(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6077310号
(P6077310)

(45)発行日　平成29年2月8日(2017.2.8)　(24)登録日　平成29年1月20日(2017.1.20)

(51)Int.Cl.		F I		
H05B 37/02	(2006.01)	H05B	37/02	C
H04B 10/116	(2013.01)	H05B	37/02	D
		H04B	10/116	

請求項の数 4　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2013-3572(P2013-3572)
(22)出願日　平成25年1月11日(2013.1.11)
(65)公開番号　特開2014-135232(P2014-135232A)
(43)公開日　平成26年7月24日(2014.7.24)
審査請求日　平成27年8月11日(2015.8.11)

(73)特許権者　505398941
東日本高速道路株式会社
東京都千代田区霞が関三丁目３番２号
(73)特許権者　505398952
中日本高速道路株式会社
愛知県名古屋市中区錦二丁目１８番１９号
(73)特許権者　505398963
西日本高速道路株式会社
大阪府大阪市北区堂島一丁目６番２０号
(73)特許権者　507194017
株式会社高速道路総合技術研究所
東京都町田市忠生一丁目４番地１
(73)特許権者　000195029
星和電機株式会社
京都府城陽市寺田新池３６番地
最終頁に続く

(54)【発明の名称】トンネル照明システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ＬＥＤその他の光源から出力された照明光を点滅又は変調させて照明光通信を行なう可視光通信機能を有しており且つトンネルに対向配列方式により配置される複数の照明器具と、前記照明器具を制御するコントローラとを備え、トンネル照明を制御及び／又は管理するために必要な制御情報、計測情報及び／又は管理情報を前記照明器具の可視光通信機能を用いて各照明器具にトンネルの一方の坑口から他方の坑口にかけて又は他方の坑口から一方の坑口にかけて順に伝送する構成になっており、対向配置された一方側の照明器具は、対向配置された他方側の照明器具の照明光の明るさを検出し、当該検出結果を当該器具の汚れ情報として前記可視光通信機能を用いて前記他方側の照明器具に送信する機能を有した構成になっている一方、対向配置された他方側の照明器具は、前記可視光通信機能を用いて前記汚れ情報を受信し、当該汚れ情報に基づいて自機の照明光の明るさを補正する機能を有した構成になっていることを特徴とするトンネル照明システム。

【請求項２】

前記コントローラにより、トンネル照明の制御が前記トンネル内で設定された所定区間毎に行なわれる場合の請求項１記載のトンネル照明システムにおいて、前記トンネルの当該区間の照明を担当する照明ブロックは、可視光通信機能を有した主照明器具と、複数の従照明器具と、前記コントローラにより生成された当該区間の制御指令に基づいて前記主照明器具及び従照明器具を制御する制御装置とを有していることを特徴とするトンネル照明システム。

【請求項３】
請求項２記載のトンネル照明システムにおいて、前記制御指令は、前記トンネルの区間を示す位置情報(制御装置機器アドレス)と、当該区間の照明の明るさ等を制御するための照明指令情報とが対になった内容になっていることを特徴とするトンネル照明システム。
【請求項４】
請求項２記載のトンネル照明システムにおいて、前記照明器具又はその周辺機器により計測された計測データを各照明器具に一方の坑口から他方の坑口にかけて順に伝送し、最終的に他方の坑口に位置する制御装置に伝送する構成になっているトンネル照明システム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明はトンネルに複数設置されたＬＥＤ灯具等の点灯を調光制御するトンネル照明システムに関する。
【背景技術】
【０００２】
従来のトンネル照明システムとして、トンネルに配置される複数の照明器具と、照明器具の各々を制御するコントローラとを備え、コントローラが照明器具の各々に設定された機器アドレスに基づいて各照明器具の調光制御を行なう基本構成になっているものがある（例えば、特許文献１等）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２０１１－１８４６６号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかしながら、上記従来のトンネル照明システムによる場合、全ての照明器具とコントローラとの間に通信線を施設することが必要不可欠となり、システム全体の低コストを図ることが困難という問題がある。しかもトンネルに設置された照明器具の台数が多く、これに伴ってメンテナンスが大変となり、この面でもコスト高になっている。
【０００５】
本発明は上記背景に鑑みて創作されたものであり、その目的とするところは、コスト上の問題を改善することが可能なトンネル照明システムを提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本発明に係るトンネル照明システムは、ＬＥＤその他の光源から出力された照明光を点滅又は変調させて照明光通信を行なう可視光通信機能を有しており且つトンネルに対向配列方式により配置される複数の照明器具と、前記照明器具を制御する分電盤（コントローラを含む）とを備え、トンネル照明を制御及び／又は管理するために必要な制御情報、計測情報及び／又は管理情報を前記照明器具の可視光通信機能を用いて各照明器具にトンネルの一方の坑口から他方の坑口にかけて又は他方の坑口から一方の坑口にかけて順に伝送する構成になっており、対向配置された一方側の照明器具は、対向配置された他方側の照明器具の照明光の明るさを検出し、当該検出結果を当該器具の汚れ情報として前記可視光通信機能を用いて前記他方側の照明器具に送信する機能を有した構成になっている一方、対向配置された他方側の照明器具は、前記可視光通信機能を用いて前記汚れ情報を受信し、当該汚れ情報に基づいて自機の照明光の明るさを補正する機能を有した構成になっている。
【０００７】
上記発明に係るトンネル照明システムによる場合、トンネル照明を制御及び／又は管理

