

SKA デジタルバックエンド

河野 裕介 (国立天文台)、SKA-JP EWG (Engineering Working Group)

はじめに

Square Kilometer Array (SKA) は周波数 100MHz から 25GHz、アンテナ 2000–3000 台からなる巨大な電波干渉計である。宇宙の生命史に絡む複雑な分子輝線を探査することから、惑星系の探査、銀河進化と宇宙の構造形成、重力場での相対性理論を検証、ダークエネルギーの解明など、天文学の諸問題が解決できると期待されている [1]。本計画は国際協力のもとで進められており、日本の電波天文コミュニティは SKA-JP を構成し KSP (Key Science Program) とされる科学的課題を含めて様々な議論を行っている。さらに SKA-JP は EWG (Engineering Working Group) を構成し、SKA への参加をにらんだ技術的視点からの議論を開始している。

EWG では SKA-Phase1 (SKA1) で定められた仕様・技術課題等について整理し、国内の産業界を含めた日本の参加について検討を行っている。日本の参加の分野として期待されるものに、デジタル系装置開発が考えられる。SKA は WPC (Work Package Consortium) コンソーシアム単位で技術検討が進められており、デジタル系として SaDT (Signal and Data Transport) や CSP (Central Signal Processor) などの WPC が挙げられそれぞれ検討が進められている。

SaDT

SaDT は、アンテナから CSP まで、CSP から SDP (Signal Data Processing)、SDP からユーザーまでの 3 つのデータ伝送回線と、基準信号の伝送などから構成される。

アンテナからの伝送は、SKA-MID は各アンテナあたり 100Gbps、SKA-LOW では各ステーションあたり 20Gbps をサポートする必要がある [2]。アンテナからのネットワークは DDBH (Digital Data Backhaul) といわれ、図 1 で示されるような構成となる。CSP に集約されるデータと、SDP へ伝送されるデータは 10Tbps 弱程度となる [3]。このデータ伝送は汎用ネットワーク装置導入が考えられるが汎用技術の導入は消費電力が大きくなる問題がある。一方近年インターネットトラフィックの増加により、ネットワーク装置、特にルーターの低消費電力化が国内外で問題となっており、低消費電力デバイスの活発な開発が行われている。中でも IP パケットングを行わない低消費電力フォトニクススイッチ技術などは SKA へ日本が貢献できる技術テーマの一つであると考えられている [4, 5]。

CSP から SDP への伝送も汎用のデータ伝送技術が導入できる。一部さらなる低消費電力化のため WSS (Wavelength Selectable Switch) の導入なども検討されている [3, 6]。

SDP 以降の回線は、国際長距離回線が中心となるため、学術研究回線などの利用が検討されている。

基準信号は、複数の水素メーザ原子時計アンサンブルで生成された基準信号を光ファイバで伝送する。光ファイバは埋設や、空中架線によって伝送される。伝送遅延変動はラウンドトリップ方式を用いて補償される。

CSP

CSP は主に相関処理/ビームフォーマといわれるイメージング機能と、パルサータイミング、パルサーサ

一機の NIP (Non Imaging Processor) の機能をもつ [7]。MID と LOW でそれぞれのサイトに専用の CSP が導入される。CSP-WPC では Preliminary proposal and down select process が行われ、MID は複数の FPGA をベースに、LOW は FPGA ベースの基本設計に加えてソフトウェア実装検討も進められている。相関処理 / ビームフォーマの演算負荷は LOW, MID とともに F 部に比べて X 部が支配的である。さらに SKA2 は SKA1 に比べて約 10 倍の局数となり演算負荷は 100 倍となる。さらに数 1000 のビームを生成する PAF (Phase Array Feed) が導入されるとさらに演算処理が必要となる。この X 部の高速化は ASIC の導入や、大規模な並列化が開発のカギとなる。

並列化システムの SKA での実現で重要となってくるのが、インターコネク特処理の低消費電力化である。すでに光通信、電気通信等多数の方式が存在するが電力消費が大きい。そこで超低消費電力の光トランシーバをはじめとしたシリコンフォトニクス技術 [8] の SKA への導入が期待される。SKA-JP の EWG ではこれらの技術導入検討を開始している。

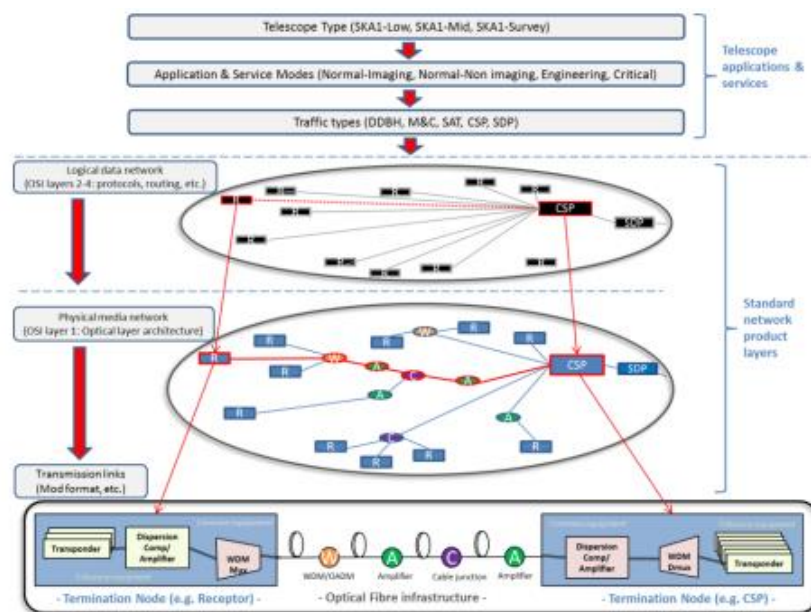


図 1 SKA1 / SaDT / DDBH ネットワークヒエラルキー [3]

[1] Japan SKA Consortium, <http://ska-jp.org/>

[2] Grainge, "SaDT Update", SKA Engineering Meeting, 2015

[3] R.Schilizzi for SAdT consortium, "SKA-SAdT-Technical Development Plan", 2013

[4] Alecsik, "Analysis of power consumption in future high-capacity network nodes", VOL. 1, NO. 3. J. OPT. COMMUN. NETW. 2009

[5] Yamanaka et al., "Next Generation Green Metro/Access Network Architecture using Time-slot-based Optical Aggregation Network for Multi-service Access", Cyber Journals Vol. JSAT Vol. 3, No. 2, pp. 7-12, 2013

[6] 長谷川他, "大容量フォトニックネットワークのアーキテクチャ", 信学技報, 2013

[7] SKA CSP Proposal, Technical Description Summary

https://www.skatelescope.org/wp-content/uploads/2013/09/CSP_Technical_Description.pdf

[8] 田中他, "CPU パッケージに搭載可能な Tbps 級シリコンフォトニクス光送信機技術", FUJITSU, 64, 5, pp586-593, 09, 2013