

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月14日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560409

研究課題名（和文）地上デジタル放送用ガードインターバル超えマルチパス歪み等化器の開発

研究課題名（英文）Development of multipath-wave-distortion Equalizer over Guard Interval in Terrestrial Digital Broadcasting

研究代表者

生岩 量久（HAEIWA KAZUHISA）

広島市立大学 情報科学研究科・教授

研究者番号：60382371

研究成果の概要（和文）：

日本の地上デジタルテレビ放送においては、 $\pm 168 \mu s$ 以上の遅延時間の遅延波が到来した場合は等化が不可能となり、受信不能となる場合が生じる。そこで、遅延時間が $\pm 1ms$ 程度、希望波レベルに近い遅延波が到来した場合でも等化可能な方式のアルゴリズムについて検討し、遅延時間が約 $1ms$ （遅延波レベル/希望波レベル $= -3dB$ 時）で、かつ $\pm 1Hz$ の周波数偏差（規格値）がある遅延波に対して等化可能であることを確認した。本成果は SFN 局等からの長距離遅延波による混信の改善に有効であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：

The broadcasting method used in Japan (ISDB-T method), it is not possible, to equalize a delay wave arriving with a delay greater than $\pm 168 \mu s$, which could generate non-receipt. Therefore, we have thus considered an algorithm using a method that could equalize delay waves even with a delay time of around $\pm 1 ms$, and desired wave level/delay wave level of near 0dB. We confirmed that the algorithm is capable of equalization with delay times of around $\pm 1 ms$ (when delay wave level/desired wave level = 3 dB) with a frequency deviation of $\pm 1Hz$ (Standardized value). This will therefore be an effective way to deal with interference caused by a long-distance-delay-wave from SFN stations and etc.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：電気電子工学

科研費の分科・細目：通信・ネットワーク工学

キーワード：地上デジタル放送

1. 研究開始当初の背景

地上デジタルテレビ放送においては周波数資源の有効利用のため、隣接する送信局間で同じ周波数を使用するSFN (Single Frequency Network: 単一周波数ネットワーク) が採用されているが、このSFN環境下における大きな課題は、非常に長い遅延時間をもつマルチパス波が到来した場合、受信機での歪み等化が不可能となり、受信できなくなることである。特に最近ではSFN局の増加に伴い、ガードインターバルを超えた波が到来するケースも増加傾向にあり、放送局および一般受信者にとって大きな問題となっていた。

2. 研究の目的

本研究はこの課題を解決するために行ったもので、新たに考案した1ms程度の非常に長い遅延時間をもつ遅延波に対して歪み等化を可能とする方式について研究開発を行った。

3. 研究の方法

本方式においては、既開発の電力スペクトル法により希望波レベル/遅延波レベルと遅延時間の絶対値を得るとともに、SP (Scattered Pilot: 分散パイロット信号) を用いて遅延時間の極性(遅れ、進み)と希望波のキャリア中心周波数の位相を基準とした遅延波の位相(初期位相差)を求めることにより伝達関数を生成し、受信波をこの伝達関数で除算することにより等化を行っている。

これにより、遅延波(遅れ)の遅延時間が1ms、先行波(進み)の遅延時間(先行時間)が-0.874ms(遅延波レベル/希望波レベル=

-3dB時)で、かつ±1Hzの周波数偏差(規格値)がある遅延波に対して等化可能であることを確認するとともに、さまざまな状況下を考慮したデータを取得した(詳細は次項)。

4. 研究成果

本方式の有効性を確認するため、計算機シミュレーションにより、特性評価を行った。以下にその主な結果(成果)を示す。

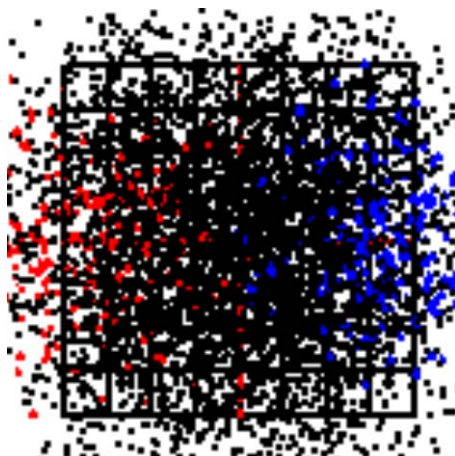
(1) 等化前と等化後のC/N

受信信号のC/Nが十分高く(60dB)、遅延波が1波で、遅延時間(T_d)が0.9ms(遅れ)、遅延波レベル/希望波レベルが-2.5dB、初期位相差(α)が 45° の場合の等化前と等化後のコンスタレーションを図1に示す。良好に等化されている。