するために必要な制御情報、計測情報及び／又は管理情報がコントローラにて生成された制御指令が可視光通信により各照明器具に伝送される構成になっているので、従来とは異なり、照明器具とコントローラとの間の通信線や電源線の施設が簡単になり、この点でシステム全体の低コスト化を容易に図ることが可能になる。しかも、トンネル照明の計測情報及び／又は管理情報を集中的に管理することが容易であることから、トンネル照明の管理等を効率的及び効果的に行なうことが可能になり、特にメンテナンス上のメリットが大きく、この面での低コスト化を図ることも可能になる。

また、上記発明に係るトンネル照明システムによる場合、トンネル内の排ガス等が照明器具のガラスに付着すると、一方側の照明器具の照明光の明るさが低下することを利用して、他方側の照明器具において、一方側の照明器具の汚れ具合を把握し、その汚れ情報を可視光通信機能を用いて同器具に伝送し、一方側の照明器具において、伝送された汚れ情報に基づいて自機の照明光の明るさをその汚れの程度に応じて補正する構成になっているので、メンテナンスの面でのメリットがあるだけでなく、特別なハードウエアを追加することなく排ガス等による照明光の明るさの低下の問題を緩和することができ、この面での低コスト化及び高性能化を容易に図ることが可能になる。また、対向配置された照明器具の機能によりそのガラスの汚れに応じた照明光の明るさの補正がリアルタイムに行なわれる。しかもトンネル保守管理作業に当たり、従来の例えば車に搭載の照度計による照度確認行為が不要となり、トンネルの走行(利用)車両に全く影響を及ぼすこともないことから、安全性が高まることになる。

【０００８】

前記分電盤(コントローラを含む)により、トンネル照明の制御が前記トンネル内で設定された所定区間毎に行なわれる場合、トンネルの当該区間の照明を担当する照明ブロックについては、可視光通信機能を有した主照明器具と、複数の従照明器具と、前記分電盤(コントローラを含む)より生成された当該区間の制御指令に基づいて前記主照明器具及び従照明器具を制御する制御装置とを有した構成とすることが好ましい。制御指令の例については、トンネルの区間を示す位置情報（制御装置機器アドレス）と、当該区間の照明の明るさ等を制御するための照明指令情報とが対になった内容のものがある。

【０００９】

上記発明に係るトンネル照明システムによる場合、トンネルに配置された主照明器具及び従照明器具が分電盤(コントローラを含む。)により照明ブロック毎に制御される構成になっているので、トンネルの所定区間に応じた適切な明るさの照明を行なうことが可能になり、走行の安全性が一層高まる。特に、主照明器具については、その機能面から従照明器具に比べて高価であり、所要台数を実質的に抑えることができることから、この点でシステム全体の低コスト化及び高性能化を容易に図ることが可能になる。

【００１２】

また、前記照明器具により計測された計測データを各照明器具に一方の坑口から他方の坑口にかけて順に伝送し、最終的に他方の坑口に位置する制御装置に伝送する構成としても良い。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】本発明の実施の形態に係るトンネル照明システムの模式的構成図である。

