 전원 ON/OFF기능, 각종 보호기능 및 원격측정을 모니터링하는 기능, 무 입력(LOI: Loss of Input)을 검출하는 기능 등을 가지고 있다. 본고 집필중인 2018년 12월초에서는 HICALI의 위성탑재기기의 개발은 2021년도의 ETS-IX 발사를 향해 상세설계에서 기기제작의 단계로 이행하고 있다.

## 3. HICALI에서 예정하고 있는 광통신 실험

그림3에 HICALI를 사용한 ETS-IX와 지상과의 광통신 실험의 개념도를 나타냈

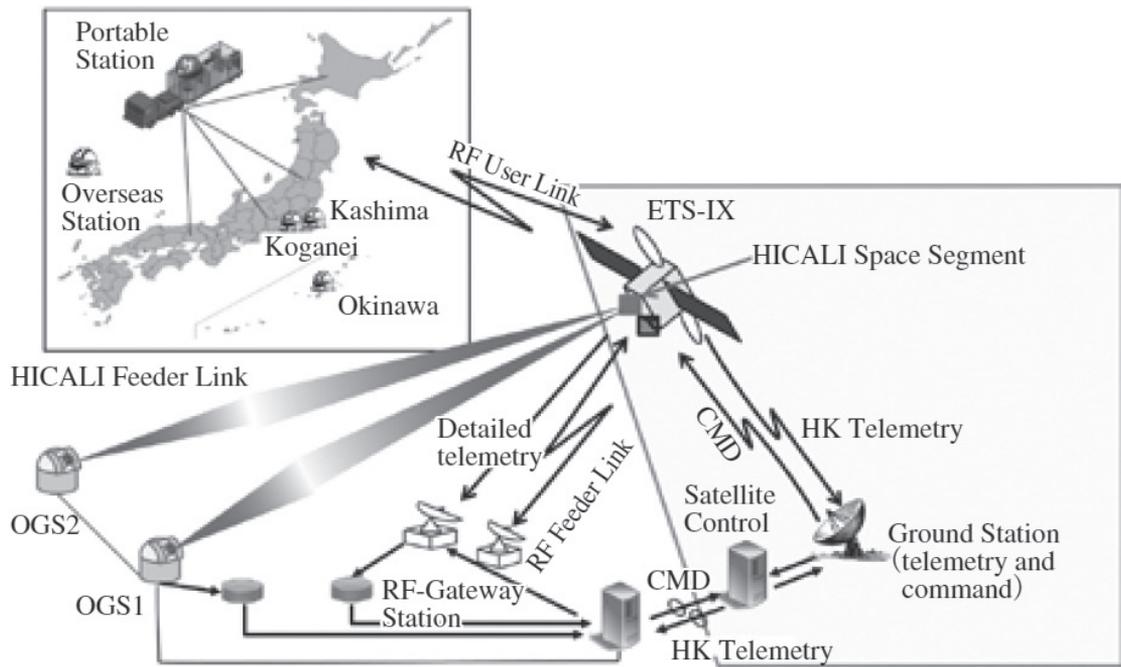


그림3: HICALI를 사용한 ETS-9~지상 간의 광 위성 통신 실험의 개념도

다. ETS-IX에 대한 광미션에서는 최대 10 Gbps의 세계최고레벨의 광통신 속도를 실현하고, 게다가 절박해지고 있는 전파의 대역 자원을 최대한 확보하는 것을 목적으로 하고 있다. HICALI를 사용한 정지궤도~지상 간의 광통신 실험에서는 이하의 항목을 예정하고 있다. (1) 궤도상에서 대용량 광통신 디바이스의 기본기능 동작을 확인한다, (2) 위아래 모두에 전송속도 10 Gbps의 초고속 광통신기능을 확인한다, (3) 레이저광의 전파데이터(강도변동 등)를 취득함과 동시에 대기 요란에 의한 통신품질의 열화를 저감하기 위한 다종다양한 통신방식을 기술실증 할 수 있도록 회선품질, 부호화·interleaver의 기능·성능을 확인한다, (4) 기상조건에 따라 날씨가 좋은 국으로 전환해서 통신하는 Site diversity 실험을 행한다, (5) 적응광학(AC: Adaptive Optics) 시스템 등의 광 지상국(Optical Ground Station: OGS)에 대한 새로운 기술 시험을 행한다. 광통신 실험은 우선 대기요란과 배경광의 조건이 좋은 밤 시간대에 쌍방향에서 10 Gbps의 통신실험을 행하고 이어서 양자의 영향이 큰 낮에서의 통신실험을 행하는 것을 계획하고 있다.

