

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5486179号
(P5486179)

(45) 発行日 平成26年5月7日(2014.5.7)

(24) 登録日 平成26年2月28日(2014.2.28)

(51) Int. Cl.		F I			
HO4B	10/116	(2013.01)	HO4B	9/00	116
HO4J	14/00	(2006.01)	HO4B	9/00	E
HO4J	14/02	(2006.01)			

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2008-298941 (P2008-298941)	(73) 特許権者	390019839
(22) 出願日	平成20年11月25日(2008.11.25)		三星電子株式会社
(65) 公開番号	特開2010-130030 (P2010-130030A)		Samsung Electronics Co., Ltd.
(43) 公開日	平成22年6月10日(2010.6.10)		大韓民国京畿道水原市靈通区三星路129 129, Samsung-ro, Yeon gtong-gu, Suwon-si, G yeonggi-do, Republic of Korea
審査請求日	平成23年11月25日(2011.11.25)	(74) 代理人	110000981 アイ・ピー・ディー国際特許業務法人
		(72) 発明者	横井 敦也 神奈川県横浜市鶴見区菅沢町2-7 株式 会社サムスン横浜研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 送信装置、受信装置、信号送信方法、及び信号受信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

可視光通信のための送信装置であって、
 N個の発光素子と、
 送信データを直並列変換してN個のデータ列を生成する直並列変換部と、
 前記直並列変換部で生成されたN個のデータ列を所定の多値数でキャリア毎に変調して
 N個の変調信号を生成する変調部と、
 前記変調部で生成されたN個の変調信号に対して互いに直交するN個のキャリア信号を
 各々乗算してN個の送信信号を生成するキャリア信号乗算部と、
 前記キャリア信号乗算部で生成されたN個の送信信号に応じて前記N個の発光素子を発
 光させる発光制御部と、
 を有する、送信装置。

【請求項2】

前記N個の発光素子は、互いに色の異なる光を発光する、
 請求項1に記載の送信装置。

【請求項3】

N個の発光素子を有する送信装置による信号送信方法であって、
 送信データを直並列変換してN個のデータ列を生成する直並列変換段階と、
 前記直並列変換段階で生成されたN個のデータ列を所定の多値数でキャリア毎に変調し
 てN個の変調信号を生成する変調段階と、

10

20

前記変調段階で生成されたN個の変調信号に対して互いに直交するN個のキャリア信号を各々乗算してN個の送信信号を生成するキャリア信号乗算段階と、

前記キャリア信号乗算段階で生成されたN個の送信信号に応じて前記N個の発光素子を発光させる発光制御段階と、
を有する、信号送信方法。

【請求項4】

前記N個の発光素子は、互いに色の異なる光を発光する、
請求項3に記載の信号送信方法。

【請求項5】

可視光通信のための受信装置であって、
送信装置が有するN個の発光素子で発光され、伝送路で空間多重された光を受光して当該受光強度に応じた受信信号を出力するN個の受光素子と、
前記N個の受光素子から出力された受信信号に対し、前記N個のキャリア信号を用いてFFT処理を施すことで前記キャリア毎に変調されたN個の変調信号を抽出するFFT部と、
前記FFT部で抽出された各変調信号を復調する復調部と、
を有する、受信装置。

10

【請求項6】

前記N個の受光素子は、
前記N個の発光素子が発光した光の強度を個々に検出して前記各発光素子に対応する受信信号を出力するイメージセンサを含む、
請求項5に記載の受信装置。

20

【請求項7】

前記N個の受光素子は、
互いに色の異なる光を受光して当該受光強度に応じた受信信号を出力する、
請求項5に記載の受信装置。

【請求項8】

前記受光素子は、
前記N個の発光素子から発光された、互いに色の異なる光に対応する色のフィルタを有するカラーセンサを含む、
請求項5に記載の受信装置。

30

【請求項9】

送信装置が有するN個の発光素子で発光された光を受光する受信装置による信号受信方法であって、
前記N個の受光素子から出力された受信信号に対し、前記N個のキャリア信号を用いてFFT処理を施すことで前記キャリア毎に変調されたN個の変調信号を抽出するFFT段階と、
前記FFT段階で抽出された各変調信号を復調する復調段階と、
を有し、

前記N個の受光素子は、伝送路で空間多重された光を受光して当該受光強度に応じた受信信号を出力する、
信号受信方法。

40

【請求項10】

前記N個の受光素子は、
前記N個の発光素子が発光した光の強度を個々に検出して前記各発光素子に対応する受信信号を出力するイメージセンサを含む、
請求項9に記載の信号受信方法。

【請求項11】

前記N個の受光素子は、
互いに色の異なる光を受光して当該受光強度に応じた受信信号を出力する、

50

請求項 9 に記載の信号受信方法。

【請求項 1 2】

前記 N 個の受光素子は、

前記 N 個の発光素子から発光された、互いに色の異なる光に対応する色のフィルタを有するカラーセンサを含む、

請求項 9 に記載の信号受信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、送信装置、受信装置、信号送信方法、及び信号受信方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

近年、可視光領域の光を利用した光通信技術に大変注目が集まっている。特に、発光ダイオード (LED; Light Emitting Diode) 等の発光素子を利用した照明装置の普及が急速に進んでいる状況を背景にし、屋内外に設置された照明装置等のインフラを活用して、利便性に富んだ、より高速なデータ通信を実現させるための技術開発が進められている。

【0003】

高速な光データ通信に利用される発光手段としては、人体や医療機器等に対する影響を考慮すると LED が最も有力な候補になる。一方で、より高速な応答性能を有するレーザーダイオード (LD; Laser Diode) やスーパーluminescentダイオード (SLD; Super luminescent Diode) 等の半導体発光素子も候補に挙げられている。光通信におけるデータ伝送速度は、発光素子の応答速度に依存する。そのため、こうした応答速度の高い発光素子にも注目が集まっているのである。

20

【0004】

また、データ伝送速度を更に向上させるため、発光素子が発する 1 シグナルの間に多くのデータを安定して伝送する技術も求められている。こうした光通信技術に関し、例えば、下記の特許文献 1 には、OFDM (Orthogonal Frequency - Division Multiplexing) 信号の時間軸を空間方向へ割り付けることにより、空間干渉を除去する技術が開示されている。