【図２】同システムの照明ブロックの基本構成を説明するためのブロック図である。

【図３】同システムの照明ブロックの主照明器具の構成図である。

【図４】同システムの照明ブロックの可視光通信機能を有しないタイプの従照明器具の構成図である。

【図５】同システムの照明ブロックの光送信機能を有したタイプの従照明器具の構成図である。

【発明を実施するための形態】

【００１４】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【００１５】
ここに例として挙げるトンネル照明システムは、図１に示されているように上下二車線のトンネルＴに沿って且つ対向配列方式により配置される複数の照明器具（本案例では主照明器具１０、従照明器具２０、３０及び制御装置４０を有した照明ブロック１Ａ～１Ｐを用いてトンネルＴの照明を行なっている。）と、トンネル照明の制御を照明ブロック１毎に行なう分電盤（コントローラを含む。）２とを備え、トンネル照明を制御及び管理するために必要な制御情報、計測情報及び管理情報を主照明器具１０及び従照明器具３０の可視光通信機能を用いて各主照明器具１０等にトンネルＴの一方の坑口ｈ１から他方の坑口ｈ２にかけて順に伝送する基本構成になっている。特に、主照明器具１０により計測される計測データ（計測情報）を主照明器具１０及び従照明器具３０の可視光通信機能を用いて各制御装置４０等にトンネルＴの一方の坑口ｈ１から他方の坑口ｈ２にかけて順に伝送し、最終的に坑口末端照明ブロック１Ｐの制御装置４０Ｐに伝送するようになっている。

【００１６】
本案例においては、主照明器具１０及び従照明器具３０の可視光通信機能をＬＥＤを用いた照明光通信により行なっており、その通信仕様については下記の通りである。
データ形式：ＪＥＩＴＡ　ＣＰ－１２２２準拠
送信変調方式：サブキャリア　２８．８ｋｂｐｓ
通信速度：４．８ｋｂｐｓ
ＬＥＤ：定電流による調光制御

【００１７】
また、トンネルＴの上り車線については、その進行方向に沿って設定された上り区間１～上り区間８に区分けされている一方、下り車線については、その進行方向に沿って設定された下り区間１～下り区間８に区分けされている。

【００１８】
上り区間１、２、３・・・・８の各照明については、照明ブロック１Ａ、１Ｃ、１Ｅ・・・・１Ｏ　が担当し、照明ブロック１Ａを用いて入口部照明、照明ブロック１Ｃ、１Ｅ、１Ｇ、１Ｉ、１Ｋ、１Ｍを用いて基本照明、照明ブロック１Ｏを用いて出口部照明が各々行われるようになっている。一方、下り区間１、２、３・・・・８の各照明については、照明ブロック１Ｂ、１Ｄ、１Ｆ・・・・１Ｐが各々担当し、照明ブロック１Ｐを用いて入口部照明、照明ブロック１Ｎ、１Ｌ、１Ｊ、１Ｈ、１Ｆ、１Ｄを用いて基本照明、照明ブロック１Ｂを用いて出口部照明が各々行われるようになっている。これらの照明器具としては、低消費電力であり且つ照明光通信に適したＬＥＤ灯具を使用している。

【００１９】
トンネル照明の制御等を照明ブロック１Ａ～１Ｐ毎に行うために該当照明ブロック１内の制御装置４０に対して管理番号（制御装置機器アドレス）が各々指定されている。

【００２０】
分電盤２にて生成される制御指令は、上記管理番号（トンネルＴの区間を示す位置情報にも相当）と、当該管理番号に対応する区間の照明器具の照明光の明るさ等を制御するための調光指令データ（照明指令情報に相当）等とが対になった内容になっている。このような制御指令（制御情報）が電文（テキストデータ）の形式で各照明ブロック１Ａ～１Ｐに順に伝送されるようになっている。そして照明ブロック１Ａ～１Ｐの各主照明器具１０Ａ～１０Ｐにおいて、同器具１０のＬＥＤ点灯情報（ＬＥＤ点灯電流（振幅調光）、ＬＥＤ累積点灯時間、ＬＥＤ灯具の照明光の明るさ計測情報）が常時計測されており、制御指令を次段の照明ブロック１に送信する際に当該計測情報が付加されるようになっている。

【００２１】
図１中の矢印は本案例の上記した制御情報等の光空間通信上の流れを便宜上示したもので、照明ブロック１Ａの主照明器具１０Ａと照明ブロック１Ｂの主照明器具１０Ｂとの間は対向光通信、照明ブロック１Ｂの主照明器具１０Ｂと照明ブロック１Ｃの主照明器具１０Ｃとの間は斜め光通信である。他の照明ブロック間についても同様である。