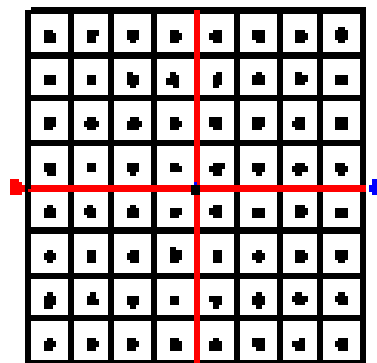
また、同様に受信信号のC/Nが十分高く(60dB)、遅延波が1波で、遅延時間(T_d)が1ms(遅れ)、-0.874ms(進み)、R(遅延波レベル/希望波レベル)が-3dB、初期位相差(α)が 45° の場合についてもデータを取得した。

ガードインターバルが機能しないことによる雑音の影響により、等化後のC/Nは遅れの場合は26.8dB、進み時は30.1dBと劣化しているが、この場合も十分受信が可能($C/N \geq 20.1dB$ で受信可能)である。なお、進みの場合を-0.874msとした理由は以下の通りである。遅れの遅延時間1msにおいては、異シンボルが混入する区間はガードインターバル126 μs を除く0.874msとなる。進みの場合にはガードインターバルが機能しないため、この値に合わせて-0.874msとしている。

図2に受信信号のC/Nが24dB(実際の受信限界に近い値)、遅延波(遅れ)が1波で、遅

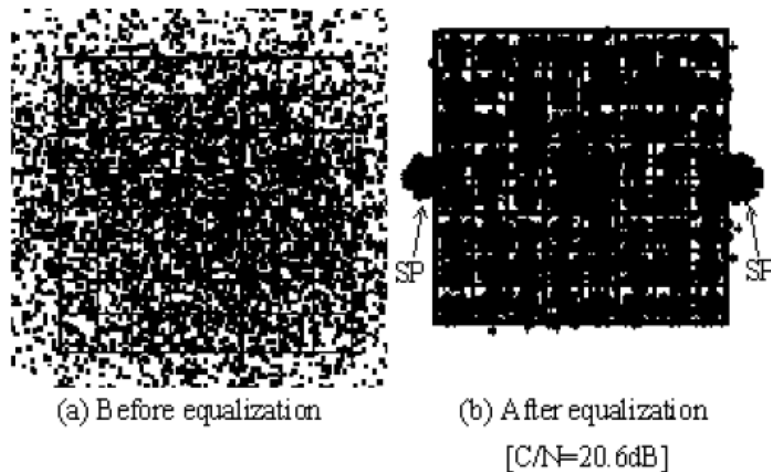


(等化前 : C/N=5dB)



(等化後 : C/N=37dB)

図1 ガードインターバル超え(遅延時間=0.9ms)遅延波到来時のコンスタレーションの比較(64QAM信号、遅延波レベル/希望波レベル=-2.5dB、受信信号のC/N=60dB)



Received signal condition :
 $C/N=24\text{dB}$, $T_d=1.0\text{ms}$, $R=-3.0\text{dB}$, $\alpha=45^\circ$

図2 受信 C/N が 24dB で遅れ時間が 1ms の時の等化前と等化後の
 コンスタレーション

遅延時間 T_d が1ms、 R (遅延波レベル/希望波レベル)が -3dB 、初期位相差 α が 45° の場合の等化前と等化後のコンスタレーションを示す。 C/N は 20.9dB であり、受信は可能である。

また、進みの時間 T_d が -0.874ms 、 R (遅延波レベル/希望波レベル)が -3dB 、初期位相差 α が 45° の場合の C/N は 20.8dB であった。

受信信号の C/N が 24dB で、遅延波が3波の場合の C/N は遅れの場合は 20.9dB 、進み時は 24.3dB が得られた。この場合も、受信は可能である。ここで、遅延波の遅延時間($T_{d1}\sim T_{d3}$)は $T_{d1}=1\text{ms}$ 、 $T_{d2}=1.02\text{ms}$ 、 $T_{d3}=15\mu\text{s}$ (以上遅れ)、 $T_{d1}=-0.874\text{ms}$ 、 $T_{d2}=-0.894\text{ms}$ (以上進み)、 $R_1\sim R_3$ (遅延波レベル/希望波レベル)は $R_1=-9\text{dB}$ 、 $R_2=-12\text{dB}$ 、 $R_3=-9\text{dB}$ 、初期位相差($\alpha_1\sim\alpha_3$)は $\alpha_1=45^\circ$ 、 $\alpha_2=-60^\circ$ 、 $\alpha_3=100^\circ$ とした。