30

【0005】

【特許文献 1】特開 2008 - 252444 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

OFDM 方式を用いると、周波数利用効率及びマルチパス耐性を向上させることができる。そのため、無線通信システム (例えば、無線 LAN) や有線通信システム (例えば、ADSL) で広く用いられている。可視光通信においても、OFDM 方式を適用することで通信品質の向上が期待される。しかし、OFDM 方式には、PAPR (Peak to Average Power Ratio) が大きくなる問題がある。つまり、送信機及び受信機に大きなダイナミックレンジが要求される。

40

【0007】

そのため、OFDM 方式を可視光通信に適用する場合、可視光通信の送信手段である LED には、非常に大きな電流が流れることになる。例えば、LED には、数 100 mA ~ 数 A 程度の電流が流れる。そのため、送信側に非常に広いダイナミックレンジの信号を扱うことが可能なドライブ回路を設けることが必要になる。しかし、通常、LED は一定量の発光を目的としているため、ダイナミックレンジの大きな信号を扱うには特別な素子が必要になり、現実的ではない。

【0008】

50

そこで、本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的とするところは、発光手段に対して大きなダイナミックレンジへの性能要求を課さずにOFDM方式により得られる通信品質の向上を図ることが可能な、新規かつ改良された送信装置、受信装置、信号送信方法、及び信号受信方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、複数の発光素子と、送信データを直並列変換してN個のデータ列を生成する直並列変換部と、前記直並列変換部で生成されたN個のデータ列を所定の多値数でキャリア毎に変調してN個の変調信号を生成する変調部と、前記変調部で生成されたN個の変調信号に対して互いに直交するN個のキャリア信号を各々乗算してN個の送信信号を生成するキャリア信号乗算部と、前記キャリア信号乗算部で生成されたN個の送信信号に応じて前記複数の発光素子を発光させる発光制御部と、を有する、送信装置と；前記送信装置が有する複数の発光素子で発光され、さらに伝送路で空間多重された光を受光して当該受光強度に応じた受信信号を出力する受光素子と、前記受光素子から出力された受信信号に対し、前記N個のキャリア信号を用いてFFT処理を施すことで前記キャリア毎に変調されたN個の変調信号を抽出するFFT部と、前記FFT部で抽出された各変調信号を復調する復調部と、を有する、受信装置と；を含む、可視光通信システムが提供される。

【0010】

上記の構成を適用することで、OFDM方式で得られる通信性能の向上効果を楽しむことが可能になる。例えば、周波数利用効率やマルチパス耐性を向上させることができる。さらに、各キャリア信号の乗算処理により生成された送信信号は、送信装置の内部で多重されることなしに、そのまま各発光素子により送信される。そのため、N個の送信信号を多重してから送信する場合に比べ、発光素子、及び発光制御部に要求されるダイナミックレンジを低く抑えることが可能になる。その結果、発光素子や発光制御部に対して比較的安価なLEDやLED駆動回路を用いることができるようになり、送信装置の製造コストを低減させることが可能になる。また、一般的な照明装置に用いられるLEDやLED駆動回路に大きなダイナミックレンジの性能要求を満たすものは少ない。しかし、上記の可視光通信システムの構成であれば、ダイナミックレンジに関する性能要求が低く抑えられるため、既存のインフラを用いて上記のシステム構成を実現することも可能になる。

【0011】

また、前記発光素子の数Nが前記キャリア信号の数nよりも多い場合($N > n$)、前記発光制御部は、一の前記送信信号に応じて複数の前記発光素子を同時に発光させるように構成されていてもよい。さらに、前記発光素子の数Nが前記キャリア信号の数nよりも少ない場合($N < n$)、前記発光制御部は、M個($2 \leq M < n$)の前記送信信号を加算し、当該加算後の送信信号に応じて前記発光素子を発光させるように構成されていてもよい。

【0012】

また、前記受信装置は、前記受光素子として、前記複数の発光素子が発光した光の強度を個々に検出して前記各発光素子に対応する受信信号を出力するイメージセンサを有していてもよい。このように、個々の発光素子から発せられた光の強度を検出することができるように構成することで、受光手段に課されるダイナミックレンジの性能要求を緩和することが可能になる。

【0013】

また、前記送信装置は、互いに色の異なる光を発光する前記複数の発光素子を有していてもよい。この場合、前記受信装置は、互いに色の異なる光を受光して当該受光強度に応じた受信信号を出力する複数の前記受光素子を有する。このように、個々の発光素子から発せられた光の強度を検出することができるように構成することで、受光手段に課されるダイナミックレンジの性能要求を緩和することが可能になる。さらに、上記の構成を適用すると、キャリア周波数毎の信号に直交性があるため、発光素子及び受光素子の光周波数

特性に起因して発生する色間干渉の影響を除去することが可能になる。

【 0 0 1 4 】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、複数の発光素子と、送信データを直並列変換してN個のデータ列を生成する直並列変換部と、前記直並列変換部で生成されたN個のデータ列を所定の多値数でキャリア毎に変調してN個の変調信号を生成する変調部と、前記変調部で生成されたN個の変調信号に対して互いに直交するN個のキャリア信号を各々乗算してN個の送信信号を生成するキャリア信号乗算部と、前記キャリア信号乗算部で生成されたN個の送信信号に応じて前記複数の発光素子を発光させる発光制御部と、を備える、送信装置が提供される。

【 0 0 1 5 】

上記の構成を適用することで、OFDM方式で得られる通信性能の向上効果を楽しむことが可能になる。例えば、周波数利用効率やマルチパス耐性を向上させることができる。さらに、各キャリア信号の乗算処理により生成された送信信号は、送信装置の内部で多重されることなしに、そのまま各発光素子により送信される。そのため、N個の送信信号を多重してから送信する場合に比べ、発光素子、及び発光制御部に要求されるダイナミックレンジを低く抑えることが可能になる。その結果、発光素子や発光制御部に対して比較的安価なLEDやLED駆動回路を用いることができるようになり、送信装置の製造コストを低減させることが可能になる。また、一般的な照明装置に用いられるLEDやLED駆動回路に大きなダイナミックレンジの性能要求を満たすものは少ない。しかし、上記の送信装置の構成であれば、ダイナミックレンジに関する性能要求が低く抑えられるため、既存のインフラを用いることも可能になる。

