

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6800003号
(P6800003)

(45) 発行日 令和2年12月16日(2020. 12. 16)

(24) 登録日 令和2年11月26日(2020. 11. 26)

(51) Int. Cl.	F 1				
GO8B 25/00 (2006.01)	GO8B	25/00	520A		
GO8B 17/00 (2006.01)	GO8B	17/00	A		
HO4W 84/22 (2009.01)	HO4W	84/22			
HO4W 16/18 (2009.01)	HO4W	16/18			

請求項の数 13 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2016-233740 (P2016-233740)	(73) 特許権者	000000295
(22) 出願日	平成28年12月1日(2016. 12. 1)		沖電気工業株式会社
(65) 公開番号	特開2018-92289 (P2018-92289A)		東京都港区虎ノ門一丁目7番12号
(43) 公開日	平成30年6月14日(2018. 6. 14)	(73) 特許権者	000229405
審査請求日	令和1年7月30日(2019. 7. 30)		日本ドライケミカル株式会社
			東京都北区田端六丁目1番1号
		(73) 特許権者	505389695
			首都高速道路株式会社
			東京都千代田区霞が関1-4-1
		(74) 代理人	100140958
			弁理士 伊藤 学
		(74) 代理人	100137888
			弁理士 大山 夏子
		(74) 代理人	100190942
			弁理士 風間 電司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トンネル用通信システム、通信装置、及び通信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

トンネルに沿って設置された複数の第1の通信装置と、
前記複数の第1の通信装置を監視する第2の通信装置と、
前記複数の第1の通信装置と前記第2の通信装置とを通信可能に接続するループ状の有線通信回線と、

を含み、

前記複数の第1の通信装置のそれぞれは、第1の無線通信部を有し、

前記第2の通信装置は、前記有線通信回線に複数の障害が生じたと判断した場合には、前記複数の第1の通信装置のうちの少なくとも1つに対して応答無線信号の送信を誘導する制御部を有する、

トンネル用通信システム。

【請求項2】

前記第2の通信装置は、第2の無線通信部をさらに有し、

前記制御部は、前記有線通信回線に複数の障害が生じたと判断した場合には、前記第2の無線通信部を、前記複数の第1の通信装置のうちの少なくとも1つに対して前記応答無線信号の送信を誘導する監視無線信号を送信させるように制御する、

請求項1に記載のトンネル用通信システム。

【請求項3】

有線信号を増幅する1つ又は複数の増幅装置をさらに含み、

前記増幅装置は、前記有線通信回線に接続され、第3の無線通信部を有する、
請求項1に記載のトンネル用通信システム。

【請求項4】

前記制御部は、前記有線通信回線に複数の障害が生じたと判断した場合には、前記増幅装置に対して誘導信号を前記有線通信回線を介して送信して、前記増幅装置を、前記複数の第1の通信装置のうち少なくとも1つに対して前記応答無線信号の送信を誘導する監視無線信号を送信させるように制御する、

請求項3に記載のトンネル用通信システム。

【請求項5】

前記有線通信回線は、前記複数の第1の通信装置と前記第2の通信装置を接続する第1の回線及び第2の回線を含み、前記第1の回線と前記第2の回線との端部は接続されており、

前記制御部は、

前記第2の通信装置が、前記第1の回線を介して前記複数の第1の通信装置へ第1の監視有線信号が送信されてから所定の時間内に、前記第1の回線を介して前記複数の第1の通信装置から送信された、前記第1の監視有線信号に対する応答である複数の第1の応答有線信号のうちの一部を受信することができない場合であって、且つ、

前記第2の通信装置が、前記第2の回線を介して前記複数の第1の通信装置へ第2の監視有線信号が送信されてから所定の時間内に、前記第2の回線を介して前記複数の第1の通信装置から送信された、前記第2の監視有線信号に対する応答である複数の第2の応答有線信号の一部を受信することができない場合には、

前記有線通信回線に複数の障害が生じたと判断する、

請求項2又は4に記載のトンネル用通信システム。

【請求項6】

前記監視無線信号は、前記第2の通信装置が前記所定の時間内に受信することができた前記第1の応答有線信号又は前記第2の応答有線信号を送信した前記第1の通信装置以外の前記第1の通信装置に対して、送信される、