【００２２】
照明ブロック１の基本形については、図２に示されているように３種類のＬＥＤ灯具の組み合わせになっており、器具自体は合計約３０台である。具体的には、トンネルＴの該当区間の一部エリアの照明を担当する１台の主照明器具１０と、該当区間の他のエリアの照明を担当する複数台の従照明器具２０、３０と、分電盤２にて生成される制御指令に基づいて照明ブロック１の全体を主照明器具１０の関与の下で制御する制御装置４０とを備え、主照明器具１０と制御装置４０との間が通信ラインＬ１を通じて相互接続され、主照明器具１０と従照明器具２０、３０との間が通信ラインＬ２を通じて接続されている。
【００２３】
図１中のａ～ｈは、照明ブロック１Ａ及び照明ブロック１Ｂを中心とした制御情報等のデータの流れ等を便宜上示したものである。即ち、ａ：照明ブロック１Ａの制御装置４０Ａにおいて、分電盤２から転送された制御指令（制御情報）を受信する。ｂ：照明ブロック１Ａの制御装置４０Ａにおいて、受信した制御指令に含まれた照明ブロック内電文（調光指令値）を照明ブロック１Ａの主照明器具１０Ａに転送する（照明ブロック内通信）。ｃ：照明ブロック１Ｂの主照明器具１０Ｂにおいて、照明ブロック1Aの照明光の明るさを計測するとともにその計測情報を照明ブロック１Ａの主照明器具１０Ａに送信する（照明ブロック間光通信）。ｄ：照明ブロック１Ａの主照明器具１０Ａにおいて、受信した当該計測情報により補正された照明ブロック１Ａの調光指令値に基づいて光束自律調整を行ってＬＥＤ点灯電流を調整し（後記する自灯具光束減衰抑制機能及び光束自律調整機能に基づく）、当該調光指令値を照明ブロック１Ａの従照明器具２０、３０に転送し（照明ブロック内通信）、従照明器具２０、３０を主照明器具１０Ａと同様に調光制御を行なわせる。ｅ：照明ブロック１Ａの主照明器具１０Ａにおいて、ＬＥＤ点灯情報を制御装置４０Ａに転送する（照明ブロック内通信）。ｆ：照明ブロック１Ａの制御装置４０Ａにおいて、照明ブロック１の管理情報／計測情報（照明ブロックの管理番号、調光指令値、ＬＥＤ点灯情報）を後段の照明ブロック１の制御情報（調光指令値）とともに照明ブロック１Ａの主照明器具１０Ａに送信する（照明ブロック間光通信）。ｇ：照明ブロック１Ａの主照明器具１０Ａにおいて、受信した照明ブロック１の管理情報／計測情報等を照明ブロック１Ｂの主照明器具１０Ｂに送信する（照明ブロック間光通信）。ｈ：照明ブロック１Ｂの主照明器具１０Ｂにおいて、受信した照明ブロック１の制御情報等を照明ブロック１Ｂの制御装置４０Ｂに転送する（照明ブロック内通信）。なお、照明ブロック１Ｂ以降の制御情報等のデータの流れについても上記と同様であるので、その説明は省略する。
【００２４】
以下、照明ブロック１の構成の詳細について説明する。但し、照明ブロック１Ａ～１Ｐについては、同様の構成であることから、照明ブロック１Ａの構成についてのみ説明するものとし、他の照明ブロック１Ｂ～１Ｐについては、その説明を省略するものとする。まず、主照明器具１０Ａについては、送受信の可視光通信機能を有し、図３に示されているように光源の照明用ＬＥＤランプ１００から出力された照明光を点滅させて照明光通信を行なう構成になっている。従照明器具３０Ａについては、図５に示すように主照明器具１０と似通った構成であるが、送信の可視光通信機能のみ有している。従照明器具２０Ａについては、可視光通信機能を有しておらず、図４に示すように主照明器具１０の機能により従照明器具３０とともに調光制御される構成となっている。
【００２５】
主照明器具１０Ａの基本的機能については、上記制御指令を受信し、受信した制御指令に係る制御信号に含まれる照明ブロック１Ａの担当照明区間の調光指令データに基づいて自器具１０Ａ及び従照明器具２０Ａ及び３０Ａの調光制御を行い、自器具１０ＡのＬＥＤ点灯情報を計測し、受信した制御情報を当該ＬＥＤ点灯情報とともに次段の照明ブロック１Ｂに送信するようになっている（照明光通信）。また、主照明器具１０Ａの付加的機能については、対向主照明器具１０Ｂの照明光の明るさを可視光通信用のフォトダイオード２００により計測し、当該計測結果をトンネルＴ内の排ガスによる対向主照明器具１０Ｂのガラスの汚れ情報として対向主照明器具１０Ｂに送信し（照明光通信）、その一方で、

対向主照明器具１０Ｂから送信された自器具１０Ａの汚れ情報を受信し（照明光通信）、受信した自器具１０Ａの汚れ情報に基づいて自器具１０Ａの照明光の明るさ（調光指令データ）を自器具１０Ａのガラスの汚れに伴う光束低下を抑制する方向に補正するようになっている。

【００２６】

なお、上記のような光空間通信（灯具間単方向通信）が可能になるように主照明器具１０、従照明器具２０及び従照明器具３０の配置等が決定されている。逆に言えば、上記のような光空間通信が可能である限り、主照明器具１０、従照明器具２０及び従照明器具３０の配置等が任意であり、コスト対効果が最も高いものを決定すれば良い。

