

宇宙観測のための高度な電波天文システム

はじめに：

宇宙論的スケールの全体構造と宇宙の進化において、基本的な要素は銀河、星、ガス、塵、暗黒物質の集まりです。銀河は、多くの次元で有限数の形態（楕円銀河、渦巻銀河、不規則銀河）を示します。平均的な含有量が 1,000 億個の星で、総質量が太陽の 1 兆倍に達する銀河は、宇宙の大規模な構造を構築するための基本的な構成要素を表しています。

特に過去 30 年間で大きな進歩があったにもかかわらず、さまざまな側面がまだ明確な物理的理解を欠いています。近年の観測で、最近ではより深い疑問が生じています。

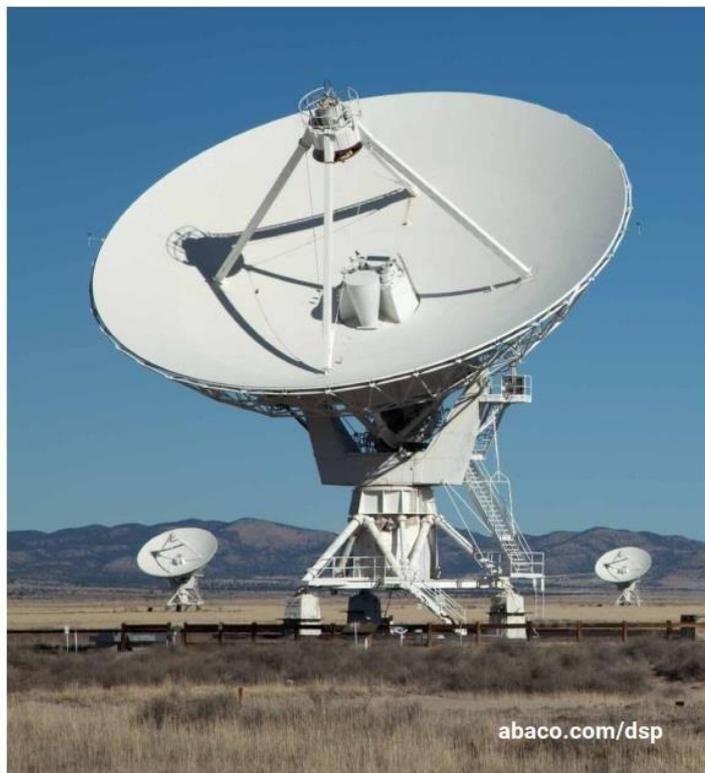
これらの疑問は、天体物理学者の想像力と努力を新しいフロンティアと現代の天体物理学研究に向けて押し進められています。実際、私たちは

事実上すべての観測を説明できる「標準的な宇宙論モデル」を初めて持つという幸運な立場にいることに気づきました。今日、数え切れないほどの光年のスケールまで再構築された銀河の大規模な分布を超えて、宇宙マイクロ波背景放射と高赤方偏移超新星の光度のより正確な観測が含まれています。イタリアの天体物理学研究は、過去 15 年間にこの分野で主導的な役割を果たし、基本的な成果を達成し、非常に有望な新しい大規模実験を推進してきました。

チャレンジ：

イタリアの主要な国立天体物理学研究所は、銀河と宇宙論、太陽と太陽のシステム、宇宙観測のための高度な計測技術などの研究活動に非常に積極的に取り組んでいます。特に、彼らは数年前にいくつかの電波望遠鏡を開発しました。その中には、処理能力において重要な役割を果たす高度な電子デジタルプラットフォームが含まれています。

アンテナによって収集され適切に調整された後、取得した信号を



デジタル形式に変換して信号処理し、後の研究に便利な形式でデータを提供する必要があります。受信した放射線の性質に応じて、さまざまなバックエンドにより、時間、周波数、および最終的な偏光状態の関数として受信電力を測定できます。

