

伝送特性評価に向けたシミュレーション環境の構築

Construction of simulation environment for transmission characteristic evaluation

○松本雅輝¹, 布施匡章²
Masaki Matsumoto¹, Masaaki Fuse²

Abstract:Currently, the development of next-generation communication is progressing, and it is becoming necessary to transmit wideband signals. In this paper, it is shown that in the transmission of wideband signals, a simulation environment targeted for evaluating the influence of noise and the like on the transmission is constructed using MATLAB[®]. In addition, the BER results and constellations are shown to confirm the validity of the constructed signal.

1. まえがき

現在大容量通信 5G^[1]の実用化が進むなか、6G^[2]の開発も進められている。これら次世代通信では、伝送容量の大容量化、通信速度の高速化などの要求にむけ、これまで以上の広帯域な信号の伝送が必要となってきた。

広帯域信号の伝送において、送信部のアンプの非線形ひずみやノイズの影響、伝送線路におけるデバイスのひずみなど、伝送に与える影響を評価することは今後より重要になると考える。

そこで、本稿では MATLAB[®]を用いて送信の際のひずみやノイズが、受信部でどのような影響を受けているのか知るために、伝送特性評価に向けたシミュレーション環境の構築を行っている。

2. 構築システム

2.1 目標とするシミュレーション環境

最終目標とする構築システムを Table 1 に、シミュレーション環境を Fig.1 に示す。これらは送信部のガウスノイズや伝送路に、非線形ひずみを挿入した際の受信部での影響を確認するためのものである。

シミュレーション環境は、送信部受信部から構成されており、信号源には 18 段までの PN 信号を 4 回繰り返したものを使用している。S/P の変調部では OFDM 変調などを使用しています。また RF 部では、6 GHz までのシミュレーションを行うことが可能であり、伝送路にガウス雑音や非線形ひずみを挿入し、受信部で伝送特性を確認する。

2.2 現状のシミュレーション環境

現状のシミュレーション環境は Fig.1 の(a),(e)の作成をしており、PN 信号部は n ビットのシフトレジスタとフィードバックで生成される周期 2^{n-1} を 4 回繰り返した符号列である。段数は 18 であり、使用した生成多項式は(7,18)なので 1,048,572 個の 0,1 の符号列が生成される。

S/P 部では現状 BPSK,QPSK,16QAM 変調を実装している。

ノイズ付加には、加算性白色ガウス雑音を作成し付加しており、noise は式(1)で求めることができる。

また S は、ガウス分布している信号であり SNR は 0~14 dB とした。

Table 1. Construction system.

	Detail	Numerical values
PN Signal	Number of stages	Up to 18
	Repetition	4
Modulation method	BPSK,QPSK,QPSK,OFDM	
Filter	Nyquist filter	
	Root nyquist filter	
	Roll-off rate	0.1~0.9
	Number of taps	31
white gaussian noise	SNR	0~32
RF section	RF frequency	Up to 6 GHz

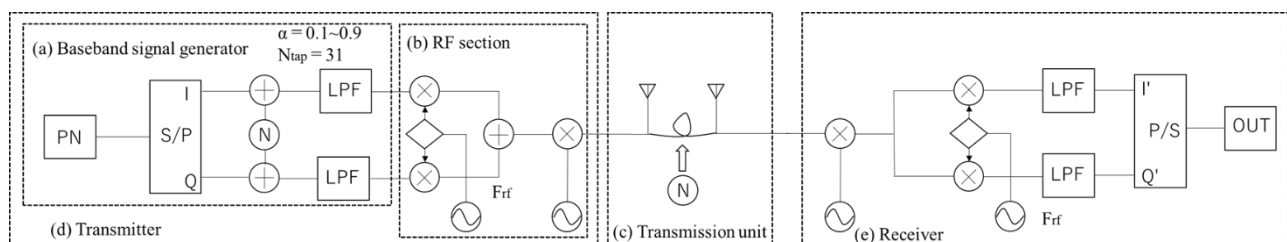


Figure 1. Target simulation environment.

$$noise = S \cdot \sqrt{10^{\frac{-SNR}{20}}} \quad (1)$$

LPF には、ナイキストフィルタを使用しており、フィルタ係数 fir は式(2)から求まる。

$$fir = \frac{\sin(\pi N_{tap} T)}{\pi N_{tap} T} \cdot \frac{\cos(\pi N_{tap} T)}{(1 - (2\alpha N_{tap} T)^2)} \quad (2)$$