【 0 0 1 6 】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、複数の発光素子を有する送信装置が、送信データを直並列変換してN個のデータ列を生成する直並列変換ステップと、前記直並列変換ステップで生成されたN個のデータ列を所定の多値数でキャリア毎に変調してN個の変調信号を生成する変調ステップと、前記変調ステップで生成されたN個の変調信号に対して互いに直交するN個のキャリア信号を各々乗算してN個の送信信号を生成するキャリア信号乗算ステップと、前記キャリア信号乗算ステップで生成されたN個の送信信号に応じて前記複数の発光素子を発光させる発光制御ステップと、前記送信装置が有する複数の発光素子で発光され、さらに伝送路で空間多重された光を受光して当該受光強度に応じた受信信号を出力する受光素子を有する受信装置が、前記受光素子から出力された受信信号に対し、前記N個のキャリア信号を用いてFFT処理を施すことで前記キャリア毎に変調されたN個の変調信号を抽出するFFTステップと、前記FFTステップで抽出された各変調信号を復調する復調ステップと、を含む、信号伝送方法が提供される。

【 0 0 1 7 】

上記の方法を適用することで、OFDM方式で得られる通信性能の向上効果を楽しむことが可能になる。例えば、周波数利用効率やマルチパス耐性を向上させることができる。さらに、各キャリア信号の乗算処理により生成された送信信号は、送信装置の内部で多重されることなしに、そのまま各発光素子により送信される。そのため、N個の送信信号を多重してから送信する場合に比べ、発光素子、及び発光制御部に要求されるダイナミックレンジを低く抑えることが可能になる。その結果、発光素子や発光制御部に対して比較的安価なLEDやLED駆動回路を用いることができるようになり、送信装置の製造コストを低減させることが可能になる。また、一般的な照明装置に用いられるLEDやLED駆動回路に大きなダイナミックレンジの性能要求を満たすものは少ない。しかし、上記の可視光通信システムの構成であれば、ダイナミックレンジに関する性能要求が低く抑えられるため、既存のインフラを用いて上記のシステム構成を実現することも可能になる。

【 0 0 1 8 】

また、上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、複数の発光素子を有する送信装置による信号送信方法であって、送信データを直並列変換してN個のデータ列を

10

20

30

40

50

生成する直並列変換ステップと、前記直並列変換ステップで生成されたN個のデータ列を所定の多値数でキャリア毎に変調してN個の変調信号を生成する変調ステップと、前記変調ステップで生成されたN個の変調信号に対して互いに直交するN個のキャリア信号を各々乗算してN個の送信信号を生成するキャリア信号乗算ステップと、前記キャリア信号乗算ステップで生成されたN個の送信信号に応じて前記複数の発光素子を発光させる発光制御ステップと、を含む、信号伝送方法が提供される。

【0019】

上記の方法を適用することで、OFDM方式で得られる通信性能の向上効果を楽しむことが可能になる。例えば、周波数利用効率やマルチパス耐性を向上させることができる。さらに、各キャリア信号の乗算処理により生成された送信信号は、送信装置の内部で多重されることなしに、そのまま各発光素子により送信される。そのため、N個の送信信号を多重してから送信する場合に比べ、発光素子、及び発光制御部に要求されるダイナミックレンジを低く抑えることが可能になる。その結果、発光素子や発光制御部に対して比較的安価なLEDやLED駆動回路を用いることができるようになり、送信装置の製造コストを低減させることが可能になる。また、一般的な照明装置に用いられるLEDやLED駆動回路に大きなダイナミックレンジの性能要求を満たすものは少ない。しかし、上記の送信装置の構成であれば、ダイナミックレンジに関する性能要求が低く抑えられるため、既存のインフラを用いることも可能になる。

【発明の効果】

【0020】

以上説明したように本発明によれば、発光手段に対して大きなダイナミックレンジへの性能要求を課さずにOFDM方式により得られる通信品質の向上を図ることが可能になる。その結果、OFDM方式で得られる優れた通信特性を有しつつ、簡易で安価な送信装置、受信装置、信号送信方法、及び信号受信方法を実現することが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0022】

[説明の流れについて]

ここで、以下に記載する本発明の実施形態に関する説明の流れについて簡単に述べる。まず、図1を参照しながら、OFDM方式を採用した可視光通信システムLS1の構成について説明する。この中で、OFDM方式を可視光通信に適用する場合に発生する課題について述べる。次いで、図2を参照しながら、同実施形態に係る可視光通信システムLS2の構成について説明する。次いで、図3、図4を参照しながら、同実施形態の変形例に係る可視光通信システムLS3、LS4について説明する。

【0023】

[課題の整理]

まず、本発明の一実施形態に係る技術について詳細な説明をするに先立ち、同実施形態が解決しようとする課題について簡単に纏める。

【0024】

(可視光通信システムLS1の構成)

まず、図1を参照しながら、可視光通信システムLS1の構成について簡単に説明し、当該構成を適用する際に発生する課題について纏める。図1は、OFDM方式を採用した可視光通信システムLS1の構成例を示す説明図である。

【0025】

図1に示すように、可視光通信システムLS1は、送信装置10と、受信装置30とにより構成される。送信装置10は、S/P変換部12と、変調部14と、IFFT部と、

10

20

30

40

50

ドライバ回路 22 と、発光素子 24 とを有する。但し、IFFT部は、乗算器 16、及び加算器 20 により構成される。一方、受信装置 30 は、受光素子 32 と、FFT部と、復調部 38 と、P/S変換部 40 とを有する。但し、FFT部は、乗算器 34、及び積分回路 36 により構成される。なお、上記のFFTは、Fast Fourier Transformの略である。また、上記のIFFTは、Inverse FFTの略である。

【0026】

まず、送信データ d は、S/P変換部 12 により直並列変換される。そして、S/P変換部 12 からキャリア数分のデータ列が出力される。なお、以下の説明においては、キャリア数が n であるとする。S/P変換部 12 から出力される各キャリアに対応するデータ列は、変調部 14 により所定の多値数（例えば、2 値）で変調される。そして、変調部 14 から変調信号が出力される。変調部 14 から出力されるキャリア毎の変調信号は、IFFT部に入力される。従って、IFFT部には、キャリア数分だけ変調信号が入力される。IFFT部は、入力されたキャリア数分の変調信号にIFFT処理を施す手段である。まず、IFFT部に入力された変調信号には、乗算器 16 でキャリア正弦波信号が乗算される。但し、キャリア周波数 $f_1 \sim f_n$ に対応する n 個のキャリア正弦波信号 $\cos(2f_1 t) \sim \cos(2f_n t)$ は、互いに直交関係を有するものである。キャリア正弦波信号が乗算された後の各変調信号（以下、キャリア信号）は、加算器 20 に入力される。加算器 20 においては、各キャリア信号が加算されてOFDM信号が生成される。