#### 4. 지상시스템

HICALI를 사용한 초고속의 광 위성 통신을 실현하기 위한 광 지상국 시스템은 우선은 기존의 NICT 코가네이 본부 카시마 우주기술센터(아바라키현 카시마시), 오키나와 전자파기술센터(오키나와현 온나손)에 있는 3대의 구경 1m의 반사망원경(그림4)에 더해, 코가네이 본부에 있는 구경 1.5m의 반사망원경을 활용하는 계획이다. 그리고 차량탑재 가능한 사이즈에서 날씨가 좋은 지점으로 이동해서 통신을 행하도록 가변형의 광 지상국의 검토~개발도 착수하고 있다.

정지위성과 광 지상국 간의 광 위성 통신에는 (a) 대기 요란의 영향을 강하게 받는다, (b) 광행차가 존재한다, (c) 지상에서 본 위성의 방향에 두꺼운 구름이 있으면 통신 광이 차단되어 통신을 할 수 없다는 세 가지 큰 과제가 있다. 대기 요란에 대해서는 천문관측 분야에서는 별 이미지의 요란을 삭-하트만 센서 등의 파면센서로 관측하고, 가변거울을 미세하게 하는 한편 고속

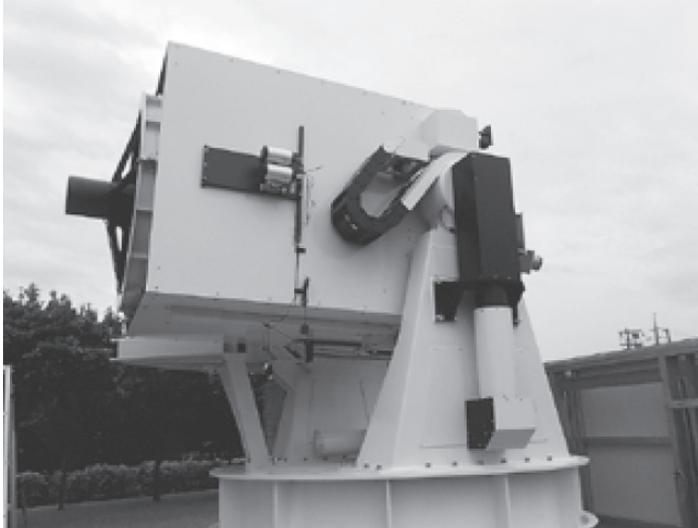


그림4: NICT 오키나와 전자파 기술 센터에 설치되는 광 위성 통신용 광 지상국 (구경 1 m)

으로 변형시켜 대상으로 되는 천체 이미지 찌그러짐을 보정하는 적응광학(AO)의 기술이 보급되고 있다. 이 외에도 광 위성 통신의 경우는 대상으로 되는 위성이 지구국에 대해서 동작하고 있는 것에 의해 생기는 광행차를 보정할 필요가 있기 때문에 천문용의 AO시스템은 그대로 사용할 수 없다. 또 천문용으로서는 우주에서의 광에 대한 요란의 영향을 보상하면 되는 것에 비해, 쌍방향의 광 위성 통신의 경우, 지상에서 위성을 향해 조사하는 업 링크의 광에 대해서도 대기요란의 영향을 경감할 필요가 있다. 지상국에서 나오는 곳에서 “요란”을 받는다는 의미에서는 이 업 링크 쪽이 오히려 영향

