

## SKA-JP Industry Forum による

### 電波望遠鏡ハードウェアの検討 (活動報告)

熊沢寿樹

株式会社 東陽テクニカ

Toshiki Kumazawa (Toyo Corporation)

#### 要旨

天文的な大型国際プロジェクトである SKA (Square Kilometer Array) は 2000-3000 台の 15m 級パラボラアンテナから構成される壮大なプロジェクトであり、日本が得意とするエンジニアリングを遺憾なく発揮し、SKA へ貢献することができる。天文産業に携わる有志企業が SKA Japan コンソーシアムと連携し SKA-Mid / High バンドでの広帯域システムを検討し、その中間報告をする。

#### 1. はじめに

SKA Japan コンソーシアムと連携し、日本が貢献できる SKA ワークパッケージを検討している。日本の産業は高品質でコストを意識した大量生産を実現できる技術力を有し、多岐にわたる最先端の技術開発と製造技術を備えているので、SKA プロジェクトへ大きく貢献できる。特に、SKA Japan Industry Consortium では SKA-Mid バンドである 0.5~10GHz、または手付かずの SKA-High バンドである~20GHz での Dish Array に搭載するいくつかのサブシステムについて開発を進めている。

現在、SKA Japan Industry Consortium として 9 社が参加し、幹事企業 4 社によって月 1 回程度の議論や実験を行っている。活動については国内外でのワークショップで口頭発表やポスター展示にて報告している。ここでは、15m 級パラボラアンテナへ搭載可能な超広帯域受信システムについて述べる。

#### 2. 提案する超広帯域受信システム

SKA-Mid バンドや SKA-High バンドで提案可能な超広帯域受信システムを図1に示す。図1には、SKA Japan Industry Consortium で議論中のサブパートを示す。我々は「超広帯域」をキーワードにシンプルでコンパクトなサブシステムを議論している。我々が検討するパートは、放射器からデジタルデータの保存や転送まですべてのコンポーネントである。目指す超広帯域受信システムのコンセプトは、

- § 超広帯域化 : 1~15GHz
- § 高性能受信機 : 冷却可能で低消費電力
- § RF ダイレクトサンプリング方式
  - アナログ周波数入力 ; ~50GHz
  - サンプリング周波数 ; ~20GHz
- § 低消費電力と低コスト : 一体化

である。

代表的な開発として超高速 AD コンバータを用いた RF ダイレクトサンプリングと低雑音・低消費電力を考慮した受信機がある。

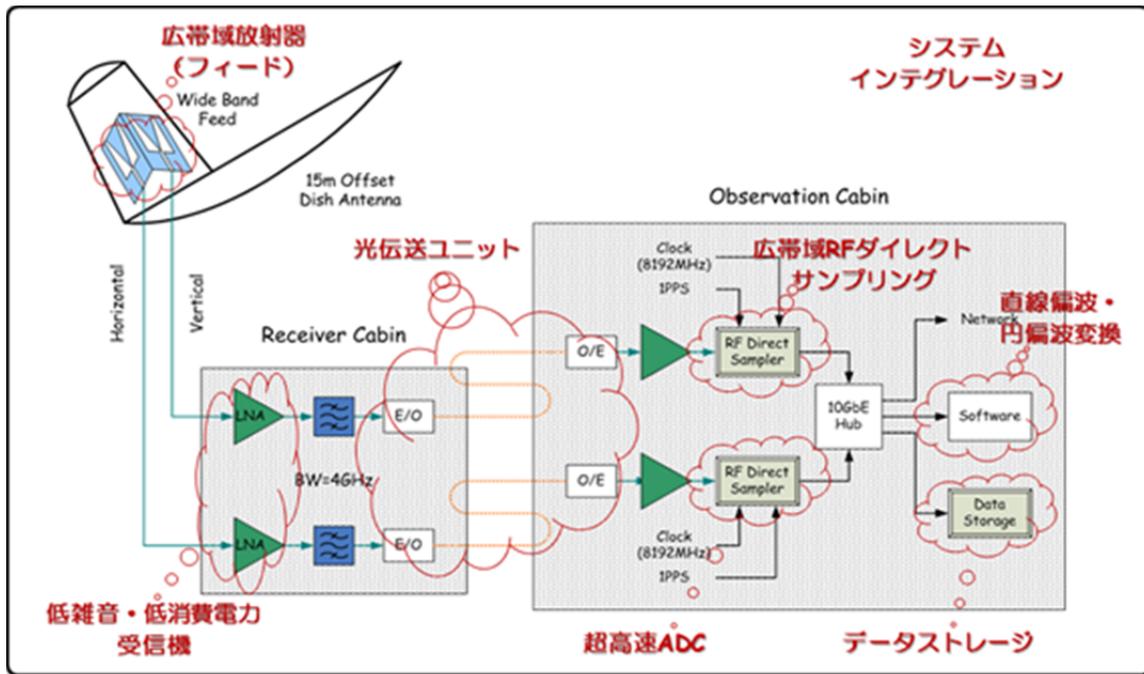


図 1 広帯域受信システムの概略

### 3. 検討・開発サブシステム

RF ダイレクトサンプラはダウンコンバータを利用することなく RF 信号をサンプリングする装置であり、SKA デジタルバックエンドでのキーコンポーネントとして提案可能だ。そして、入力周波数範囲を広帯域化することで、連続的なシームレスなデータをサンプリングすることが可能となる。すでに SKA-Mid バンドで適用できる RF ダイレクトサンプラが開発されている。超広帯域 AD コンバータの更なる改良を進め、アナログ周波数入力を 50GHz、サンプリング周波数を 20GHz までの RF ダイレクトサンプリングの検討が進められている。この開発が達成されることで SKA-High バンドでの利用も可能となり、さらには、40GHz 帯での電波天文観測でも RF ダイレクトサンプラの利用が可能となる。現在までに 10GHz までの RF 入力信号を 8Gsps-3bit でサンプリングすることが可能である。言い換えると、4GHz 帯域幅でのサンプリングが可能となる。

