

B-5-186

SFN遅延プロファイル測定における遅延端数誤差の検討

A study on the delay fraction error in SFN delay profile measurement

来山 和彦*1 生岩 量久*2 川那 義則*3 森井 豊*4
 *1 NHKアイテック大阪支社, *2 広島市立大学, *3 NHK技術局, *4 NHKエンジニアリングサービス

1. まえがき

SFN環境下における長距離遅延プロファイル測定 [1] においてはレベルの測定精度を誤差±1dB以内とすることを目標として開発中である。遅延波の遅延時間とFFTあるいはIFFTの時間領域の離散値との差(遅延時間端数と呼ぶことにする)がある場合には遅延プロファイルにおける遅延波を表すインパルスのレベルに遅延時間端数に応じた誤差を生じる。この誤差は目標の測定精度を確保するためには無視できない。そこで遅延時間端数と誤差の関係について検討した結果、誤差を表す理論式を明確化でき、補正方法も確立できた。

2. 遅延時間端数による遅延波の誤差

遅延プロファイルは伝搬路の伝達関数に $e^{j\frac{2\pi}{N}nt}$ を乗じた積分のIFFT(逆フーリエ変換)である。離散値積分と等価な積分記号を用いた場合は次式で表せる。

$$\hat{D}_t = \int_{-B/2}^{B/2} \{1 + Re^{-j\frac{2\pi}{N}n(t_d+\Delta)}\} e^{j\frac{2\pi}{N}nt} dn \quad (1)$$

ただし、N: データ総数(8192), B: 帯域幅データ数(5616), t: 時間データ番号, n: 周波数データ番号, t_d : 遅延時間に相当する時間データ番号(整数), Δ : 遅延時間端数

式(1)の積分結果は次式で表される。

$$\hat{D}(t, \Delta) = R \frac{N}{\pi} \cdot \frac{\sin\{\pi(t_d - t + \Delta)\frac{B}{N}\}}{(t_d - t + \Delta)} \quad (2)$$

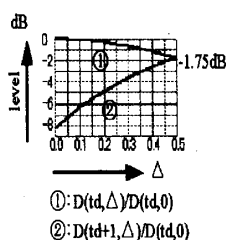


図1 Δ の変化に対する $D(t_d, \Delta)/D(t_d, 0)$ と $D(t_d + 1, \Delta)/D(t_d, 0)$ の変化

式(2)は t と Δ の関数である。 ($\Delta = 0, t = t_d$) を式(2)に代入すると

$$D(t_d, 0) = RB \quad (3)$$

となり Δ による誤差のない値である。 ($t=t_d, \Delta=0.5$) では

$$D(t_d, 0.5) = RN \frac{2}{N} \sin\left(\frac{\pi B}{2N}\right) \quad (4)$$

$D(t_d, \Delta)/D(t_d, 0)$ は Δ による誤差を表すが、 $D(t_d, 0.5)/D(t_d, 0)$ の比は -1.75dB 、すなわち Δ による誤差は最大で -1.75dB となる。 Δ の変化に対する $D(t_d, \Delta)/D(t_d, 0)$ と $D(t_d + 1, \Delta)/D(t_d, 0)$ の変化を図1に示す。

3. 補正方法

$t = t_d$ の測定値を $D_1 = D(t_d, \Delta)$ とし、 $t = t_d + 1$ の測定値を $D_2 = D(t_d + 1, \Delta)$ とし、両方の比から Δ を未知数とする次式が成り立つ。

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{\Delta}{1 - \Delta} \frac{\sin \pi(1 - \Delta)\frac{B}{N}}{\sin \pi\Delta\frac{B}{N}} \quad (5)$$

式(5)は反復法を用いれば Δ を求めることが可能である。測定値 D_1 および解いた Δ を用いて補正後の R (遅延波レベルの推定値) は次式で表される。

$$R = D_1 \frac{\pi\Delta}{N \sin \pi\Delta\frac{B}{N}} \quad (6)$$

4. 補正結果

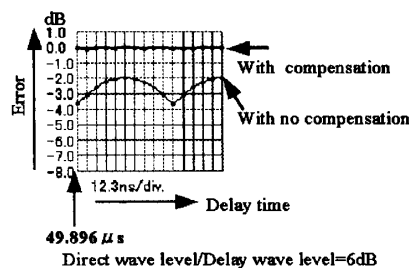


図2 Δ による誤差と補正結果

補正前と補正後の結果を図2に示す。用いた試験信号の遅延時間は離散値時間幅の1/10(12.3ns, $\Delta=0.1$) 単位で異なり、遅延時間と遅延波レベル/直接波レベル (D/U) はすべて-6dBである。補正前の誤差は式(5)の理論値とよく一致している。また補正は適確に行われている。

5. あとがき

開発中のSFN波測定装置に本検討結果を適用して測定精度の向上に役立てる予定である。

【参考文献】(1) 来山他「SFN環境下における長距離遅延プロファイル測定方式の開発」信学技報 WBS2005-42(2005-10)