

軌道回路特性を考慮した適応型受信フィルタの適用に関する一検討

○新井 宏之 (日本大学)

[電] 望月 寛 (日本大学)

[電] 中村 英夫 (日本大学)

[電] 西田 賢史 (京三製作所)

[電] 佐野 実 (京三製作所)

[電] 石川 了 (京三製作所)

Application of an adaptive filter considered track circuit characteristics

○Hiroyuki Arai (Nihon University)

Hiroshi Mochizuki (Nihon University)

Hideo Nakamura (Nihon University)

Satoshi Nishida (Kyosan Electric Mfg. Co., Ltd.)

Minoru Sano (Kyosan Electric Mfg. Co., Ltd.)

Ryo Ishikawa (Kyosan Electric Mfg. Co., Ltd.)

Track circuits in which railway control signals are transmitted have a narrow frequency band and a rail noise. They are obstructions of a high-speed data transmission. On the other hand, adaptive filter is a digital filter with a self-adapting function of filter coefficients to output desired signal, and is recently employed to many applications such as a wireless communication. This paper shows application of an adaptive filter in which filter coefficients are optimized while following to track circuit characteristics on the train.

キーワード：鉄道信号システム，軌道回路，適応型フィルタ

Key Words: railway signaling, track circuit, adaptive filter

1. はじめに

鉄道信号の伝送媒体として用いられる軌道回路は、それが持つ狭帯域な周波数特性や鉄道雑音といった特性を持ち、伝送の妨げとなっている。他方、現在のデジタル無線通信ではビット誤り率特性の向上などを目的として、送信側から送られる既知のパターンに基づくトレーニングによってマルチパスフェージングなどを含んだ伝送路の逆特性を推定し、受信信号の等化を行う適応フィルタが広く用いられている。

ただし、この手法を鉄道信号システムに適用する場合、伝送速度が高速でないため、従来のようなトレーニング手法を用いるとフィルタ最適化に時間がかかるという問題点を有する。以上の点を踏まえて、先行研究ではスペクトラム拡散方式を用いて、従来の送信信号とトレーニング信号とを同一周波数帯に重畳することで、前述の問題点の解決を試みた¹⁾。

本研究では、別の手法として一般的な軌道回路特性を算出した後、その逆特性を得るデジタルフィルタを構成し、車上に配置する手法について検討した。そして、計算機シミュレーションモデルによる評価を行ったので報告する。

2. 適応型フィルタの導入と設計

図1に適応型フィルタを含んだ構成図を示す。この図より従来の鉄道信号設備と比較して、車上側の受信機の前に適応型フィルタを配置したのみの変更点となり、既存設備の多くは変更なしに構成することが可能である。

次に具体的な適応型フィルタを設計するために、一般的な軌道回路特性を算出することとした。今回、表1に示す軌道回路定数²⁾に基づいて、軌道回路長1kmに対して、1mの分解能で軌道回路の周波数特性を算出した。その後、算出結果に基づいて逆特性を持つフィルタ係数を算出し、それを適応型フィルタのフィルタ係数とした。

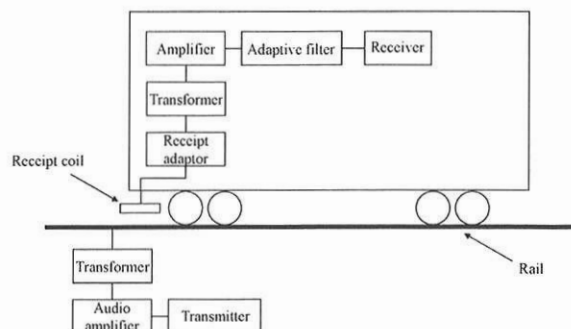


図1 適応型フィルタを含んだ構成図

表 1 軌道回路定数の一例

f	R	L	G	C
kHz	Ω/km	mH/km	S/km	$\mu\text{F}/\text{km}$
0.5	1.26	1.46	0.173	2.63
1	1.74	1.38	0.174	1.56
2	2.39	1.32	0.176	1.03
3	2.83	1.3	0.178	0.86
4	3.12	1.3	0.18	0.74
5	3.36	1.3	0.18	0.72