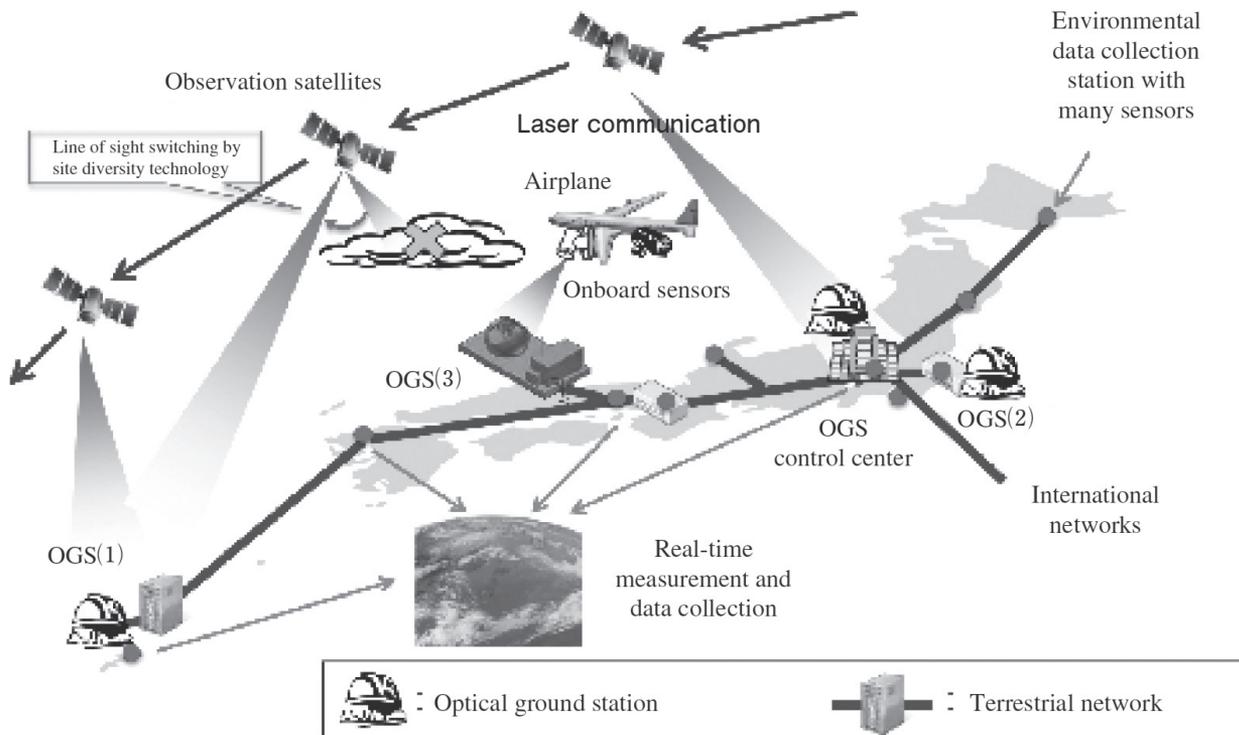


그림5: site diversity의 개념도

이 크다고 할 수 있다. 현재 전파로가 다른 파면을 추정하는 것에서 업 링크와 다운 링크 양쪽의 파면보상을 행하는 방식을 검토하고 있다. 또 다른 문제점인 구름의 영향을 회피하기 위해서는 NICT에서는 전천카메라, 운성계 등으로 이루어진 환경데이터 계측장치를 일본전국의 10개소에 배치하고, 그곳에서 얻어진 데이터를 인터넷 경유로 수집·해석해서 어느 지역이 맑아 광통신이 가능한지 여부를 예측하고, 맑은 지역에 있는 지상국을 목표로 하는 혹은 맑은 지역에 기반국을 이동시켜, 광 위성 통신을 행한다는 site diversity 기술의 실증을 겨냥하고 있다(그림5)<sup>9)</sup>.