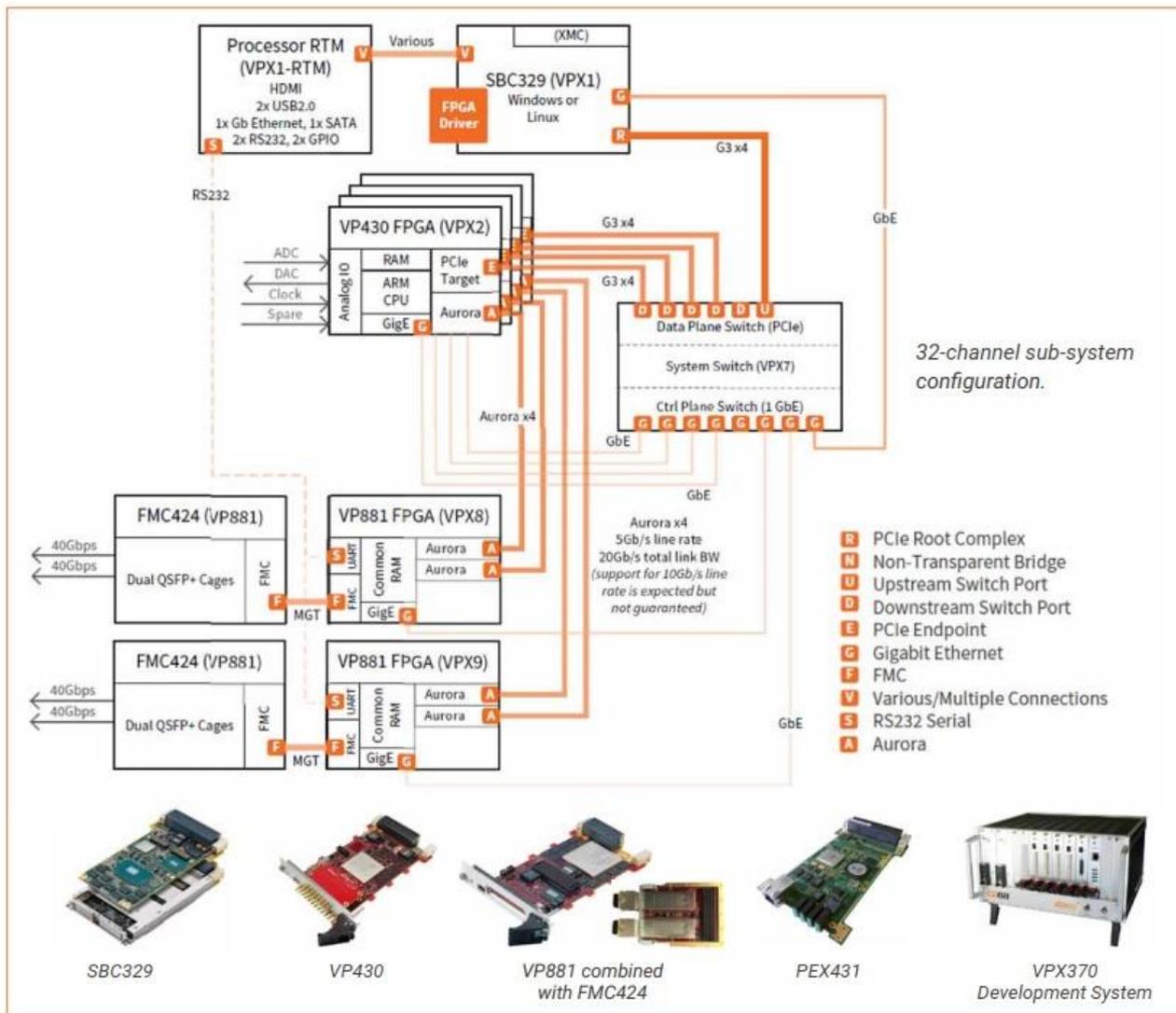
宇宙観測のための新しい要求の厳しいアプリケーションは、増加する帯域幅と処理能力を必要とします。この要件は、電波望遠鏡の受信機と DSP（デジタル信号処理）システム部分を追加することで満たすことができます。

より高い帯域幅と増加した無線信号チャンネル数をサポートすることで、対応するバックエンドはこれらの受信機を効率的にサポートできます。これらの受信機は、信号をより多くの同時チャンネルに分割する必要があります。