【0027】

加算器 20 で生成されたOFDM信号は、ドライバ回路 22 に入力される。ドライバ回路 22 は、発光素子 24 (LED(W)) を駆動するためのドライブ回路である。OFDM信号が入力されると、ドライバ回路 22 は、入力されたOFDM信号に基づいて発光素子 24 に供給される電流量を制御し、OFDM信号の信号振幅に応じた発光強度で発光素子 24 を発光させる。発光素子 24 から発せられた光は、受信装置 30 が有する受光素子 32 で受光される。受光素子 32 は、光電変換素子である。そのため、受光素子 32 で光が受光されると、受光した光の強度に応じた電気信号（以下、受信信号）が出力される。受光素子 32 から出力された受信信号は、FFT部に入力される。FFT部は、受信信号にFFT処理を施して各キャリア周波数成分を抽出する手段である。

【0028】

受光素子 32 から出力された受信信号は、乗算器 34 に入力され、各キャリア周波数 $f_1 \sim f_n$ に対応するキャリア正弦波信号が乗算される。乗算器 34 で各キャリア正弦波信号が乗算された受信信号は、積分回路 36 に入力される。積分回路 36 においては、乗算器 34 の出力信号に対し、時間軸上でOFDMシンボル長 (T) までの積分区間において積分演算が施され、キャリア周波数 $f_1 \sim f_n$ の各々に対応する信号成分が抽出される。積分回路 36 で抽出された各キャリア周波数成分は、復調部 38 に入力される。これらのキャリア周波数成分は、各キャリア信号に相当する。そのため、復調部 38 により各キャリア周波数成分に対して復調処理が施されると、各キャリア信号に対応するデータ列が復元される。復調部 38 で復元された各データ列は、P/S変換部 40 に入力され、送信データ d が復元される。

【0029】

このような構成にすることで、周波数利用効率及びマルチパス耐性を向上させることが可能になり、通信品質を大きく向上させることができる。しかしながら、送信装置 10 が有するドライバ回路 22 の前段で各キャリア周波数成分が加算され、加算後に生成されるOFDM信号に基づいて発光素子 24 が駆動されるため、OFDM方式特有のPAPRの増大が発生してしまうことになる。そのため、ドライバ回路 22、及び発光素子 24 に対して大きなダイナミックレンジへの性能要求が課される。このような理由から、OFDM方式の可視光通信を一般的な照明設備で実現することは現実問題として非常に困難である。また、このような性能要求を満たすドライバ回路 22 や発光素子 24 は高価であり、送信機の製造コストを引き上げることに繋がる。上記のように、既存のインフラを利用することが難しくなるため、設置コストも増大してしまう。こうした問題点に鑑み、後述する

10

20

30

40

50

実施形態においては、OFDM方式を用いることで問題となる高いPAPRの影響を除去し、ドライバ回路22及び発光素子24のダイナミックレンジへの要求性能を緩和することが可能な送信機の構成を提案する。

【0030】

<実施形態>

本発明の一実施形態について説明する。本実施形態は、送信側でIFFT処理を実行せず、キャリア毎に発光素子を直接駆動することで、ドライバ回路及び発光素子に課せられる性能要求を緩和するものである。

【0031】

[可視光通信システムLS2の構成]

まず、図2を参照しながら、本実施形態に係る可視光通信システムLS2の構成について説明する。図2は、本実施形態に係る可視光通信システムLS2の一構成例を示す説明図である。

【0032】

図2に示すように、可視光通信システムLS2は、送信装置100と、受信装置200とにより構成される。送信装置100は、S/P変換部102と、変調部104と、乗算器106と、ドライバ回路110と、発光素子112とを有する。一方、受信装置200は、受光素子202と、FFT部と、復調部208と、P/S変換部210とを有する。但し、FFT部は、乗算器204、及び積分回路206により構成される。

【0033】

まず、送信データdは、S/P変換部102により直並列変換される。そして、S/P変換部102からキャリア数分のデータ列が出力される。なお、以下の説明においては、キャリア数がnであるとする。S/P変換部102から出力される各キャリアに対応するデータ列は、変調部104により所定の多値数(例えば、2値)で変調される。そして、変調部104から変調信号が出力される。変調部104から出力されるキャリア毎の変調信号は、乗算器106に入力される。乗算器106では、変調信号に各キャリア周波数 $f_1 \sim f_n$ に対応するキャリア正弦波信号 $\cos(2\pi f_1 t) \sim \cos(2\pi f_n t)$ が乗算される。但し、キャリア周波数 $f_1 \sim f_n$ に対応するn個のキャリア正弦波信号は、互いに直交関係を有するものである。

【0034】

乗算器106でキャリア正弦波信号が乗算された変調信号(以下、キャリア信号)は、ドライバ回路110に入力される。ドライバ回路110は、発光素子112(LED(W1)~LED(Wn))毎に設けられ、各発光素子112(LED(W1)~LED(Wn))を駆動するために用いられる。キャリア信号が入力されると、ドライバ回路110は、入力されたキャリア信号に基づいて発光素子112に供給される電流量を制御し、キャリア信号の信号振幅に応じた発光強度で各発光素子112を発光させる。各発光素子112から発せられた光は、伝送路において空間多重され、受信装置200が有する受光素子202で受光される。受光素子202は、例えば、1つのPD(Photo Diode)で構成される。光が受光されると、受光した光の強度に応じた電気信号(以下、受信信号)が受光素子202から出力される。受光素子202から出力された受信信号は、FFT部に入力される。FFT部は、受信信号にFFT処理を施して各キャリア周波数成分を抽出する手段である。

【0035】

受光素子202から出力された受信信号は、乗算器204に入力される。そして、受信信号には、各キャリア周波数 $f_1 \sim f_n$ に対応するキャリア正弦波信号 $\cos(2\pi f_1 t) \sim \cos(2\pi f_n t)$ が乗算される。乗算器204で各キャリア正弦波信号が乗算された受信信号は、積分回路206に入力される。積分回路206においては、乗算器204の出力信号に対し、時間軸上でOFDMシンボル長(T)までの積分区間について積分演算が施され、キャリア周波数 $f_1 \sim f_n$ の各々に対応する信号成分が抽出される。積分回路206で抽出された各キャリア周波数成分は、復調部208に入力される。これら

10

20

30

40

50

のキャリア周波数成分は、各キャリア信号に相当する。そのため、復調部 208 により各キャリア周波数成分に対して復調処理が施されると、各キャリア信号に対応するデータ列が復元される。復調部 208 で復元された各データ列は、P/S変換部 210 に入力され、送信データ d が復元される。