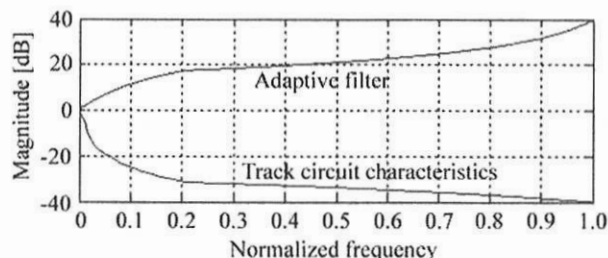


図 2 適応型フィルタの周波数特性

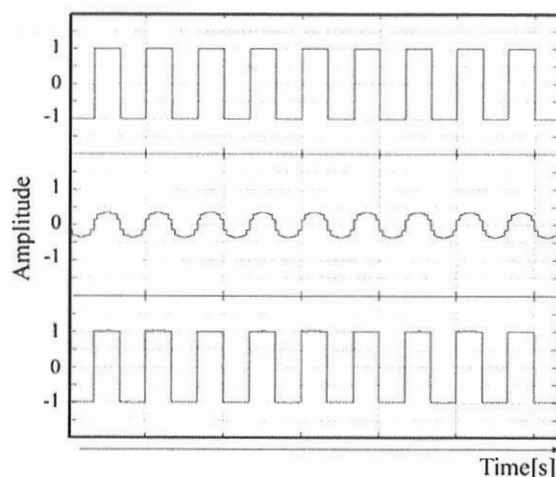
図 2 は軌道回路送信端から 1km 離れた地点での適応型フィルタの周波数特性を示す。この図より、適応型フィルタが軌道回路特性の逆特性となることを確認できた。

以上の設計を踏まえて、実際に入力としてパルスを与えた際の適応型フィルタ特性を計算機シミュレーションにより評価した。図 3(a)はある軌道回路区間内における出力波形例であるが、この図より軌道回路特性によって減衰した高周波成分が適応型フィルタによって復元できていることを確認した。また、図 3(b)は同様の軌道回路特性、適応型フィルタを用いて、複数軌道回路を通過した時の出力波形を示したものである。この図より、軌道回路で減衰した振幅が増幅され一定振幅となっていることを明らかにした。

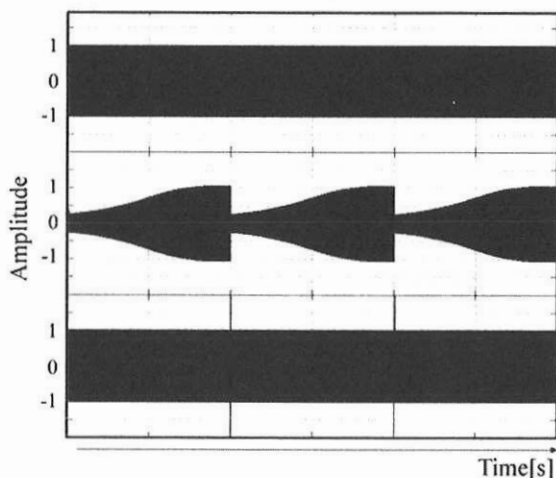
さらに、この適応型フィルタのロバスト性を確認するために、適応型フィルタのフィルタ係数は変えずに、表 1 中の漏れコンダクタンス G を 5 倍とした際の評価を行った。図 3(c)に出力波形を示すが、この図より、振幅が一定とはなっていないものの、受信レベルが低い軌道回路送信端から離れた距離に関する出力波形が、軌道回路通過後の受信波形に比して、大きくなっていることが確認でき、適応型フィルタの一定の効果を確認した。

4. まとめ

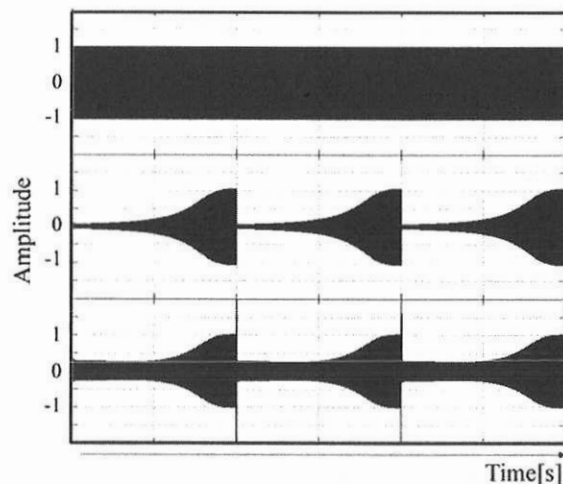
本研究では、ビット誤り率特性の向上を目的として、鉄道信号システムへ適応型フィルタを導入する手法について示した。その具体的な手法として、一般的な軌道回路特性を算出した後、軌道回路送信端からの距離に応じて逆特性を持つフィルタ係数を算出し、車上側に持たせる構成とした。計算機シミュレーションによる評価結果として、軌道回路によって減衰した高周波成分の復元できることを示すとともに、漏れコンダクタンスの変化に対する追従性についても明らかにした。今後は、実際に採用されている伝送方式を入力信号とした際の特性などを明らかにして、更なる研究の深度化を図りたい。



(a) ある軌道回路区間内における出力波形



(b) 複数軌道回路を通過した時の出力波形



(c) 漏れコンダクタンスを 5 倍とした時の出力波形
(上：入力波形 中：軌道回路通過後の波形
下：適応型フィルタ出力波形)

図 3 適応型フィルタ出力波形

参 考 文 献

- 1) 新井他：鉄道信号システムへの適応フィルタの適用に関する一検討，第 17 回鉄道技術シンポジウム，2010。
- 2) 信号保安協会：鉄道信号ハンドブック，信号保安協会，1969。