【００２７】

次に、主照明器具１０の構成の詳細について図３を参照して説明する。主照明器具１０については、照明光を出力する光源として照明用ＬＥＤランプ１００と、定電流駆動回路１０１と、照明用ＬＥＤランプ１００の点灯電流を生成するとともに照明用ＬＥＤランプ１００のＬＥＤ点灯電流の大きさを制御するためのＤＡ変換回路１０２と、照明用ＬＥＤランプ１００の照明光の明るさを検出する光束センサ１０３と、対向主照明器具１０から照明光を受光するフォトダイオード２００と、フォトダイオード２００の後段に接続されたＰＤプリアンプ２０１及び増幅回路２０２と、フォトダイオード２００にて受信された変調信号の所定帯域成分を抽出するためのバンドパスフィルタ回路２０３及びＡＤ変換回路２０４と、従照明器具２０、及び次段の照明ブロック１に対する制御指令と照明器具のＬＥＤ点灯情報（ＬＥＤ点灯電流（振幅調光）、ＬＥＤ累積点灯時間、ＬＥＤ灯具の明るさ計測情報）を送信する通信回路（ドライバ）４０１と、制御装置４０との間で相互通信するための通信回路（ドライバ／レシーバ）４０２と、主照明器具１０を制御する制御部３００とを有した構成になっている。

【００２８】

制御部３００については、制御装置４０と同じくマイクロコンピュータを主要構成とするもので、制御装置４０と一体になって、変調信号復調処理機能、制御指令転送機能、制御指令更新機能、光束自律調整機能、対向灯具光束減衰抑制機能、自灯具光束減衰抑制機能、各種データ計測機能を発揮するようになっている。

【００２９】

変調信号復調処理機能については次のような内容になっている。即ち、制御指令（照明ブロック間通信用）がフォトダイオード２００等を通じて受信され、これに伴って、制御指令に係る変調信号がＡＤ変換回路２０４を通じて制御部３００に入力されると、復調処理するとともに受信されたデータ（制御指令とＬＥＤ点灯情報）を制御装置４０に伝送を行う。

【００３０】

制御指令転送機能については次のような処理内容になっている。即ち、主照明器具１０Ａ、１０Ｂ、１０Ｃ、１０Ｅ、１０Ｇ、１０Ｉ、１０Ｋ、１０Ｍ、１００の各制御部３００に関しては、制御装置４０から導かれた制御指令を次段の主照明器具１０に転送するために、制御指令に係るデータに基づいて送信データの符号化（本案例では４ＰＰＭ符号化）を行い、定電流駆動回路１０１をオンオフ制御して照明用ＬＥＤランプ１００を用いた照明光通信を行う。主照明器具１０Ｄ、１０Ｆ、１０Ｈ、１０Ｊ、１０Ｌ、１０Ｎの各制御部３００に関しては、制御装置４０から出力された制御指令を次段の主照明器具１０に転送するために、制御指令を通信回路４０１を用いて従照明器具２０又は３０に出力する。このような処理が制御指令が入力される度に行われる。

【００３１】

制御指令更新機能については次のような処理内容になっている。即ち、制御装置４０から伝送された制御指令（照明ブロック通信用）に含まれる調光指令データを所定レジスタに記録保持して上書きする。このような処理が制御指令（照明ブロック通信用）が入力される度に行われる。

【００３２】

光束自律調整機能については次のような処理内容になっている。即ち、最新の調光指令データに係る調光指令値に基づいて照明用ＬＥＤランプ１００の照明光の明るさを負帰還制御する。具体的には、光束センサ１０３の検出データを入力して照明光の明るさを検出し、当該調光指令値との偏差量のデータをＤＡ変換回路１０２に出力し、定電流駆動回路１０１を用いて照明用ＬＥＤランプ１００の点灯電流を制御する。また、主照明器具１０だけでなく従照明器具２０，３０についても同一の調光制御を行なうために、照明用ＬＥＤランプ１００の点灯電流値のデータをドライバ４０１を用いて従照明器具２０，３０に出力する。このような処理が常時行われる。