【0036】

以上、本実施形態に係る可視光通信システム LS2 の構成について説明した。上記の通り、本実施形態においては、各キャリア周波数に対応するキャリア信号をドライバ回路 110 の前段で加算せず、各キャリア信号の信号振幅に応じた発光強度で各発光素子 112 を発光させる構成に特徴がある。このように、ドライバ回路 110 の前段で各キャリア信号を加算しないため、OFDM方式における PAPR 増加の問題が発生せず、各キャリア周波数に対応するドライバ回路 110 及び発光素子 112 に対して要求されるダイナミックレンジが低く抑えられる。その結果、小型で安価な LED 駆動回路及び LED を用いて、OFDM方式による通信性能の向上効果を得ることが可能になる。例えば、既存のインフラを有効に活用しつつ、周波数利用効率の向上効果やマルチパス耐性の向上効果享受することが可能な可視光通信システムが実現される。

10

【0037】

[可視光通信システム LS3 の構成]

次に、図 3 を参照しながら、本実施形態に係る可視光通信システム LS2 の一変形例である可視光通信システム LS3 の構成について説明する。図 3 は、本実施形態の一変形例に係る可視光通信システム LS3 の一構成例を示す説明図である。

20

【0038】

図 3 に示すように、可視光通信システム LS3 は、送信装置 100 と、受信装置 200 とにより構成される。送信装置 100 は、S/P変換部 102 と、変調部 104 と、乗算器 106 と、ドライバ回路 110 と、発光素子 112 とを有する。つまり、送信装置 100 の構成は、上記の可視光通信システム LS2 のものと同じである。一方、受信装置 200 は、イメージセンサ 232 と、DFT部と、復調部 208 と、P/S変換部 210 とを有する。但し、DFT部は、乗算器 204、及び積分回路 206 により構成される。なお、DFTとは、Discrete Fourier Transformの略である。上記のように、可視光通信システム LS2、LS3 の間の主な相違点は、受信装置 200 が有する受光手段の違いにある。そこで、この受光手段の違いを中心に説明する。

30

【0039】

イメージセンサ 232 は、送信装置 100 が有する複数の発光素子 112 から発せられた光を受信信号に変換する手段である。但し、イメージセンサ 232 は、受光位置に応じて各発光素子 112 を特定することができる。例えば、イメージセンサ 232 は、位置 (X1, Y1) の画素で受光された光を送信装置 100 の発光素子 112 (LED (W1)) が発光した光であると特定することができる。このように、イメージセンサ 232 の各画素に入力される光は、各発光素子 112 が発光した光となる。そのため、イメージセンサ 232 は、各発光素子 112 で発せられた光の受光強度に応じた受信信号を DFT部に入力する。ここで、キャリア周波数毎の変調信号を取り出すために FFT 処理ではなく DFT 処理を用いる理由は、イメージセンサ 232 の出力において既に信号がキャリア周波数毎に分離されているからである。イメージセンサ 232 の出力に DFT 処理が施され、その処理結果に対して復調部 208 で復調処理が施され、さらに、P/S変換部 210 で並直列変換が施されることで、送信データ d が復元される。

40

【0040】

以上、本実施形態の一変形例に係る可視光通信システム LS3 の構成について説明した。上記のような構成を用いることで、受信装置 200 が有する受光手段のダイナミックレンジを低く抑えることが可能になる。

【0041】

[可視光通信システム LS4 の構成]

次に、図 4 を参照しながら、本実施形態に係る可視光通信システム LS2 の一変形例で

50

ある可視光通信システムLS4の構成について説明する。図4は、本実施形態の一変形例に係る可視光通信システムLS4の一構成例を示す説明図である。

【0042】

図4に示すように、可視光通信システムLS4は、送信装置100と、受信装置200とにより構成される。送信装置100は、S/P変換部102と、変調部104と、乗算器106と、ドライバ回路110と、発光素子152とを有する。但し、本変形例の送信装置100に設けられた複数の発光素子152は、互いに異なる色(光周波数 $C_1 \sim C_n$)で発光するものである。一方、受信装置200は、受光素子252と、DFT部と、復調部208と、P/S変換部210とを有する。但し、DFT部は、乗算器204、及び積分回路206により構成される。上記のように、可視光通信システムLS2、LS4の間の主な相違点は、送信装置100が有する発光手段、及び受信装置200が有する受光手段の違いにある。そこで、これら手段の違いを中心に説明する。

10

【0043】

上記の可視光通信システムLS2と同様に、各発光素子152(LED(C_1)~LED(C_n))は、それぞれ各キャリア周波数 $f_1 \sim f_n$ に対応するキャリア信号の信号振幅に応じた発光強度で発光する。但し、各発光素子152は、互いに異なる色($C_1 \sim C_n$)の光を発する。各色 $C_1 \sim C_n$ に信号を割り当てて伝送路多重することから、本変形例は、所謂WDM(Wave Length Division Multiplexing)の技術の本実施形態の可視光通信システムLS2に組み合わせたものと捉えることができる。各色 $C_1 \sim C_n$ の発光素子152から発せられた光は、受信装置200が有する各色 $C_1 \sim C_n$ の受光素子252で受光される。受光素子252には、対応する色のフィルタを有するPD(所謂カラーセンサ)が用いられる。各色の受光素子252から出力される信号に対し、DFT部でDFT処理が施され、復調部208で復調処理が施され、P/S変換部210で並直列変換が施されることで、送信データdが復元される。

20

【0044】

以上、本実施形態の一変形例に係る可視光通信システムLS4の構成について説明した。上記のような構成を用いることで、受信装置200が有する受光手段のダイナミックレンジを低く抑えることが可能になる。なお、WDMの場合には、発光素子152、及び受光素子252の光周波数特性に起因する色間干渉が問題となるが、本変形例の場合、OFDMキャリアの直交性により各色の信号が分離できるため、色間干渉が改善される。従って、本変形例によると、色間干渉の影響を考慮せずとも、OFDM方式の優れた通信特性を継承しつつ、発光手段及び受光手段に求められるダイナミックレンジを低く抑えることができる。その結果、既存のインフラを有効に利用しつつ、通信性能の高い小型で安価な可視光通信システムを構築することが可能になる。

30

【0045】

[可視光通信システムLS5の構成]

次に、図5を参照しながら、本実施形態に係る可視光通信システムLS2の一変形例である可視光通信システムLS5の構成について説明する。図5は、本実施形態の一変形例に係る可視光通信システムLS5の一構成例を示す説明図である。