請求項5に記載のトンネル用通信システム。

【請求項7】

前記第1の無線通信部はマルチホップ型無線通信装置である、請求項1から6のいずれか1項に記載のトンネル用通信システム。

【請求項8】

前記複数の第1の通信装置は、前記マルチホップ型無線通信装置の通信可能距離と比べて短い間隔を持って配置される、請求項7に記載のトンネル用通信システム。

【請求項9】

前記複数の第1の通信装置は、前記マルチホップ型無線通信装置の通信可能距離の半分の距離に比べて短い間隔を持って配置される、請求項7に記載のトンネル用通信システム。

【請求項10】

前記複数の第1の通信装置のそれぞれは、前記トンネルに設けられた火災検知装置と接続される、請求項1から9のいずれか1項に記載のトンネル用通信システム。

【請求項11】

トンネルに沿って設置された複数の通信装置を監視する監視装置であって、

ループ状の有線通信回線を介して前記複数の通信装置と通信可能に接続され、

前記有線通信回線に複数の障害が生じたと判断した場合には、前記複数の通信装置のうち少なくとも1つに対して応答無線信号の送信を誘導する制御部を備える、

監視装置。

【請求項12】

トンネルに沿って設置される通信装置であって、

ループ状の有線通信回線を介して前記通信装置を監視する監視装置と通信可能に接続さ

れ、

前記有線通信回線に複数の障害が生じた場合には、前記有線通信回線を介して前記監視装置より受信する応答無線信号の送信を誘導する制御情報に基づき、マルチホップ型無線通信を実施する無線通信部を備える、

通信装置。

【請求項 13】

トンネルに沿って設置された複数の第 1 の通信装置と、前記複数の第 1 の通信装置を監視する第 2 の通信装置と、前記複数の第 1 の通信装置と前記第 2 の通信装置とを通信可能に接続するループ状の有線通信回線とを含むトンネル用通信システムにおける通信方法であって、

前記第 2 の通信装置は、前記有線通信回線に複数の障害が生じたと判断した場合には、前記複数の第 1 の通信装置のうちの少なくとも 1 つに対して応答無線信号の送信を誘導する、

ことを含む通信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、トンネル用通信システム、通信装置、及び通信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

トンネル用防災システムは、トンネル内の火災等の災害を迅速、且つ、的確に把握し、道路監視者に通報すると共に、初期消火活動を実施する等、災害による被害の拡大を防止することを目的とするシステムである。例えば、トンネル用防災システムの一例としては、下記特許文献 1 に開示されたシステムを挙げることができる。

【0003】

このようなトンネル用防災システムにおいては、トンネル用通信システムを用いて、トンネル内に設けられた火災検知器や消火装置等の各種端末を監視装置によって監視、制御する。トンネル用防災システムは、安全にかかわるシステムであることから、どのような状況下であっても各種端末を監視、制御できることが求められる。従って、トンネル用防災システムで用いられるトンネル用通信システムは、どのような状況下であっても、監視装置と端末との間が通信可能な状態に維持されていることが求められる。

【0004】

例えば、下記特許文献 2 及び 3 に開示の発明においては、監視装置と端末とは有線通信回線によって通信可能に接続されている。そして、有線通信回線上で断線等の障害が生じた場合であっても、監視装置と端末との間を通信可能な状態維持するために、有線通信回線をループ状（監視装置と、監視装置から最も遠い端末との間を 2 つの回線で接続し、これら 2 つの回線は、監視装置から最も遠い端末において折り返し接続され、1 つの閉じた通信回線を形成する）に構成している。下記特許文献 2 及び 3 に開示の発明によれば、有線通信回線をループ状に構成することにより、有線通信回線上で障害が生じた場合であっても、通信経路を有線通信回線上の当該障害を避けるように迂回させることにより、監視装置と端末との間を通信可能な状態に維持することができる。

【0005】

また、例えば、下記特許文献 4 に開示の発明においては、監視装置と端末（信号制御機器）とは複数の無線通信装置を介して通信可能に接続されている。そして、複数の無線通信装置のうちの 1 台が故障した場合であっても、もしくは、特定の周波数の信号を用いての無線通信ができない場合であっても、他の無線通信装置を利用したり、他の周波数の信号を利用したりすることにより、監視装置と端末との間を通信可能な状態に維持することができる。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平9 - 282576号公報