【００３３】

対向灯具光束減衰抑制機能については次のような処理内容になっている。即ち、主照明器具１０は、照明ブロック間通信用の制御指令を含む電文を光空間通信（可視光通信）により受信している。この時の光空間通信の受信レベルは、対向配置された主照明器具１０の照明光の明るさに対応しており、主照明器具１０のＡＤ変換回路２０４の出力データの最大値で示される。この受信レベル（灯具照度データ）を対向配置された主照明器具１０に送信するために、灯具照度データに係るデータに基づいて送信データの符号化（４ＰＰＭ符号化）を行い、定電流駆動回路１０１をオンオフ制御して照明用ＬＥＤランプ１００を用いた照明光通信を行う。このような処理を照明ブロック間通信用の制御指令を含む電文を受ける度に行なわれる。なお、対向配置された主照明器具１０の前面ガラスが汚れると、自照明器具の受信レベル（計測値）低下する。この対向当具照度データ（対向当具汚れ情報）を計測するとともに、対向配置された主照明器具１０に送信する機能が対向灯具光束減衰抑制機能である。

【００３４】

自灯具光束減衰抑制機能については次のような処理内容になっている。即ち、対向配置された主照明器具１０の対向灯具光束減衰抑制機能により送信された当該灯具照度データが主照明器具１０のフォトダイオード２００にて受信され、これに伴って、対向灯具照度データに係る変調信号がＡＤ変換回路２０４を通じて制御部３００に入力されると、当該対向灯具照度データ（自灯具汚れ情報）に基づいて照明用ＬＥＤランプ１００の照明光の明るさを補正する。具体的には、光束自律調整機能にて行なわれる照明用ＬＥＤランプ１００のＬＥＤ点灯電流値（ＤＡ変換回路１０２の設定値）を当該対向灯具照度データに応じて補正する。このような処理が灯具照度データが入力される度に行われる。

【００３５】

各種データ計測機能については、主照明器具１０の点灯情報（本案例では、ＬＥＤ点灯電流、ＬＥＤ累積点灯時間及び照明光の明るさ等の各種データである。）を下記の方法で取得し、最終的に坑口末端照明ブロック１Ｐの制御装置４０Ｐに伝送する。

【００３６】

調光指令データは、制御指令更新機能を利用して取得している。ＬＥＤ点灯電流は、光束センサ１０３を用いた対向の照明器具からの光通信を利用した光束自律調整機能及び自灯具光束減衰抑制機能を用いて取得している。ＬＥＤ累積点灯時間は、照明用ＬＥＤランプ１００の駆動時間を計数する方法で取得している。照明光の明るさは、ＡＤ変換回路２０４の出力データ（変調信号）の最大値より取得している。

【００３７】

このような方法で取得された主照明器具１０の点灯情報を坑口末端照明ブロック１Ｐの制御装置４０Ｐに転送するために、制御装置機器アドレス及び点灯情報に係るデータに基づいて送信データの符号化（４ＰＰＭ符号化）を行い、定電流駆動回路１０１をオンオフ制御して照明用ＬＥＤランプ１００を用いた照明光通信を行う。このような処理が所定のタイミングで行なわれる。

【００３８】

従照明器具３０の構成については図５に示されているように照明用ＬＥＤランプ６０２、定電流駆動回路６０３、ＤＡ変換回路６０４、レシーバ６０１及び制御部６０５を有し、主照明器具１０を簡略化した内容になっている。主照明器具１０と大きく異なるのは、

上記したように受信用の可視光通信機能がない点である。主照明器具１０から転送された照明ブロック内通信の制御指令に基づいて照明用ＬＥＤの調光制御を行なう点と、照明用ＬＥＤランプ６０２を用いて照明ブロック間通信用の制御指令・ＬＥＤ点灯情報を次段の照明ブロック１に伝送する（照明光通信）点については、主照明器具１０の機能と同様である。

【００３９】

従照明器具２０の構成については図４に示されているように照明用ＬＥＤランプ５０５、定電流駆動回路５０４、レシーバ５０１、ドライバ５０２及び制御部５０３を有し、主照明器具１０をより簡略化した内容になっている。主照明器具１０と大きく異なるのは、上記したように可視光通信機能がない点と、照明用ＬＥＤランプ５０５の照明光の調光制御が主照明器具１０の下で行なわれる点と、主照明器具１０から送信されたＬＥＤ点灯電流の制御指令値のデータに係る信号をドライバ５０２を用いて他の従照明器具２０に出力する機能が追加されている点である。

【００４０】

制御装置４０については、マイクロコンピュータを主要構成とするものであり、メモリに予め記録されたソフトウエアがＣＰＵにより処理されることにより、次のような機能を発揮するようになっている。即ち、主照明器具１０から転送された制御指令を含む電文を受信し、その内容を解読するとともに、自照明ブロックの管理番号（制御装置機器アドレス）が一致した制御信号に係る制御指令を抽出し、主照明器具１０へ転送する。

【００４１】

なお、主照明器具１０の制御指令転送機能、制御指令更新機能及び光束自律調整機能については、制御装置４０から転送された自照明ブロックの制御指令を主照明器具１０が受信することにより上記の通り発揮されるようになっている。

