

地上デジタル放送波を用いた水蒸気推定とその誤差要因

NICT 地デジ水蒸気研究開発チーム 川村 誠治 [1]
[1] -

Water vapor estimation using digital terrestrial broadcasting waves and its estimation error

Seiji Kawamura NICT DBT water vapor R&D team[1]
[1] -

We, National Institute of Information and Communications Technology (NICT), are developing a water vapor measurement system using digital terrestrial broadcasting wave. Because the delay due to water vapor is quite small, very precise measurements are needed for the effective observations. Phase fluctuations of local oscillators at radio tower and receivers are essential error factors. Therefore, we propose two configurations (A and B) to derive water vapor concentration. In configuration A, we measure the phase variations of digital terrestrial broadcasting waves at the two receiving points on the line that includes the radio tower. Phase noises of the local oscillator at the radio tower are canceled out by taking the difference. We can estimate net propagation delay between the two receiving points by synchronization of the receivers' local oscillators. In configuration B, we observe phase variations of digital terrestrial broadcasting waves at a single receiving site. If there is a reflector at the opposite side from the radio tower, we can receive direct and reflected waves at this point simultaneously using a single local oscillator. Phase noises of this local oscillator are cancelled out by taking the difference between direct and reflected waves. We can measure a round trip propagation delay between the observing point and the reflector without the synchronization of local oscillators. In configuration A, the synchronization of two local oscillators is essential. Two local oscillators connected with an optical fiber can be synchronized vary precisely. We are conducting a proving test in this configuration using an optical fiber and other means. In this presentation, we report a method and results of water vapor measurements without synchronization of the local oscillators (configuration B).

NICT is located at about 29 km westward from the radio tower named Skytree. Three reflectors (R1-R3) are located at about 1 km, 4 km, and 7 km westward from NICT, respectively. The direct wave and reflected waves from the three reflectors can be measured at NICT using a single receiving system. Since the power of direct wave is strong, we can receive it by the back-lobe of an antenna. Therefore, the antenna is directed to westward to receive reflected waves by the main-lobe. Taking differences between each waves, we can measure the propagation delays in the three areas between NICT and R3. The delay in each area is quite similar and sometimes shows time lags in the time variations, implying that some meteorological phenomena passed through from west to east. We have ground-based meteorological observatory equipments at two sites, NICT and a point close to R3. The delay estimated using digital terrestrial broadcasting wave shows good agreement with that from ground-based meteorological observation including the time lag.

The possible sources of the estimation error might be a length change of the RF cable, a curve of the propagation path, rainfalls, winds, and so on. The length of RF cable will be changed due to temperature variation. This effect is canceled out in configuration B because the receiving system including the RF cable is unique in this configuration. In configuration A, however, the temperature variations at different receiving systems will cause the change of the propagation path length. A curve of the propagation path due to weather condition also changes the propagation path length. At the moment, the effect of rainfalls is scarcely seen in the observed results. The time variations of the propagation delay sometimes show small fluctuations whose amplitude is order of 10 ps. The amplitude seems to have some correlation with the wind velocity. Winds seem to be one of the main error factors in this observation.

情報通信研究機構 (NICT) では、地デジ放送波を用いて水蒸気を推定する手法の研究開発を行っている。装置を多点展開して水平面内の水蒸気変動に起因する伝搬遅延を常時モニターし、データ同化による気象予報精度の向上に貢献することを目的としている。有効な観測のためには数十 ps 以上の精度で伝搬遅延を精密測定する必要があり、放送局や受信地点の局部発振器の位相雑音は大きな誤差要因となる。これを解決するため、2つの観測手法を提案している。一つ目 (手法 A) は、電波塔を含む直線上に2つの受信点を設け、それぞれの局部発振器を高精度に同期させるというものである。それぞれの地点で測定した伝搬遅延 (位相変動) には電波塔と受信局それぞれの局部発振器の位相雑音が含まれているが、両者の差を取ることで電波塔側局部発振器の位相雑音を相殺することができる。残った2地点間の局部発振器の位相変動差を同期により相殺することで水蒸気量を推定する。二つ目 (手法 B) は、直達波と反射波を同時に一カ所で測定するというものである。電波塔と受信地点を含む直線上で、受信地点から電波塔と反対方向に反射体がある場合、受信地点において直達波と反射波を同時に受信することができる。測定は受信地点の一つの局部発振器を用いて行われるため同期は不要で、直達波と反射波の差を取るだけで受信地点と反射体の間の往復分の伝搬遅延が測定できる。現在手法 A に関しては、光ファイバーを利用した局部発振器の同期を実現して実証実験を開始したところである。手法 B では既にリアルタイムの測定を継続しており、本発表では主にその結果について報告する。

反射波を用いる手法 B では、アンテナは反射波の方を向けて設置する。強度の強い直達波はアンテナのバックローブで受信が可能である。NICT 本部での観測において、スカイツリーと反対側 (NICT から西方) 約 1 km、4 km、7 km に位

置する反射体からの反射波が直達波と同時に受信されている。これらの反射体は遅延プロファイルのピーク位置の関係から特定される。各信号の差を取ることで、NICT 本部 (受信地点) と最も遠い反射体の間を3つのエリアに分割して伝搬遅延の観測ができる。NICT 本部と、最も遠い反射体の近くに地上気象観測装置を設置しており、その観測結果と本観測の結果は非常に良い一致を示している。各エリアの伝搬遅延は似通ってはいるが、細かく見ると現象が西から東へ移動するように時間差を持った変動がみられることもあり、その時間差は2つの地上気象観測とも一致している。

地デジ放送波を用いた伝搬遅延の測定誤差の要因としては、温度変化による受信 RF ケーブルの長さの変動、気象条件による電波の伝搬経路の曲り、雨、風等が考えられる。手法 B では受信システムが一つであるため RF ケーブルの長さの変動は相殺されるが、この影響は手法 A では影響があるかもしれない。今のところ雨の影響はほとんど見られないが、雨による反射面の変化や、大地反射発生による干渉などが発生する可能性も考えられる。伝搬遅延の時間変動には、風速と比較的相関の良い細かい変動が 10 ps のオーダーで乗ることがあり、風速による反射体の揺れは主要な誤差の一つと考えられる。