

OFDM 伝送によるレールを伝送媒体とした 鉄道信号システムの高機能化に関する研究

岩本 菜摘[†] 望月 寛[†] 中村 英夫[†]
石川 了^{††} 佐野 実^{††} 西田 賢史^{††}

[†] 日本大学理工学部応用情報工学科

^{††} 株式会社京三製作所

1. はじめに

現在、デジタル ATC (Automatic Train Control) システムなど、レールを伝送媒体とした鉄道信号システムが新幹線などで広く用いられている。ただし、レールの伝送特性の制約により、伝送速度は数百 bps 程度が限界となっており、更なるシステムの高機能化を図るために、伝送速度の向上や耐雑音性の向上が必要不可欠である^[1]。この課題に対して筆者らは、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 伝送を用いて鉄道信号システムの高機能化を実現する構成を提案し、計算機シミュレーションによってその有用性を評価した。

2. 鉄道信号システムへの OFDM 伝送の適用と評価

今回、伝送媒体として使用するレールは高域で大きく減衰する特性を有するほか、白色雑音とは異なり図 1 に示すような商用周波数の 6 次高調波の通倍でピークを持つ雑音や列車速度に依存してピークを持つ周波数変動する雑音を含んでいる。そのため、実際の伝送では、これらの影響を考慮し、オーディオ周波数帯で鉄道雑音を避けるようにキャリアを配置するため、十分な帯域を確保できず、多情報化を困難としている。

他方、OFDM 伝送は互いに直交したサブキャリアによって伝送帯域を重ねることができるため、狭帯域で多情報伝送を実現できる。そのため、本研究では OFDM 伝送が鉄道信号システムの高機能化に有用であると考え、具体的な構成を検討した。前述の通り、今回対象とする鉄道雑音は特定の周波数にピークを持つ特徴があるため、図 2 のように隣り合う 3 つのサブキャリアに同じデータを与えることで、仮に雑音の影響で 1 つのサブキャリアに誤りが発生したとしても、残りの 2 つのサブキャリアとの多数決判定で誤り訂正可能であると考えた。

以上を踏まえて実際に、計算機シミュレーションによる有用性の評価を行った。今回、サブキャリア数を 300、1 キャリアあたりの伝送速度を 10bps、伝送帯域を 1kHz ~ 4kHz として、白色雑音と鉄道雑音を付加した際の各サブキャリアにおけるビット誤り率 (Bit Error Rate: BER) 特性の比較を行った。その結果を図 3 に示すが、この図より、白色雑音では各サブキャリアに均等にビット誤りが発生しているのに対し、鉄道雑音では商用周波数の 6 次高調波の通倍を搬送周波数とするサブキャリアにビット誤りが集中していることが確認できる。これは、伝送

帯域内に鉄道雑音のピークを持つ周波数が含まれていたとしても、隣り合う 2 つ以上のサブキャリアに影響を与えないことを示しており、前述の多数決判定を導入することで誤り訂正可能となり、システム全体の BER 特性を向上できる可能性があることを明らかにした。

3. まとめ

本研究では、レールを用いた鉄道信号システムの高機能化を目的として、OFDM 伝送を適用したシステム構成を提案し、計算機シミュレーションによる BER 特性の比較から、提案システムの有用性を明らかにした。今後は実際に送受信器のハードウェア開発を行った後、実際のレールを用いた評価を行う予定である。

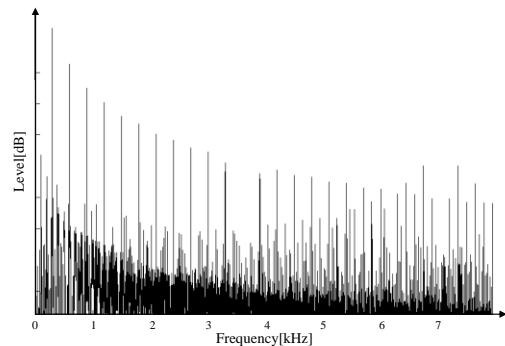


図 1 鉄道雑音のスペクトラム分布

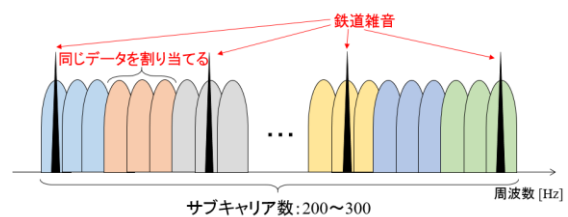


図 2 提案する伝送手法の概念図

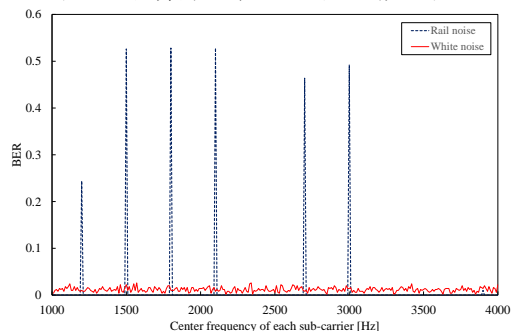


図 3 各サブキャリアでの BER 特性の比較

参考文献

[1] 伊藤他, 電学論 D, Vol. 135, No. 4, 444-450 (2015).