(2) 準静的特性

希望波と遅延波間に周波数偏差がある時の特性 (準静的特性: SFN局からの混信を想定) を検証するため、周波数偏差をパラメータとした受信 C/N に対するBER(誤り率)を求めた。遅延波が1波(遅延時間が1ms(遅れ)、 R (遅延波レベル/希望波レベル)が -3dB 、 α が 45°) の場合の周波数偏差をパラメータとした受信 C/N は、受信 C/N が 24dB の場合、周波数偏差が $\pm 1\text{Hz}$ (規格値) 時のBERは、 4.3×10^{-3} で、周波数偏差がない場合と同じであった。

実際上は起こり得ないと考えられるが、周波数偏差が 5Hz となった場合でもBERは 5.41×10^{-3} 、 10Hz となった場合でもBERは 5.53×10^{-3} 程度であり、劣化は20%以内に収

前提に、それぞれの等化器における後半部分 (遅れの場合) のシンボルのBERを評価: シンボル番号16から54までの平均値)。

このように、SFN局間の周波数偏差など時間領域で生じる変動が信号劣化に与える影響については、問題はないことを確認したが、遅延波の遅延時間がサンプリング間隔の非整数倍時 (通常はこの状態) に生じる遅延波レベルの誤差が等化精度に与える影響が課題となった。そこでこれについて検討を行い、対策法を確立した。また、これまでの取り組みの集大成として学会発表を行う (3件) とともに、査読付きジャーナル論文に2件投稿した (いずれも採択・出版された)。

当初予定していたハードウェア化は達成できなかったが、ソフトウェア (プログラム) による受信は可能となった。

今後はこれを用いて工場での実験およびフィールド実験等を行い、ハードウェア化・実用化に向けた取り組みを進めていきたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① 来山和彦, 生岩量久, 神尾武司, 藤坂尚登, 地上デジタル放送の遅延プロファイル測定において遅延時間がサンプリング間隔の整数倍でない場合に生じる誤差とその対策, 映像情報メディア学会論文(研究速報), 査読有, Vol.66, 2012.4, J119-J123
- ② Kazuhiko Kitayama, Kazuhisa Haeiw

a, Takeshi Kamio, Hisato Fujisaka, Yoshinori Kawana and Yutaka Morii, A Long-distance-delay-wave-distortion Equalizing Method in Terrestrial Digital Broadcasting, Far East Journal of Electronics and Communications, 査読有、Vol.7、2011.9、1-24

- ③ Kazuhiko Kitayama, Kazuhisa Haeiwa, Yoshinori Kawana and Yutaka Morii, Considerations on a Long-distance-delay-wave-distortion Equalizing Method in Terrestrial Digital Broadcasting, APMC 2010 Proceedings、査読有、TH3G-02、1272-1275

〔学会発表〕（計4件）

- ① 春名達明、生岩量久、藤坂尚登、神尾武司、来山和彦、遅延プロファイル測定において遅延時間がサンプリング間隔の非整数時に生じる誤差の検討と対策、電子情報通信学会 技報、2012.3、新潟大学
- ② 生岩量久、来山和彦、神尾武司、藤坂尚登、地上デジタル放送の遅延プロファイル測定において遅延時間がサンプリング間隔の非整数時に生じる誤差の検討と対策、映像情報メディア学会 技報、2011.10
- ③ 猪原智志、生岩量久、神尾武司、藤坂尚登、来山和彦、地上デジタル放送の遅延プロファイル測定において遅延時間がサンプリング間隔の非整数倍時に生じる誤差の検討と対策、第62回電気・情報関連学会中国支部大会、2011.10、広島工業大学
- ④ 生岩量久、来山和彦、川那義則、森井 豊、地上デジタル放送用長距離マルチパスひずみ等化器の検討、映像情報メディア学会 技報、2010.10、NHK名古屋放送局

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等（なし）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

生岩 量久 (HAEIWA KAZUHISA)
広島市立大学 情報科学研究科・教授
研究者番号：60382371

(2) 研究分担者

神尾 武司 (KAMIO TAKESHI)
広島市立大学 情報科学研究科・講師
研究者番号：20316136

(3) 連携研究者（なし）

()

研究者番号：