RF ダイレクトサンプラのメリットは広帯域信号の処理だけではない。ダウンコンバータを利用しないためアナログ回路を排除でき、バックエンドの構成が簡略化できる。そのために受信システム全体の運用の柔軟性が向上する。

2つの電波望遠鏡にそれぞれに RF ダイレクトサンプリング方式を適用して X-band での観測を行った。利用した RF ダイレクトサンプラの最大入力周波数は 10GHz で、2局共に X-band の信号をダイレクトサンプリングした。そして、8192MHz でのフリッジ結果を得ることができた。また、最大帯域は 4GHz のため、512MHz の帯域幅で複数のバンドによるフリッジ結果を得ることもできた。

低雑音で消費電力を考慮した受信機では、従来の GaAs HEMT 素子から InP HEMT 素子に変えて検討を進める。InP MEMT のメリットは低消費電力と低雑音温度であり、広帯域化と冷却化とあわせて検討が進められる。応用の実験として 40GHz 帯での InP HEMT 素子による LNA MMIC の試作を行った。30K の冷却時に雑音温度 25K @43GHz、消費電力 2.5mW @利得 14dB を達成した。そして、

消費電力で考えると GaAs HEMT 素子に比べ約 1/5 の消費電力を達成した。

広帯域放射器と、広帯域放射器と低雑音受信機を一体化した放射器の試作を行い評価した。広帯域放射器は電磁界解析と測定結果が一致した。

これらの活動は SKA Industry Group に報告するとともに SKA Work Package Consortia への参加を検討する。SKA Japan との連携を強め、サイエンスとエンジニアリングの両面より SKA へアピールすることが大切である。

#### 4. まとめ

広帯域 RF ダイレクトサンプリングはこれからの電波望遠鏡では不可欠で、より高い周波数でサンプリングできる技術が必要であることがわかった。また、2000~3000 台の望遠鏡が必要なため、消費電力とコストを意識した開発と改良が必要である。ダイレクトサンプリング方式は、図 2 のとおり受信システム全体でサブパーツの数量が減少する。特にアナログ的な、周波数変換装置、局部発信機、および周波数変換にかかわる周辺機器が不要となり、受信システム全体での消費電力とコストの削減に貢献ができる。

また、アナログ回路が受信機と RF ダイレクトサンプリングの入力部のみとなるため、温度依存性の高いアナログ部品が排除され安定性の向上につながる。アナログ回路に変わりデジタル回路が多くなったため、データ処理や機器制御におけるネットワークの親和性が向上する。

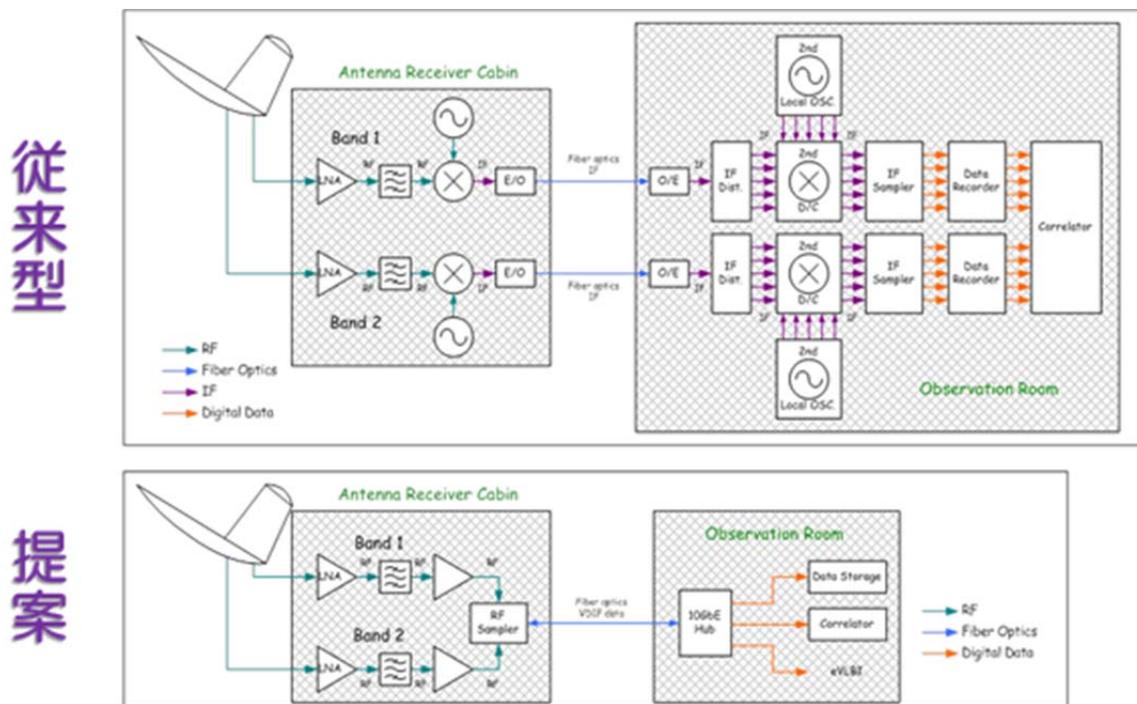


図 2 従来の電波望遠鏡(図上)とRF ダイレクトサンプリングによる電波望遠鏡(図下)の比較