【特許文献2】特開2008 - 011156号公報

【特許文献3】特開昭63 - 139442号公報

【特許文献4】特開2015 - 166217号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従来のトンネル用防災システムで用いられる通信システムにおいては、トンネルのような閉空間内での長距離通信が難しいことや、環境によって通信状態が影響を受けやすいことから、無線通信が利用されることはなく、上述のようなループ状の有線通信回線を用いた有線通信を利用することが一般的である。しかしながら、ループ状の有線通信回線を用いた有線通信においては、有線通信回線上に2か所以上の障害が生じた場合には、障害を避けて迂回する通信経路を確保することができなくなることがあり、監視装置と端末との間を通信可能な状態に維持することができないという問題があった。

【0008】

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、有線通信回線に複数の障害が生じた場合であっても、監視装置と各種端末との間を通信可能な状態に維持することが可能な、新規かつ改良されたトンネル用通信システム、通信装置、及び通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、トンネルに沿って設置された複数の第1の通信装置と、前記複数の第1の通信装置を監視する第2の通信装置と、前記複数の第1の通信装置と前記第2の通信装置とを通信可能に接続するループ状の有線通信回線とを含み、前記複数の第1の通信装置のそれぞれは、第1の無線通信部を有し、前記第2の通信装置は、前記有線通信回線に複数の障害が生じたと判断した場合には、前記複数の第1の通信装置のうちの少なくとも1つに対して応答無線信号の送信を誘導する制御部を有する、トンネル用通信システムが提供される。

【0010】

前記第2の通信装置は、第2の無線通信部をさらに有し、前記制御部は、前記有線通信回線に複数の障害が生じたと判断した場合には、前記第2の無線通信部を、前記複数の第1の通信装置のうちの少なくとも1つに対して前記応答無線信号の送信を誘導する監視無線信号を送信させるように制御してもよい。

【0011】

前記トンネル用通信システムは、有線信号を増幅する1つ又は複数の増幅装置をさらに含み、前記増幅装置は、前記有線通信回線に接続され、第3の無線通信部を有していてもよい。

【0012】

前記制御部は、前記有線通信回線に複数の障害が生じたと判断した場合には、前記増幅装置に対して誘導信号を前記有線通信回線を介して送信して、前記増幅装置を、前記複数の第1の通信装置のうちの少なくとも1つに対して前記応答無線信号の送信を誘導する監視無線信号を送信させるように制御してもよい。

【0013】

前記有線通信回線は、前記複数の第1の通信装置と前記第2の通信装置を接続する第1の回線及び第2の回線を含み、前記第1の回線と前記第2の回線との端部は接続されており、前記制御部は、前記第2の通信装置が、前記第1の回線を介して前記複数の第1の通信装置へ第1の監視有線信号が送信されてから所定の時間内に、前記第1の回線を介して前記複数の第1の通信装置から送信された、前記第1の監視有線信号に対する応答である

複数の第1の応答有線信号のうちの一部を受信することができない場合であって、且つ、前記第2の通信装置が、前記第2の回線を介して前記複数の第1の通信装置へ第2の監視有線信号が送信されてから所定の時間内に、前記第2の回線を介して前記複数の第1の通信装置から送信された、前記第2の監視有線信号に対する応答である複数の第2の応答有線信号の一部を受信することができない場合には、前記有線通信回線に複数の障害が生じたと判断してもよい。

【0014】

前記監視無線信号は、前記第2の通信装置が前記所定の時間内に受信することができた前記第1の応答有線信号又は前記第2の応答有線信号を送信した前記第1の通信装置以外の前記第1の通信装置に対して、送信されてもよい。

10

【0015】

前記第1の無線通信部はマルチホップ型無線通信装置であってもよい。

【0016】

前記複数の第1の通信装置は、前記マルチホップ型無線通信装置の通信可能距離と比べて短い間隔を持って配置されてもよい。

【0017】

前記複数の第1の通信装置は、前記マルチホップ型無線通信装置の通信可能距離の半分の距離に比べて短い間隔を持って配置されてもよい。

【0018】

前記複数の第1の通信装置のそれぞれは、前記トンネルに設けられた火災検知装置と接続されてもよい。

20

【0019】

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、トンネルに沿って設置された複数の通信装置を監視する監視装置であって、ループ状の有線通信回線を介して前記複数の通信装置と通信可能に接続され、前記有線通信回線に複数の障害が生じたと判断した場合には、前記複数の通信装置のうち少なくとも1つに対して応答無線信号の送信を誘導する制御部を備える監視装置が提供される。