T:出力サンプル時間, N_{tap} :タップ数 31,
 α :ロールオフ率 0.5

計算したフィルタ係数と信号を畳み込み積分する。

2.3 BER の原理

BER は、受信側が受け取った全データに対する誤ったデータの比率であり、誤ったビット数を受信した総ビット数で割って算出する。式(3),(4),(5)に BPSK, QPSK, 16QAM の BER の理論値を示す。

$$BER = \frac{refc \sqrt{SNR}}{2} \quad (3)$$

$$BER = \frac{refc \sqrt{\frac{SNR}{2}}}{2} \quad (4)$$

$$BER = refc \sqrt{\frac{SNR}{10}} \cdot \frac{3}{8} \quad (5)$$

3. 結果

現状作成している Fig.1 の(a),(e)間を繋いだ。その際に、通信の正当性を確認するために、BER の計算を行いその結果を Fig.2 に示す。Fig.3 にベースバンド信号、Fig.4 に QPSK, 16QAM 変調のフィルタ通過後の I, Q 信号のコンスタレーションを示す。また、Fig.4 の赤丸は復調の際に取り出した信号であり、ノイズの影響を減らし見やすくするため SNR は 32 dB とした。

4. まとめ、今後の展望

今回のシミュレーションで変調のビット数を増加させると BER が増加するのを確認した。これは、信号点の間隔はビット数が増加すると狭くなるため SNR の影響を受けている。また、シミュレーション結果が途切れているのはデータ数が少ないからと考えられる。

Fig.4 から、信号をフィルタ処理した後のコンスタレーションを見ると MATLAB®での変調、フィルタが動作しているのが確認できた。

今回は Fig.1(a)を MATLAB®で再現したので、今後としては(b),(c)それに伴い(c)を再現し送信の際のひずみ率やノイズが受信部でどのような影響を受けているのか知るためにシミュレーション環境の構築していく予定である。

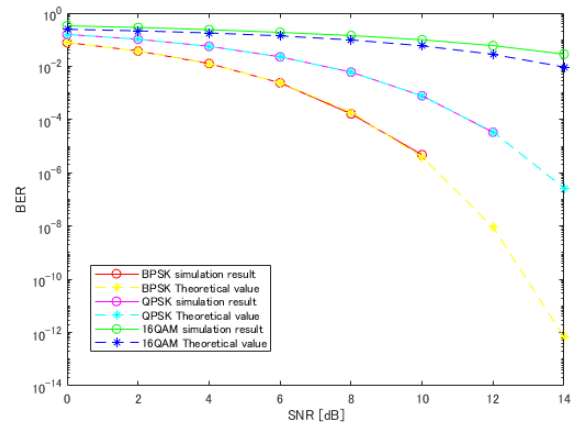


Figure 2. simulation result.

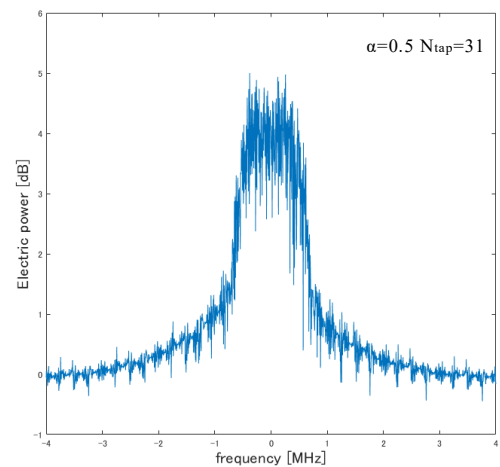


Figure 3. Baseband signal.

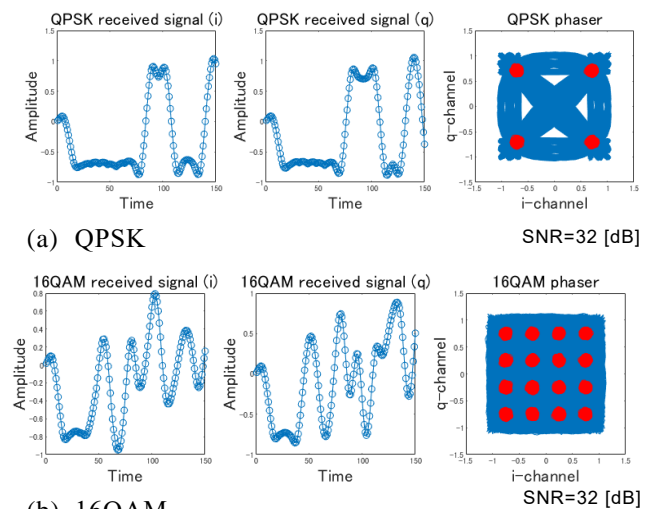


Figure 4. Signal constellation.

5. 参考文献

- [1] ドコモ 5G ホワイトペーパー, 2014 年 9 月
- [2] ドコモホワイトペーパー5 の高度化と 6G, 2021 年 2 月 3.0 版
- [3] 斉藤洋一:「デジタル無線通信の変復調」, 平成 11 年