【００４２】

照明ブロック１Ａ～１Ｏにおける制御装置４０Ａ～４０Ｏの機能については上記した通りであるが、坑口末端照明ブロック１Ｐの制御装置４０Ｐについては、次のような機能が付加されている。即ち、照明ブロック１Ａ～１Ｐの照明器具より転送された各照明ブロック１の調光指令値及びＬＥＤ点灯情報（ＬＥＤ点灯電流、ＬＥＤ累積点灯時間、ＬＥＤ灯具の明るさ計測情報）をメモリに随時記録保持して、必要に応じてメモリを再生して外部出力可能な構成になっている。この調光指令値及びＬＥＤ点灯情報は、トンネルＴ内の照明器具の動作状態を示すもので、照明器具の保守情報として活用することができ、外部ネットワークと接続することで、照明器具の状態をリアルタイムに管理することもできる。

【００４３】

分電盤２については、マイクロコンピュータを有しており、トンネルＴに設置された照明ブロック１Ａ～１Ｐをマイクロコンピュータにて生成された制御指令により照明ブロック毎に制御する基本構成になっている。制御する対象については、本案例では、照明ブロック１Ａ～１Ｐの各主照明器具１０等の調光指令値による照明器具の照明光の明るさである。

【００４４】

上記のように構成されたトンネル照明システムについては以下のような効果を期待することができる。まず、制御指令が可視光通信により照明ブロック１Ａ～１Ｐに順次的に伝送される構成になっているので、照明ブロック１Ａ～１Ｐと分電盤２との間の通信線や電源線の工事が非常に簡単になる。主照明器具１０及び従照明器具２０，３０がブロック単位で制御される構成になっているので、トンネルＴの区間に応じた適切な明るさの照明を行なうことが可能になり、走行の安全性が高まる。しかも、トンネル照明の管理に必要な調光指令値及びＬＥＤ点灯情報を集中的に管理することが容易であることから、トンネル照明の管理等を効率的及び効果的に行なうことが可能になり、特にメンテナンス上のメリットが大きく、この面での低コスト化を図ることも可能になる。また、主照明器具１０については、機能面から従照明器具２０，３０に比べて低価格であり且つ主照明器具１０の所要台数を実質的に抑えることができ、全体として大幅な低コスト化を図ることが可能に

なった。

【００４５】

特に、主照明器具１０において自灯具照度低下抑制機能等を有することから、トンネルＴ内の排ガス等が主照明器具１０のガラスに付着しても主照明器具１０の輝度が高くなり照明光の明るさが大きく変化することがない。この点で保守期間を長くすることができ、保守面での高性能化を図ることが可能になる。上記のように主照明器具１０の機能により、そのガラスの汚れに応じた補正がリアルタイムに行われる。しかもトンネル保守管理作業に当たり、従来の例えば車に搭載の照度計による照度確認行為が不要となり、トンネルの走行(利用)車両に全く影響を及ぼすこともないことから、安全性が高まることになった。

【００４６】

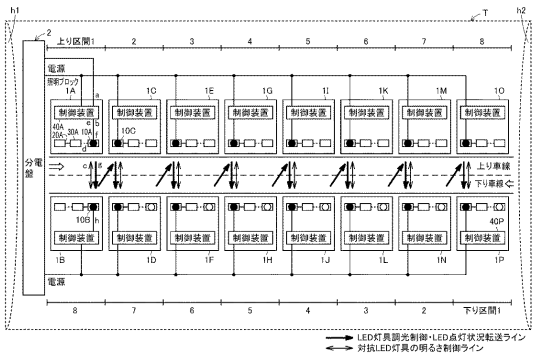
なお、本発明に係るトンネル照明システムについては、上記実施形態に限定されず以下のように設計変更することが可能である。まず、トンネル照明を制御及び／又は管理するために必要な制御情報、計測情報及び／又は管理情報の内容の形態については任意であり、これらの情報の伝送方向についても上記制御及び／又は管理を行なう機器等の位置に応じて適宜設計変更すれば良く、トンネル内の全区間ではなく一部区間の伝送でも構わない。また、照明ブロックの主照明器具及び従照明器具の互いの配置、各器具の機能については任意であり、制御装置の機能を主照明器具に持たせる形態でも良い。照明器具については、光源の種類につきＬＥＤだけでなく有機ＥＬや蛍光灯等であっても良い。可視光通信機能については、ＬＥＤ等の光源を点滅させる方式だけでなく、光源の前方に配置された液晶等のシャッターにより照明光を変調させる方式により実現したり、照明器具に外付けした光通信機器により実現するようにしても良い。また、可視光通信機能を有する照明器具を用いる代わりに、可視光通信機能を有した光学ユニット（周辺機器に相当）を照明器具に外付けする形態であっても良い。コントローラについては、分電盤に含めた形態ではなく、トンネルを含む広域の道路管理を行なう上位コンピュータの下で制御される形態を採用しても構わない。