【0046】

図5に示すように、可視光通信システムLS5は、送信装置100と、受信装置200とにより構成される。送信装置100は、S/P変換部102と、変調部104と、乗算器106と、ドライバ回路110と、発光素子112とを有する。但し、上記の可視光通信システムLS2とは、ドライバ回路110、及び発光素子112の数が異なる。特に、本変形例においては、キャリア信号の数 n よりもドライバ回路110、及び発光素子112の数 N が大きく($n < N$)なるように構成されている。一方で、受信装置200の構成は、可視光通信システムLS2のものと実質的に同一である。上記のように、可視光通信システムLS2、LS5の間の主な相違点は、送信装置100が有する発光手段の違いにある。

40

【0047】

50

まず、送信データ d は、 S/P 変換部 102 により直並列変換される。そして、 S/P 変換部 102 からキャリア数分のデータ列が出力される。但し、キャリア数は n である。 S/P 変換部 102 から出力される各キャリアに対応するデータ列は、変調部 104 により所定の多値数（例えば、2 値）で変調される。そして、変調部 104 から変調信号が出力される。変調部 104 から出力されるキャリア毎の変調信号は、乗算器 106 に入力される。乗算器 106 では、変調信号に各キャリア周波数 $f_1 \sim f_n$ に対応するキャリア正弦波信号 $\cos(2\pi f_1 t) \sim \cos(2\pi f_n t)$ が乗算される。但し、キャリア周波数 $f_1 \sim f_n$ に対応する n 個のキャリア正弦波信号は、互いに直交関係を有するものである。

【0048】

ここまでの処理は上記の可視光通信システム LS2 のものと同じである。しかし、乗算器 106 から出力されたキャリア信号は、複数のドライバ回路 110 に入力される。例えば、乗算器 106 でキャリア正弦波信号 $\cos(2\pi f_1 t)$ が乗算されたキャリア信号は、分岐されて 2 つのドライバ回路 110 (D_1 、 D_2) に入力される。ドライバ回路 110 は、発光素子 112 ($LED(W_1) \sim LED(W_N)$) 毎に設けられており、各発光素子 112 ($LED(W_1) \sim LED(W_N)$) を駆動するために用いられる。キャリア信号が入力されると、ドライバ回路 110 は、入力されたキャリア信号に基づいて発光素子 112 に供給される電流量を制御し、キャリア信号の信号振幅に応じた発光強度で各発光素子 112 を発光させる。この点は、可視光通信システム LS2 のものと同じであるが、同じキャリア信号に基づいて複数の発光素子 112 が発光制御される点が異なる。このような構成にすることで、キャリア信号の数 n よりも発光素子 112 の数 N が大きい場合 ($n < N$) にも本実施形態に係る技術を好適に用いることができる。

【0049】

以上、本実施形態に係る可視光通信システム LS5 の構成について説明した。上記の通り、本実施形態においては、各キャリア周波数に対応するキャリア信号をドライバ回路 110 の前段で加算せず、各キャリア信号の信号振幅に応じた発光強度で各発光素子 112 を発光させる構成に特徴がある。この特徴は、キャリア信号の数 n よりも発光素子 112 の数 N が大きい場合 ($n < N$) においても同様である。従って、ドライバ回路 110 の前段で各キャリア信号を加算しないために、OFDM 方式における PAPR 増加の問題が発生せず、各キャリア周波数に対応するドライバ回路 110 及び発光素子 112 に対して要求されるダイナミックレンジが低く抑えられる。その結果、小型で安価な LED 駆動回路及び LED を用いて、OFDM 方式による通信性能の向上効果を得ることが可能になるという格別の効果が得られる。

【0050】

[可視光通信システム LS6 の構成]

次に、図 6 を参照しながら、本実施形態に係る可視光通信システム LS2 の一変形例である可視光通信システム LS6 の構成について説明する。図 6 は、本実施形態の一変形例に係る可視光通信システム LS6 の一構成例を示す説明図である。

【0051】

図 6 に示すように、可視光通信システム LS5 は、送信装置 100 と、受信装置 200 とにより構成される。送信装置 100 は、 S/P 変換部 102 と、変調部 104 と、乗算器 106 と、ドライバ回路 110 と、発光素子 112 とを有する。但し、上記の可視光通信システム LS2 とは、ドライバ回路 110、及び発光素子 112 の数が異なる。特に、本変形例においては、キャリア信号の数 n よりもドライバ回路 110、及び発光素子 112 の数 N が小さく ($n > N$) なるように構成されている。また、乗算器 106 の後段に加算器が設けられている点も異なる。一方で、受信装置 200 の構成は、可視光通信システム LS2 のものと実質的に同一である。上記のように、可視光通信システム LS2、LS6 の間の主な相違点は、送信装置 100 が有する発光手段の違いにある。

【0052】

まず、送信データ d は、 S/P 変換部 102 により直並列変換される。そして、 S/P

10

20

30

40

50

変換部 102 からキャリア数分のデータ列が出力される。但し、キャリア数は n である。S/P 変換部 102 から出力される各キャリアに対応するデータ列は、変調部 104 により所定の多値数（例えば、2 値）で変調される。そして、変調部 104 から変調信号が出力される。変調部 104 から出力されるキャリア毎の変調信号は、乗算器 106 に入力される。乗算器 106 では、変調信号に各キャリア周波数 $f_1 \sim f_n$ に対応するキャリア正弦波信号 $\cos(2\pi f_1 t) \sim \cos(2\pi f_n t)$ が乗算される。但し、キャリア周波数 $f_1 \sim f_n$ に対応する n 個のキャリア正弦波信号は、互いに直交関係を有するものである。

【0053】

ここまでの処理は上記の可視光通信システム LS2 のものと同じである。しかし、複数の乗算器 106 から出力されたキャリア信号は、加算器に入力されて加算され、ドライバ回路 110 に入力される。例えば、乗算器 106 でキャリア正弦波信号 $\cos(2\pi f_1 t)$ が乗算されたキャリア信号、及び乗算器 106 でキャリア正弦波信号 $\cos(2\pi f_2 t)$ が乗算されたキャリア信号は、加算器に入力されて加算され、ドライバ回路 110 (D1) に入力される。ドライバ回路 110 は、発光素子 112 (LED(W1) ~ LED(WN)) 毎に設けられており、各発光素子 112 (LED(W1) ~ LED(WN)) を駆動するために用いられる。キャリア信号が入力されると、ドライバ回路 110 は、入力されたキャリア信号に基づいて発光素子 112 に供給される電流量を制御し、キャリア信号の信号振幅に応じた発光強度で各発光素子 112 を発光させる。この点は、可視光通信システム LS2 のものと同じであるが、加算後のキャリア信号に基づいて各発光素子 112 が発光制御される点が異なる。このような構成にすることで、キャリア信号の数 n よりも発光素子 112 の数 N が小さい場合 ($n > N$) にも本実施形態に係る技術を好適に用いることができるようになる。