【0020】

また、上記課題を解決するために、本発明のさらなる別の観点によれば、トンネルに沿って設置される通信装置であって、ループ状の有線通信回線を介して前記通信装置を監視する監視装置と通信可能に接続され、前記有線通信回線に複数の障害が生じた場合には、前記有線通信回線を介して前記監視装置より受信する応答無線信号の送信を誘導する制御情報に基づき、マルチホップ型無線通信を実施する無線通信部を備える通信装置が提供される。

30

【0021】

さらに、上記課題を解決するために、本発明のさらなる別の観点によれば、トンネルに沿って設置された複数の第1の通信装置と、前記複数の第1の通信装置を監視する第2の通信装置と、前記複数の第1の通信装置と前記第2の通信装置とを通信可能に接続するループ状の有線通信回線とを含むトンネル用通信システムにおける通信方法であって、前記第2の通信装置は、前記有線通信回線に複数の障害が生じたと判断した場合には、前記複数の第1の通信装置のうち少なくとも1つに対して応答無線信号の送信を誘導する、ことを含む通信方法が提供される。

40

【発明の効果】

【0022】

以上説明したように本発明によれば、有線通信回線に複数の障害が生じた場合であっても、監視装置と端末との間を通信可能な状態に維持することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の実施形態に係るトンネル用通信システム1の概要を示す説明図である。

【図2】トンネル用通信システム1の有線通信回線8上で1つの障害100が生じた場合

50

を説明するための説明図である。

【図 3】トンネル用通信システム 1 の有線通信回線 8 上で複数の障害 100 a、100 b が生じた場合を説明するための説明図である。

【図 4】本発明の実施形態に係るトンネル用通信システム 1 の詳細構成を説明するための説明図である。

【図 5】本発明の実施形態に係る監視装置 4 の構成を説明するための説明図である。

【図 6】本発明の実施形態に係る端末接続装置 60 の構成を説明するための説明図である。

【図 7】本発明の実施形態に係る増幅装置 66 の構成を説明するための説明図である。

【図 8】マルチホップ型無線通信を説明するための説明図である。

10

【図 9】本発明の実施形態に係る無線通信を説明するための説明図である。

【図 10】本発明の実施形態に係るトンネル用通信システム 1 の動作のフローチャートである。

【図 11】図 10 のステップ S101 及びステップ S103 を説明するための説明図 (その 1) である。

【図 12】図 10 のステップ S101 及びステップ S103 を説明するための説明図 (その 2) である。

【図 13】図 10 のステップ S105 及びステップ S107 を説明するための説明図 (その 1) である。

【図 14】図 10 のステップ S105 及びステップ S107 を説明するための説明図 (その 2) である。

20

【図 15】図 10 のステップ S109 を説明するための説明図である。

【図 16】本発明の実施形態に係る通信方法のステップ S111 及びステップ S113 を説明する説明図である。

【図 17】本発明の実施形態の第 1 の変形例に係るトンネル用通信システム 1 a を説明するための説明図である。

【図 18】本発明の実施形態の第 2 の変形例に係る監視装置 4 a の構成を説明するための説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

30

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。

【0025】

また、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複数の構成要素を、同一の符号の後に異なるアルファベットを付して区別する場合もある。例えば、実質的に同一の機能構成または論理的意義を有する複数の構成を、必要に応じて端末接続装置 60 a 及び端末接続装置 60 b のように区別する。ただし、実質的に同一の機能構成を有する複数の構成要素の各々を特に区別する必要がない場合、同一符号のみを付する。例えば、端末接続装置 60 a 及び端末接続装置 60 b を特に区別する必要が無い場合には、単に

40

端末接続装置 60 と称する。

【0026】

<<トンネル用通信システム 1 の構成の概要>>

本発明の実施形態は、道路 12 や鉄道等に設けられたトンネル 2 におけるトンネル用防災システムで用いられるトンネル用通信システム 1 に適用することができる。まず、図 1 を参照して、本発明の実施形態に係るトンネル用通信システム 1 の構成の概要を説明する。図 1 は、本実施形態に係るトンネル用通信システム 1 の概要を示す説明図である。本実施形態に係るトンネル用通信システム 1 は、トンネル 2 内で発生した火災等の災害を迅速、且つ、的確に把握し、道路監視者に通報すると共に、初期消火活動を実施する等、災害による被害の拡大を防止する動作を実施するトンネル用防災システムのための通信システ

