

R007-07

C会場：11/25 PM2 (15:30-18:15)

17:00~17:15

次世代太陽風観測装置用デジタルマルチビームフォーマの開発

#竹原 大智¹⁾, 岩井 一正¹⁾, 藤木 謙一¹⁾

¹⁾ 名古屋大学 宇宙地球環境研究所

Development of a digital multi-beamformer for a next-generation solar wind observation system

#Daichi TAKEHARA¹⁾, Kazumasa IWA¹⁾, Ken'ichi FUJIKI¹⁾

¹⁾Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

Interplanetary scintillation (IPS) is a radio scattering phenomenon generated by the disturbances in the solar wind. Institute for Space – Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University has detected disturbances of the solar wind efficiently by using IPS observation system composed of 3 cylindrical parabolic antennas at 327 MHz. ISEE has been developing a next generation solar wind observation system (ngSW) which can generate approximately 10 times more solar wind speed data compared to the conventional observation systems. The ngSW is composed of 2D flat phased-array system, and installing digital multi beam forming devices which has 4 beam and 8 beam mode. This digital device has 1,024 analog inputs, and digitize input signals with 12 bits. As a phase-1 project, a 64 channel digital backend (64 ch system), which is part of this system, has already been developed.

In this study evaluation tests of the 64 ch system were executed in the laboratory. We used a white noise with 10 MHz bandwidth as a test signal. In this evaluation tests, the dynamic range, the digital filter characteristics, the grating lobes by numerically changing the antenna configuration and spacing, and the Allan variance were measured. The results show that dynamic range is about 60 dB. This is about 83% of the theoretical value of 12 bit ADC which is 72 dB. On the software side, grating lobes were reconstructed as expected, and this mean that the program for beamforming implemented on the FPGA works appropriately. In the test of the digital filter, the results show that the side lobe level of the 8 beam approximately 20 dB higher than that of the 4 beam mode. In the Allan Variance measurement, different behaviors were observed in each beam mode. The duration of the Allan variance for white noise in the 8 beam was approximately 448 seconds, whereas in the 4 beam it was approximately 110 seconds.

We found several issues to be overcome such as the instability of the AD conversion module and connection between digital device and control PC. There is a large variation in the packet drop rate. To ensure stable operation of the ngSW, it would be suggested that the operational maintainability is dramatically improved by implementing an AI that detects internal abnormalities from the output data.

惑星間空間シンチレーション (IPS) は、太陽風の擾乱によって発生する電波散乱現象である。名古屋大学宇宙地球環境研究所 (ISEE) では、3 局のシリンドリカルパラボラアンテナから構成される IPS 観測システムを用いて、327MHz 帯で太陽風の擾乱を効率よく検出してきた。ISEE では、従来の観測システムに比べて約 10 倍の太陽風速データを取得できる次世代太陽風観測システム (ngSW) の開発を進めている。ngSW はマルチビームシステムを搭載し、4 ビームと 8 ビームが選択可能な 2 次元デジタルフェイズドアレイである。このデジタル装置は 1024 個のアナログ入力を持ち、入力信号を 12 ビットでデジタル化する。Phase-1 プロジェクトとして、本システムを構成する 64 チャンネルデジタルバックエンド (64ch 系) を開発済みである。

本研究では、段階的に拡張可能な大規模フェイズドアレイを実現するための要素技術を獲得することと、64ch 系の評価試験の結果を基に量産に向けた改良を行うため、疑似信号として白色雑音を用いて、実験室にて 64ch 系の評価試験を行った。評価試験では、ダイナミックレンジ測定、デジタルフィルタの性能測定、アンテナの配置と間隔を数値的に変更してのグレーティングローブ測定、アラン分散測定を行った。評価試験の結果から、ダイナミックレンジは 12bit の ADC の理論値 72dB の 83% に当たる 60dB 以上あることが分かった。ソフト面では、想定通りのグレーティングローブが確認され、実装したプログラムに不具合がないことが確認された。デジタルフィルタの性能は 8 ビームモードの方が 4 ビームモードに比べ、サイドローブレベルが約 20dB 高いことが分かった。8 ビームモードのアラン分散は時間スケールが約 450 秒で最小となったのに対し、4 ビームモードでは約 110 秒で最小となった。

課題として、AD 変換を行うモジュールの動作不安定性や制御用 PC との接続不安定性、パケット損失の発生率に大きなばらつきがあることも判明した。システムを安定して動作させるために、出力されたデータから内部の異常を検出する AI を実装することで運用保守性を劇的に改善することを検討している。