## 5. 결론

HICALI를 사용해서 실증을 겨냥하고 있는 광 피더 링크에 대해서는 향후 통신의 대용량화에 동반해 대역이 팍박 하고 있는 전파에서의 피더 링크로 대체할 가능성이 있는 기술이라고 생각된다. 그러나 광 피더 링크를 끊임 없이 사용하도록 하기 위해서는 전술의 site diversity 기술의 확립과 각지의 광 지상국의 협력과 국간의 데이터 전송 등 극복해야하는 과제도 많다. 현재, 각국의 우주기관 간의 표준화 활동을 행하는 우주데이터시스템 자문위원회(CCSDS: The Consultative Committee for Space Data Systems)에서는 위성 내, 위성~광 지상국 간 및 심우주~광 지상국에서의 우주데이터의 통신·교환의 표준적 방식의 논의가 진행되고 있다<sup>9)</sup>. 이 위원회에서는 사용하는 레이저의 파장, 통신방식, 부호화기술 등에 대해서 논의가 진행되고 있다. HICALI의 개발에서는 개발한 시스템을 넓게 보급시키는 것을 염두로 가능한 표준적인 기술을 채용함과 동시에 표준화의 논의로의 제언도 진행해가는 것을 계획하고 있다.

## 참고문헌

- 1) K. Araki, Y. Arimoto, M. Shikatani, M. Toyoda, M. Toyoshima, T. Takahashi, T. Fukazawa, H. Okazawa and T. Aruga, "ETS-V/LCE laser communications experiment," 20th ISTS, 96-h- 11, May (1996).
- 2) M. Toyoshima, T. Takahashi, K. Suzuki, S. Kimura, K. Takizawa, T. Kuri, W. Klaus, M. Toyoda, H. Kunimori, T. Jono, Y. Takayama, and K. Arai, "Results from Phase-1, Phase-2 and Phase-3 Kirari Optical Communication Demonstration Experiments with the NICT optical ground station (KODEN)," 24th International Communications Satellite Systems Conference of AIAA, AIAA- 2007-3228, Korea, April 13 (2007).
- 3) 竹中秀樹, 秋岡眞樹, 小山義貞, 小型光トランスポンダ (SOTA) を用いた画像伝送実験, 信学技報 115(180), 7-9, 2015-08-17, (2015).
- 4) H. Takenaka, A. Carrasco-Casado, M. Fujiwara, M. Kitamura, M. Sasaki, and M. Toyoshima, "Satellite-to-ground quantum-limited communication using a 50-kg-class micro-satellite", Nature Photonics 11, 502-508, doi:10.1038/nphoton.2017.107, (2017).
- 5) A. Miura, T. Takahashi, E. Morikawa, N. Yoshimura, T. Kubo-oka, H. Tsuji, and M. Toyoshima, Activity of R&D and In-Orbit Verification by Engineering Test Satellite 9 on Communications Technology of Next Generation HTS, 信学技報, vol. 118, no. 237, SAT2018-56, pp. 93-97, (2018).
- 6) 衛星搭載光通信用デバイスの国産化及び信頼性確保に関する研究開発, 研究計画書及び成果概要書, [http://www.nict.go.jp/collabo/mission/k\\_186.html](http://www.nict.go.jp/collabo/mission/k_186.html), (2018).
- 7) 布施哲治, "光通信における大気揺らぎへのアプローチに関する研究", 第61 回宇宙科学技術 連合講演会収録, 3D12, (2017).
- 8) 鈴木健治, 久保岡俊宏, 布施哲治, 國森裕生, 山本伸一, 豊嶋守生, 衛星-地上局間光空間通信のための実環境データ情報収集システム, 信学技報 113(436), 1-4, 2014-02-20, (2014).
- 9) Consultative Committee for Space Data Systems, <http://public.ccsds.org/>