【符号の説明】

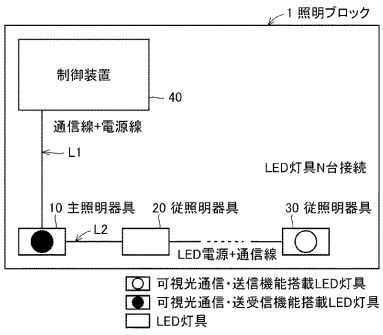
【００４７】

トンネル照明システム
１Ａ～１Ｐ　照明ブロック
１０　主照明器具（可視光通信送受信機能付き）
２０　従照明器具
３０　従照明器具（可視光通信送信機能付き）
４０　制御装置
２　分電盤（コントローラを含む）
Ｔ　トンネル
ｈ１，ｈ２　坑口

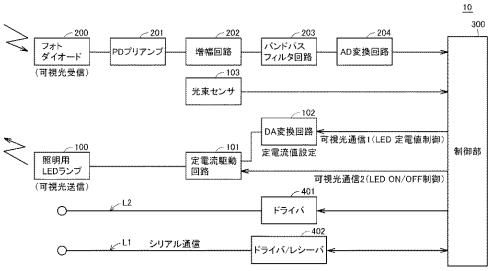
【図１】


h1
h2
T
2
上り区間1
2
3
4
5
6
7
8
電源
照明ブロック
1A
1C
1E
1G
1I
1K
1M
1O
制御装置
40A
20A
30A
10A
10C
分電盤
上り車線
下り車線
10B
40P
1B
1D
1F
1H
1J
1L
1N
1P
電源
8
7
6
5
4
3
2
下り区間1
LED灯具調光制御・LED点灯状況転送ライン
対抗LED灯具の明るさ制御ライン

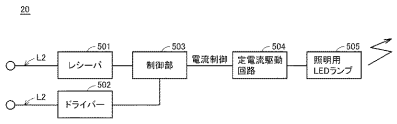
【図２】


1 照明ブロック
制御装置
40
通信線+電源線
L1
LED灯具N台接続
10 主照明器具
20 従照明器具
30 従照明器具
L2
LED電源+通信線
可視光通信・送信機能搭載LED灯具
可視光通信・送受信機能搭載LED灯具
LED灯具

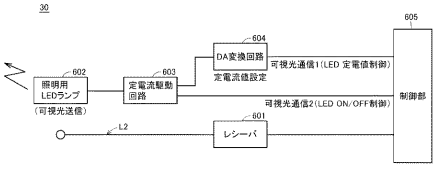
【図３】


10
300
200
フォト
ダイオード
(可視光受信)
201
PDプリアンプ
202
増幅回路
203
バンドパス
フィルタ回路
204
AD変換回路
103
光束センサ
102
DA変換回路
可視光通信1(LED 定電値制御)
定電流値設定
制御部
100
照明用
LEDランプ
(可視光送信)
101
定電流駆動
回路
可視光通信2(LED ON/OFF制御)
401
L2
ドライバ
L1
シリアル通信
402
ドライバ/レシーバ

【図４】


20
L2
501
レシーバ
503
制御部
電流制御
504
定電流駆動
回路
505
照明用
LEDランプ
L2
502
ドライバー

【図５】


30
605
604
DA変換回路
可視光通信1(LED 定電値制御)
定電流値設定
602
照明用
LEDランプ
(可視光送信)
603
定電流駆動
回路
制御部
可視光通信2(LED ON/OFF制御)
L2
601
レシーバ

フロントページの続き

(74)代理人　100104569
弁理士　大西　正夫
(72)発明者　萩尾　朋和
東京都町田市忠生一丁目４番１号　株式会社高速道路総合技術研究所内
(72)発明者　吉川　仲次
京都府城陽市寺田新池３６番地　星和電機株式会社内
(72)発明者　中川　隆夫
京都府城陽市寺田新池３６番地　星和電機株式会社内
(72)発明者　竹之内　光彦
京都府城陽市寺田新池３６番地　星和電機株式会社内
(72)発明者　古川　一茂
京都府城陽市寺田新池３６番地　星和電機株式会社内

審査官　松本　泰典

(56)参考文献　特開２００５－１１６５０６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－１４２２０４（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－３０４４６５（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－１４３１８９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０５Ｂ　　３７／０２
Ｈ０４Ｂ　　１０／１１６