

RGB-LEDアレイを用いた デジタル制御型カラーシフトキーイング方式のための PWM/PAMハイブリッド型調光制御法に関する検討

奥村 淳平 小澤 佑介 榎田 洋太郎
東京理科大学 理工学研究科 電気工学専攻

照明可視光通信

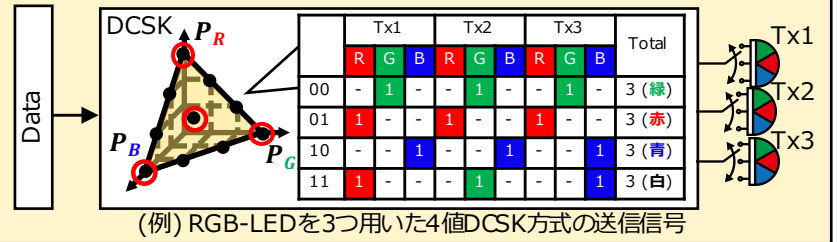
情報を可視光線(380nm-780nm)に載せる無線通信



- 特長**
- ✓ 既存の照明インフラを通信に利用可能
 - ✓ RF通信の電波資源枯渇問題を改善可能
- 課題**
- ① 白色LEDによる3MHzの遮断周波数
 - ② LEDの非線形発光
- 通信性能**
- ③ ちらつき低減
 - ④ 色味の制御(調色)
 - ⑤ 明るさの制御(調光)

デジタル制御型カラーシフトキーイング(DCSK)

複数 RGB-LED を協調発光させ色によって情報を表現する変調方式



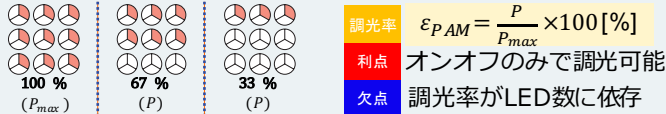
- ① カラーLEDの高い遮断周波数により**高速通信を実現**
- ② LEDのオンオフのみ利用するため**LEDの線形駆動が可能**
- ③ 発光強度一定により**ちらつき低減** ($P_R + P_G + P_B = \text{constant}$)
- ④ 信号点配置を変化させることで**調色制御** [伊形ら, 2015]

提案方式 | PWM/PAMハイブリッド型調光制御

DCSKにおける ⑤ 調光制御 の検討

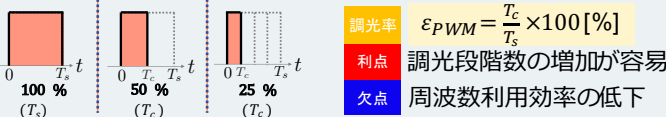
(A) デジタルパルス振幅変調(PAM)型調光制御

RGB-LEDアレイ内のLEDの協調発光数決定による調光制御法



(B) パルス幅変調(PWM)型調光制御

全LEDにて光送信パルスのデューティ比を変化させる調光制御法



(A) デジタルPAM型と(B) PWM型を組み合わせることで

- ✓ デジタルPAM型以上の調光段階数の実現
- ✓ PWM型以上の周波数利用効率の実現
- ✓ 調光時の通信性能改善

を目的とする**PWM/PAMハイブリッド型調光制御法**を提案する

(例) RGB-LEDを9つ用いた調光時における4値DCSK方式の信号例

Measured Dimming Level	Hybrid PWM/PAM				
	(A) Digital PAM Signal Pattern				(B) PWM Signal
	00	01	10	11	
100 % (100 % × 100 %)					
67 % (67 % × 100 %)					
33 % (67 % × 50 %)					
17 % (33 % × 50 %)					

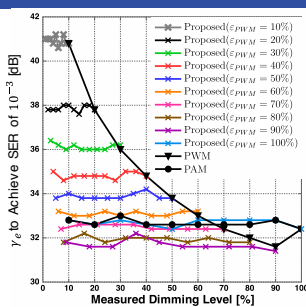
シミュレーション解析による性能評価

(i)調光率(ii)ビットレートに対するSER=10⁻³達成に必要な平均受信エネルギー対雑音比 γ_e をシミュレーション解析により評価

諸元

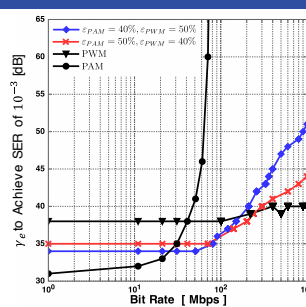
方式	4-DCSK
データシンボル数	10 ⁴
RGB-LED数	60 × 60
LEDの遮断周波数	20 MHz
総受光面積	1 cm ²
調光段階数	10 (PWM, PAM) 100 (proposed)

(i) ビットレート 20 Mbps



提案方式により
・通信性能が**改善可能**
・調光段階数が**増加**

(ii) 調光率 20 %



約30 ~ 200Mbpsにおいて
提案方式が**有効**
→デジタルPAM型は
符号間干渉の影響大

まとめ

本研究では、DCSK方式におけるPWM/PAMハイブリッド型調光制御法の提案を行った。

1. 調光率に対する通信性能に関して
デジタルPAM型では**変化なし**
PWM型では**変化あり**
2. 調光率に対して
デジタルPAM型とPWM型の最適な組み合わせを選択することで
通信性能の改善が可能
3. 提案方式を用いることで
より多くの調光段階を表現可能