ソリューション：

革新的なバックエンドは、電波天文学データの高度な取得および処理システムに基づいており、さまざまな空の位置やさまざまなスペクトル領域を表すそれぞれ 2GHz の複数の帯域幅に分割された信号を供給します。

バックエンドシステムは、処理されたデータが高性能コンピューティングシステムに送信される前に、最大 2GHz の帯域幅で最大 64ch の無線信号を同時に分析する必要があります。Abaco 社の 3U VPX ボードを備えた VPX370 開発システムは、そのスケーラビリティにより拡張のための簡単なパスを備えた 64 チャンネル構成をサポートします。これは、それぞれ 2 つの 32 チャンネルサブシステムに基づき、モジュール式で柔軟性があり、スケーラブルなシステムアーキテクチャです。各サブシステムは、SBC329（シングルボードコンピュータ）、4 つの VP430（RF 信号処理システム-RFSoc ボード）、2 つの VP881-FMC424（FPGA および QSFP+ボード）、および PEX431（マルチファブリックスイッチ）を搭載した 3U VXP 19 インチラックマウントシステムで構成されています。



パフォーマンス :

SBC329 シングルボードコンピュータ (SBC) は、高性能の第 7 世代 Intel Core プロセッサ、高度に統合されたグラフィックス、および最大 4.0GHz のクアドコア処理を備えたメモリコントローラーをすべて 1 つのデバイスに搭載しています。VP430 は、シングルデバイス (Xilinx ZU27DR) で 4GSPS の 8ch ADC、6.4GSPS の 8ch DAC、ユーザープログラム可能な FPGA ファブリック、およびマルチコア Zynq ARM 処理サブシステムを備えた RFSoc ボードです。VP881 は、Xilinx UltraScale および Zynq UltraScale+テクノロジーを搭載した高性能 FPGA プロセッシングおよび FMC キャリアボードであり、それぞれ FMC424 デュアル QSFP+ 40Gbps と組み合わせられています。PEX431 マルチファブリックスイッチと XMC キャリアカードにより、設計者は複雑な VPX システムを構築できます。32 チャンネルのサブシステムは、高度なデジタル電子プラットフォームバックエンドシステム全体の主要な構成要素です。スケーラブルな設計は、より複雑な科学アプリケーションをさらにサポートするために、アーキテクチャの複雑さを簡単に高めるための重要な機能です。

まとめ：

顧客は、イタリアで最大（直径 64 m）の電波望遠鏡の改修をすることに同意しました。これは、300MHz～116GHz の周波数範囲で動作するように設計された、汎用の完全に操縦可能な電波望遠鏡であり、さまざまな科学研究を実行できます。高度な電子デジタルプラットフォーム、特に FPGA をベースにしたプラットフォームは、処理能力と再構成可能性の両方で重要な役割を果たします。

バックエンドシステムの改造は、そのスケーラブルな構成の本質的な性質により簡単に拡張でき、無線信号チャネルの数が 2 倍以上のシステムは、技術的作業により合理的に実現できます。

イタリアの主要な国立天体物理学研究所は、世界的な天文学信号処理コミュニティ（CASPER）からも任命され、Abaco 社のソリューションで構築されたバックエンドシステムを対象とした天文学アプリケーション用のソフトウェアプラットフォームを設計しています。天文学コミュニティは現在、これまでに製造された中で最も大きく、最も先進的な望遠鏡のいくつかを含む、世界中のかなりの数の電波天文学機器に力を注いでいます。



Abaco Systems 社について

Abaco Systems 社は、30 年以上前の英国 Plessey Microsystems 社がルーツとなる企業です。Plessey 社は ICS 社と Octec 社を買収して Radstone 社となりました。2006 年に Radstone 社は、SBS 社、VMIC 社、Condor 社などの組み込みコンピューティング企業を買収した GE Fanuc Embedded Systems 社に買収されました。2015 年に Embedded Computing 部門が Veritas Capital 社に買収され、Abaco Systems 社が誕生しました。更に Abaco Systems 社は 4DSP 社を買収し、FPGA ボードや AD/DA FMC モジュールのラインナップを拡充して組み込みシステムビジネスのリーダーとしてマーケットを牽引しています。Abaco Systems 社の詳細については、www.abaco.com を参照してください。