50

ムである。従って、当該トンネル用通信システム 1 は、先に説明したように、どのような状況下であっても、トンネル 2 内に設けられた火災検知器（火災検知装置）14 や消火装置 16 等の各種端末を監視装置（第 2 の通信装置）4 によって監視、制御することができるよう、常に、監視装置 4 と端末との間が通信可能な状態に維持されることが求められる。

【0027】

トンネル用通信システム 1 は、図 1 に示すように、道路 12（詳細には、上り線 12a 及び下り線 12b）上のトンネル 2 内に設けられた火災検知器 14 や消火装置 16 等の各種端末を監視する監視装置 4 と、これらの端末とそれぞれ接続され、信号を伝送するための複数の接続装置 6（詳細には、端末接続装置 60 及び増幅装置 66）と、監視装置 4 と接続装置 6 とを通信可能に接続するループ状の有線通信回線 8 と主に有する。以下に、本実施形態のトンネル用通信システム 1 に含まれる各種装置について説明する。

【0028】

（監視装置 4）

監視装置 4 は、例えば、トンネル 2 の坑口又は上部の換気所通信機械室に設置され、後述する接続装置 6 を介してトンネル 2 内の各種端末（火災検知器 14、消火装置 16 等）を監視、制御する。例えば、監視装置 4 は、火災検知器 14 が火災を検知したといった火災検知器 14 の検知状態が変化した旨の通知を受け取った場合には、集中監視センタ（図示省略）の道路管理者に検知状態の変化を通知する。さらに、監視装置 4 は、当該通知を受けて道路監視者が消火装置 16 等に対して消火を行うように操作を行った場合には、当該操作に基づく制御信号を消火装置 16 へ送信する。

【0029】

（接続装置 6）

接続装置 6 は、トンネル 2 内の上り線道路 12a 及び下り線道路 12b に沿って、トンネル 2 内の床下に一定間隔をおいて列をなすように複数設置され、これら複数の接続装置 6 は、後述する有線通信回線 8 により直列に接続される。なお、接続装置 6 の個数は、トンネル 2 や有線通信回線 8 の長さ等に応じて任意に選択することができる。また、接続装置 6 の間隔は、火災検知器 14 や消火装置 16 の性能に応じた設置間隔で決定する。

【0030】

詳細には、本実施形態に係る接続装置 6 には、トンネル 2 内の各種端末（火災検知器 14、消火装置（水噴霧自動弁等）16、非常電話扉（図示省略）、非常口扉（図示省略）等）と上述の監視装置 4 との間のインターフェースである端末接続装置（第 1 の通信装置）60 と、後述する有線通信回線 8 を送信される有線信号を増幅する増幅装置 66 とが含まれる。なお、図 1 においては、上り線 12a、下り線 12b のそれぞれに、接続装置 6 としては、端末接続装置 60 及び増幅装置 66 を合わせて 10 個設置されているが、本実施形態においては、10 個に限定されるものではなく、トンネル 2 の長さに応じて設けることができる。また、図 1 においては、増幅装置 66 は、2 つの端末接続装置 60 を挟むように設けられているが、特にこれに限定されるものではない。増幅装置 66 の設置位置は、有線通信回線 8 の長さに応じて適切な順番、間隔で設けられていれば、特に限定されるものではないが、トンネル 2 の各端には増幅装置 66 が設けられる。

【0031】

端末接続装置 60 は、先に説明したようにトンネル 2 内の各種端末と接続されており、監視装置 4 から送信された信号を変換して上記端末に送信したり、当該端末からの信号を適切な信号に変換して監視装置 4 に送信したりすることができる。詳細には、端末接続装置 60 においては、火災検知器 14 等と接続される火災検知器側ブロック 62（図 6 参照）と、消火装置 16 等と接続される消火装置側ブロック 64（図 6 参照）とは、分離されて設けられている。そして、火災検知器側ブロック 62 は、後述する有線通信回線 8 のうちの回線 8a（第 1 の回線）に接続されている。一方、消火装置側ブロック 64 は、有線通信回線 8 のうちの回線（第 2 の回線）8b に接続されている。このように、火災検知器側ブロック 62 と消火装置側ブロック 64 とを分離して設けることにより、一方のプロッ