【0054】

以上、本実施形態に係る可視光通信システム LS6 の構成について説明した。上記の通り、本変形例においては、全てのキャリア周波数に対応する全てのキャリア信号をドライバ回路 110 の前段で加算せず、一部のキャリア信号を加算した加算後のキャリア信号の信号振幅に応じた発光強度で各発光素子 112 を発光させる構成に特徴がある。従って、ドライバ回路 110 の前段で全てのキャリア信号を加算しない分だけ、OFDM 方式における PAPR 増加の問題が抑制され、各ドライバ回路 110 及び発光素子 112 に対して要求されるダイナミックレンジが低く抑えられる。その結果、小型で安価な LED 駆動回路及び LED を用いて、OFDM 方式による通信性能の向上効果を得ることが可能になるという格別の効果が得られる。

【0055】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は係る例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0056】

上記の説明においては、発光手段として LED を例に挙げて説明した。しかしながら、発光手段としては、LED の他にも、例えば、LD、SLD 等の半導体発光素子、蛍光灯、ブラウン管 (CRT) ディスプレイ装置、プラズマディスプレイ (PDP) 装置、有機電界発光 (EL) ディスプレイ装置、液晶ディスプレイ (LCD) 装置等が用いられる。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図 1】OFDM 方式を採用した可視光通信システムの構成の一例を示す説明図である。

【図 2】本発明の一実施形態に係る可視光通信システムの一構成例を示す説明図である。

【図 3】同実施形態の一変形例に係る可視光通信システムの一構成例を示す説明図である。

【図 4】同実施形態の一変形例に係る可視光通信システムの一構成例を示す説明図である

。【図5】同実施形態の一変形例に係る可視光通信システムの一構成例を示す説明図である

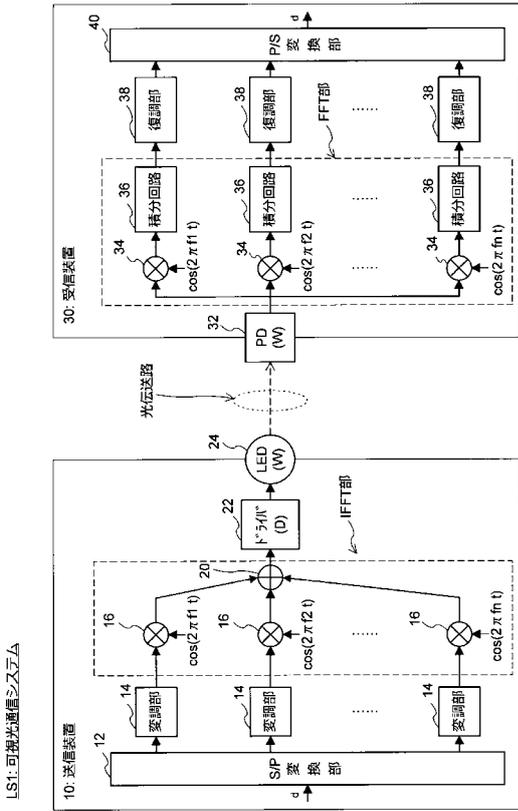
。【図6】同実施形態の一変形例に係る可視光通信システムの一構成例を示す説明図である

。【符号の説明】

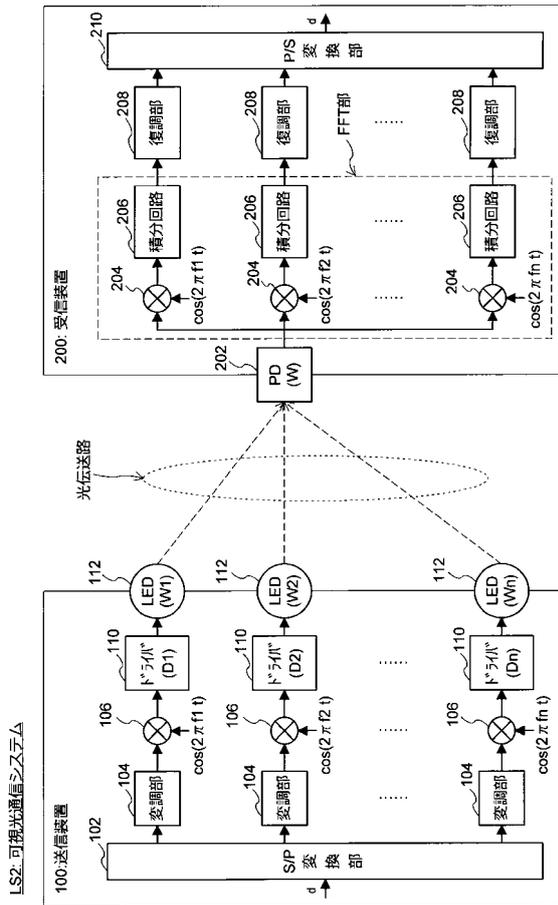
【0058】

LS2	可視光通信システム	
LS3	可視光通信システム	
LS4	可視光通信システム	10
LS5	可視光通信システム	
LS6	可視光通信システム	
100	送信装置	
102	S/P変換部	
104	変調部	
106	乗算器	
110	ドライバ回路	
112	発光素子	
152	発光素子	
200	受信装置	20
202	受光素子	
252	受光素子	
204	乗算器	
206	積分回路	
208	復調部	
210	P/S変換部	
232	イメージセンサ	

