

投稿番号：03553

同一ビーム内の複数静止衛星の VLBI 観測について（その 2） VLBI observation of multi-geostationary satellites in a same antenna beam II

近藤 哲朗^{1*}; 市江 泰英²; 佐藤 英治²
KONDO, Tetsuro^{1*}; ICHIE, Yasuhide²; SATO, Eiji²

¹ 情報通信研究機構, ² スカパー JSAT 株式会社

¹National Institute of Information and Communications Technology, ²SKY Perfect JSAT Corporation

1. はじめに

VLBI による静止衛星観測において同一ビーム内に複数の静止衛星が入った場合、今までの処理システムでは個々の衛星を分離することができなかった。そこで、こうした場合においても個々の衛星ごとの遅延データが得られるよう相関処理ソフトウェアおよび遅延決定ソフトウェアを改修した。室内実験および実観測データを用いて改修結果の検証を行い期待通りの結果が得られることを確認した。

2. ソフトウェアの改修

NICT 開発のソフトウェア相関器 (K5 相関処理ソフトウェア) は測地 VLBI システム用に開発されたソフトウェア相関器であり、測地 VLBI において受信する準星などのような白色雑音電波の処理を前提としたものであり、静止衛星からの電波のような複数の狭帯域信号を受信した場合には広帯域白色雑音信号を受信した場合の相関関数とは異なる性質を有した相関関数となる。遅延時間を決定する際の「遅延分解関数」と呼ばれる関数は櫛の歯状となり、単一の静止衛星の場合は得られる遅延は測地 VLBI におけるいわゆる「バンド幅合成」の場合と同様なアンビギュイティを伴った遅延となる。複数の静止衛星からの信号を受信した場合は遅延分解関数は複数の衛星に対する関数が合成されたものとなり分離が不可能である。しかしながら、衛星ごとに信号の周波数が異なっていれば相関処理時または遅延分解関数計算時にフィルタリングにより単一の静止衛星からの信号だけを抜き出すことにより衛星ごとに分離することが可能となる。そこで相関処理ソフトウェアおよび遅延決定ソフトウェアにフィルタリング処理機能を実装し、更に遅延決定ソフトウェアには櫛の歯状となった遅延分解関数の包絡線補間による遅延決定機能も実装した。

相関処理時のフィルタリングの実装法として時系列上でのフィルタリングと周波数領域でのフィルタリングの 2 種が可能である。ここでは実装が容易で簡単に特性を変更できる周波数領域でのフィルタリングを採用した。遅延決定ソフトウェアにおけるフィルタリングも周波数領域において行なっている。

3. 機能の検証

改修されたソフトウェアが期待通りの機能を有しているかどうかの検証を行うために室内実験データおよび実観測データを使用して処理を行なった。室内実験は 4 台の信号発生器 (SG) を 2 台ずつペアで用いて 2 つの静止衛星 (それぞれから 2 周波数で送信) を模した。SG 4 台からの信号を混合してサンプラーの 4ch 入力の内 2 つのチャンネルに入力するがそれぞれのチャンネル間のケーブル長を 2 つの静止衛星を模した SG ペアの間で差を持たすことにより衛星間の遅延を与えた。こうして得られたサンプリングデータを相関処理時にフィルタリング処理を行う方法と遅延決定時にフィルタリング処理を行う方法で処理した。その結果どちらの方法でもケーブル長差から期待される衛星ごとの遅延が求められた。実観測データにも適用した結果良好な結果が得られることが確認された。更に実データを用いて包絡線補間法による遅延決定結果と補間なしの場合とを比較した。その結果、両者の差に数 100nsec におよぶ日変動が見られたが、補間なしとありの場合でどちらの方法が良いのかを評価するためには実際に軌道決定まで行う必要がある。

4. まとめ

複数の静止衛星からの信号が受信されたデータからそれぞれの衛星ごとの遅延を決定するために、相関処理ソフトウェアおよび遅延決定ソフトウェアにフィルタリング機能を実装した。更に遅延決定ソフトウェアには櫛の歯状となった遅延分解関数の包絡線補間から遅延を決定するオプションも実装した。改修したソフトウェアを室内実験および実観測データに適用した結果、期待通りの結果が得られることが確認された。遅延決定ソフトウェアに実装した包絡線補間法に関してはその結果が妥当かどうかは今後の軌道決定成果に委ねられる。

キーワード: ブイエルビーアイ, 静止衛星

Keywords: VLBI, geostationary satellite

VLBI observation of multi-geostationary satellites in a same antenna beam II

KONDO, Tetsuro^{1*} ; ICHIE, Yasuhide² ; SATO, Eiji²

¹National Institute of Information and Communications Technology ; ²SKY Perfect JSAT Corporation

1. Introduction

On a VLBI observation of multiple geostationary satellites received in the same antenna beam, it is unable to separate each satellite independently by using a conventional processing system. In order to get each satellite delay we have improved the correlation software and delay search software to get observed delay. Improved software was evaluated by using laboratory experiment data and true observation data as well. We could confirm that expected results were obtained.

2. Improvement of the software

The software correlator (K5 correlation processing software) was developed for geodetic VLBI system. It is therefore assumed that white noises from a quasar are received and processed. On the other hand multiple narrow band signals are received in case of a geostationary satellite observation. In this case a so-called "delay resolution function" shows a comb-like form unlike the case of white noises. In case of receiving signals from multiple satellites the delay resolution function becomes a combination of functions for multiple satellites, and it is impossible to separate to each delay resolution function. However if frequencies differ among satellites, it becomes possible to get a delay resolution function independently by filtering at either correlation processing or delay search processing. Hence filtering function was implemented in the correlation software and the delay search software. In addition, envelope interpolation function is also implemented in the delay search software for processing a comb-like form delay resolution function.

Two kinds of filtering method are possible for correlation processing; one is filtering on the time domain and the other is on the frequency domain. We have adopted the frequency domain filtering considering from reasons such as ease of both implementation and change of filtering characteristics. It has also been adopted to the delay search software.

3. Evaluations

In order to evaluate the function and performance of revised software, data processing was carried out by using laboratory experiment data and true observation data. A laboratory experiment was carried out using four signal generators (SGs) and a 4-ch sampler as follows. Two pairs of SGs simulate two satellites and signals are mixed each other. They are then fed to two input channels of the sampler through coaxial cables with different lengths. An extra cable is applied between two pairs of SGs to simulate the path difference of satellites. Sampled data are processed by revised software. By using a filtering function, delays for simulated two satellites are successfully separated. Two cases of filtering, one is at correlation processing and the other is at delay search processing, are compared. Observed delays are well-coincided with each other. The comparison was also carried out by using true observation data, and it was confirmed that both results are well-coincided. It is also compared between the two delay search methods; one is a conventional way and the other is an envelope interpolation. Daily variation can be seen in the difference between delays obtained by two methods, and peak-to-peak variation reaches a few hundred nanoseconds. More detailed evaluation should be made through the determination of satellite orbit.

4. Summary

A filtering function was implemented in the correlation software and the delay search software to get delay for each geostationary satellite independently under the condition that multiple satellite signals are received simultaneously. An envelope interpolation function is also implemented in the delay search software for processing delay resolution function when it shows a comb-like form. According to evaluations by using both laboratory experiment data and true observation data, it is confirmed that improved software shows an expected performance. As for more detailed evaluation, it is necessary to carry out the determination of satellite orbit.

Keywords: VLBI, geostationary satellite