クで故障等が生じて、他方のブロックでの機能を阻害しないようにしている。

【 0 0 3 2 】

増幅装置 6 6 は、先に説明したように有線通信回線 8 を送信される有線信号を増幅することができる。さらに、増幅装置 6 6 は、トンネル 2 内に設けられた消火栓（図示省略）に内蔵された赤色表示灯や警報ベル（図示省略）に対して電源を供給したりすることもできる。

【 0 0 3 3 】

さらに、本実施形態に係るトンネル用通信システム 1 においては、各端末、さらに、端末制御装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 及び消火装置側ブロック 6 4 には、固有の識別情報（アドレス）がそれぞれ設定されている。例えば、監視装置 4 は、特定の端末からの通信を受信しようとする場合や、特定の端末を制御しようとする場合には、当該端末の識別情報が含まれた信号を送受信する。そして、各端末は、自己の識別情報が含まれている信号を監視装置 4 から受信した場合には、当該信号に基づいて所定の動作を行うこととなる。

【 0 0 3 4 】

（火災検知器 1 4 ）

トンネル 2 内に一定間隔で設置され、交通事故や車両故障によって発生する火災を検知し、上記監視装置 4 に火災を検知した旨を通報する機能を有する。また、常時、検知機能のレベルを一定に維持することができるように、監視装置 4 からの制御に基づき検知感度を自己試験することもできる。

【 0 0 3 5 】

（消火装置 1 6 ）

上述の火災検知器 1 4 と同様に、トンネル 2 内に一定間隔で設置され、発生した火災の拡大を避けるために、上記監視装置 4 からの制御に基づき、トンネル 2 内の所定の区画に対して消火用水を放水する機能を有する。例えば、消火装置 1 6 は、水噴霧自動弁等から構成される。

【 0 0 3 6 】

（有線通信回線 8 ）

有線通信回線 8 は、通信用回線と電源線とを含む多芯ケーブルから構成される、上述の監視装置 4 と複数の接続装置 6 とを通信可能に接続する伝送線である。詳細には、図 1 に示すように、有線通信回線 8 は、複数の接続装置 6 を直列に、且つ、二重に接続する 2 つの回線 8 a、8 b を有し、これら 2 つの回線 8 a の端部は、監視装置 4 から最も遠い接続装置 6 n において接続されている（詳細には、2 つの回線 8 a は、接続装置 6 n 内で接続される）。すなわち、有線通信回線 8 は、回線 8 a により、監視装置 4 から始まって、複数の接続装置 6 を介して接続装置 6 n まで接続し、さらに、回線 8 b により、当該接続装置 6 n から始まって、再び複数の接続装置 6 を介して監視装置 4 まで接続するような、ループ状の形態で構成されている。より具体的には、回線 8 a は、監視装置 4 と、複数の端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 と、複数の増幅装置 6 6 とを直列に接続する。回線 8 b は、監視装置 4 と、複数の端末接続装置 6 0 の各消火装置側ブロック 6 4 と、複数の増幅装置 6 6 とを直列に接続する。

【 0 0 3 7 】

<<トンネル用通信システム 1 の動作の概要>>

以上、本実施形態に係るトンネル用通信システム 1 の構成の概要を説明した。続いて、図 1 及び図 2 を参照して、本実施形態に係るトンネル用通信システム 1 における動作（通信方法）の概要を説明する。図 2 は、本実施形態に係るトンネル用通信システム 1 の有線通信回線 8 上で 1 つの障害 1 0 0 が生じた場合を説明するための説明図であって、詳細には、図 2 は、わかりやすくするために、図 1 の上り線 1 2 a に係るトンネル用通信システム 1 の構成のみを示している。

【 0 0 3 8 】

トンネル用通信システム 1 においては、例えば、トンネル 2 内に設置されたいずれかの

火災検知器 14 が火災を検知した場合には、当該火災検知器 14 は、当該火災検知器 14 と接続された端末接続装置 60 に、火災を検知した旨を通知する検知信号を送信する。端末接続装置 60 は、火災を検知した旨を示す情報に、当該火災検知器 14 に割り振られた識別情報(アドレス)を付加する。さらに、端末接続装置 60 は、検知信号を所定の信号形式に変換し、変換した検知信号を有線通信回線 8 を介して監視装置 4 へ所定のタイミングで送信する。そして、上記検知信号を受信した監視装置 4 は、当該検知信号に含まれる情報に基づき、火災を検知した火災検知器 14 を特定し道路管理者に通知する。