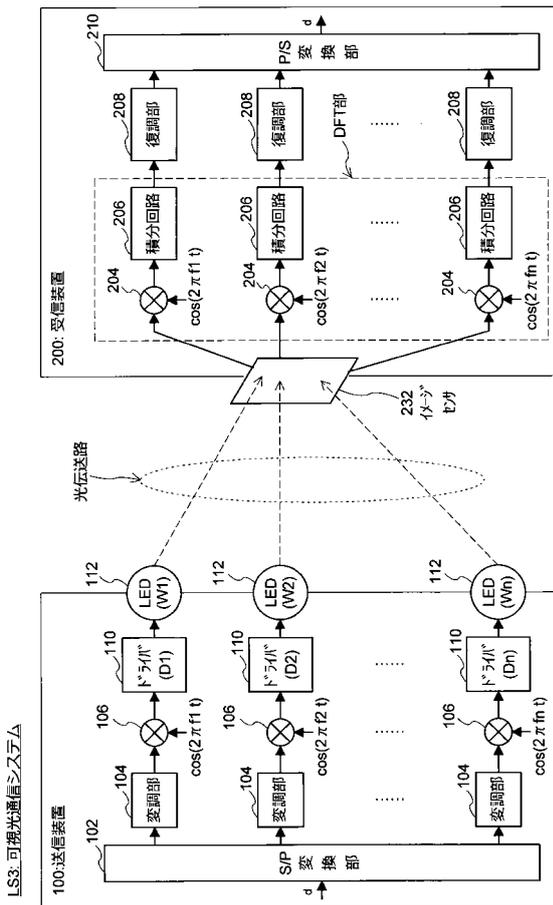
【図1】



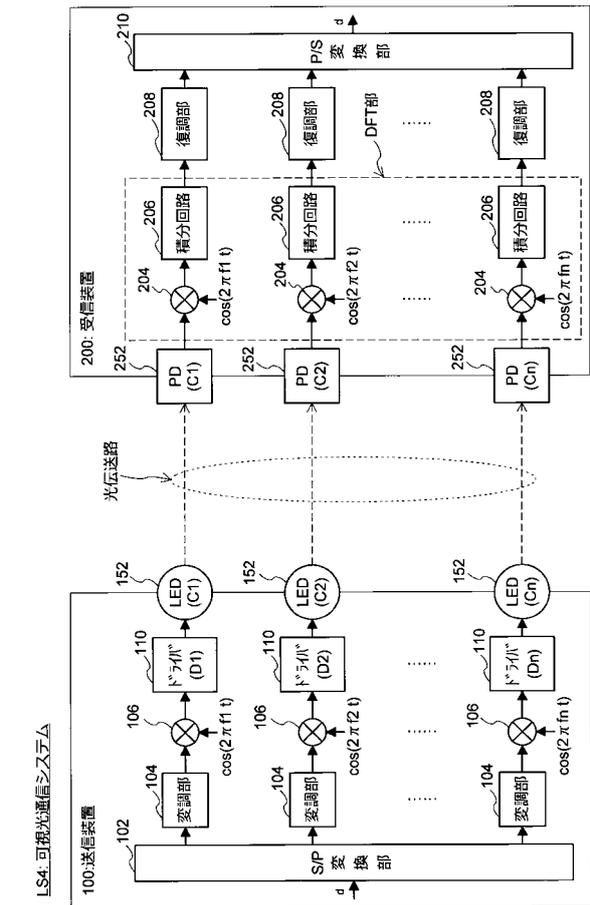
【図2】



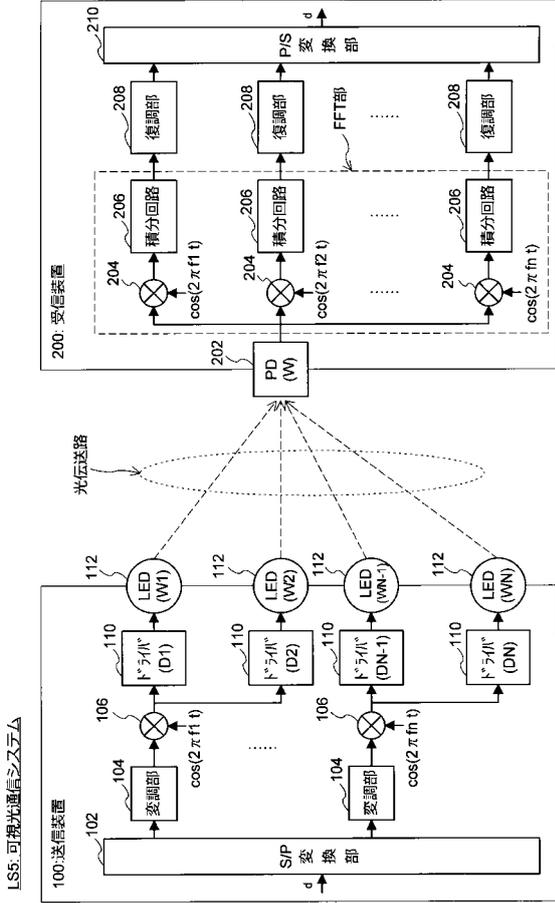
【図3】



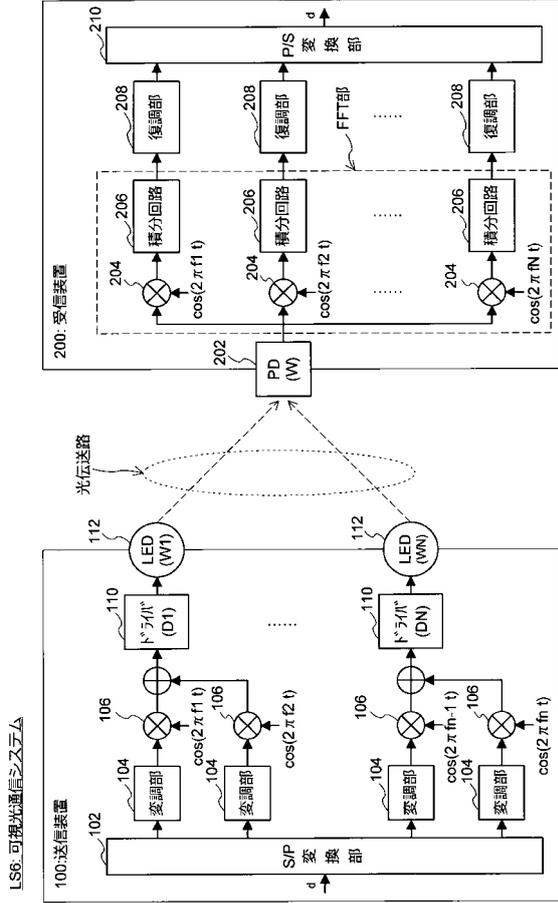
【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

審査官 後澤 瑞征

- (56)参考文献 特開2000-124860(JP,A)
特開2003-318836(JP,A)
特開2006-092486(JP,A)
特開2008-252444(JP,A)
特開平11-234232(JP,A)
特開2007-082098(JP,A)
特開2004-336784(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/90

H04J14/00-14/08