【0039】

また、上記通知に基づいて道路監視者が、上記火災検知器 14 の周囲の消火装置 16 等に対して操作を行った場合には、監視装置 4 は、有線通信回線 8 を介して当該消火装置 16 に接続された端末接続装置 60 に制御信号を送信する。さらに、上記制御信号を受信した端末接続装置 60 は、上記制御信号を所定の信号形式に変換し、変換した制御信号を上記消火装置 16 へ送信する。そして、上記制御信号を受信した上記消火装置 16 は、当該制御信号に含まれる情報に基づき動作する。

【0040】

従って、上述のような消火活動等を迅速に実施するためには、監視装置 4 は、いかなる状況下であっても、火災検知器 14 等の検知状況を常に把握することが求められる。

【0041】

そこで、トンネル用通信システム 1 においては、所定の時間 T_1 ごとに(例えば、数 100 m 秒ごと)、監視装置 4 は、火災検知器 14 の検知状況を確認する動作を行っている。より具体的には、監視装置 4 は、定期的に、有線通信回線 8 を介して各端末接続装置 60 の火災検知器側ブロック 62 (図 6 参照)に対して監視信号を送信する。そして、当該監視信号を受信した各端末接続装置 60 の火災検知器側ブロック 62 は、受信した監視信号の応答としての応答信号を、有線通信回線 8 を介して監視装置 4 へ送信する。また、各端末接続装置 60 の火災検知器側ブロック 62 は、自己に接続された火災検知器 14 等の端末の検知状態が変化した旨(例えば、火災検知器 14 が火災を検知した場合、火災検知器 14 が故障した場合)の信号をあらかじめ端末から受信していた場合には、監視信号を受信したタイミングで、検知状態が変化した旨を通知する信号である検知信号を、有線通信回線 8 を介して監視装置 4 へ送信する。

【0042】

詳細には、監視装置 4 は、端末接続装置 60 の火災検知器側ブロック 62 に対して監視信号を一斉に要求する。この際、監視装置 4 は、図 1 中の矢印 A の方向に沿って回線 8 a を通るよう監視信号を要求する。さらに、端末接続装置 60 の火災検知器側ブロック 62 は、図 1 中の矢印 A の方向とは逆の方向に沿って、すなわち、受信した監視信号の送信経路を監視信号が進んだ方向とは逆の方向で、回線 8 a を介して応答信号を送信する。

【0043】

さらに、当該応答信号には、当該応答信号を送信した端末接続装置 60 の火災検知器側ブロック 62 を識別するための識別情報(アドレス)が含まれている。従って、監視装置 4 は、上記監視信号を送信してから所定の時間 T_2 (例えば、数 100 m 秒)内に、回線 8 a を介してすべての端末接続装置 60 の火災検知器側ブロック 62 からの応答信号が受信できた場合には、監視装置 4 とすべての端末接続装置 60 の火災検知器側ブロック 62 との間が通信可能な状態にあることを把握することができる。また、監視装置 4 は、検知信号を受信した場合には、検知信号を送信した端末接続装置 60 の火災検知器側ブロック 62 に対応する区画で火災等が発生した旨を把握することができる。

【0044】

すなわち、トンネル用通信システム 1 においては、監視装置 4 が定期的に複数の端末接続装置 60 の火災検知器側ブロック 62 へ問い合わせを行うポーリング(polling)により、火災の発生がないか否かを確認したり、監視装置 4 と火災検知器 14 等との間が通信可能な状態にあるか否かを確認したりすることができる。なお、初回の監視信号を送信してから所定の時間 T_2 内に回線 8 a を介してすべての端末接続装置 60 の火災検知器

側ブロック 6 2 からの応答信号が受信できない場合には、その後、上述のような監視信号の送信を複数回（例えば 3 回）繰り返してもよい。

【 0 0 4 5 】

ところで、図 2 に示すように、監視装置 4 から数えて図中右方向へ 4 番目に位置する接続装置 6 である増幅装置 6 6 d と、監視装置 4 から数えて図中右方向へ 5 番目に位置する接続装置 6 である端末接続装置 6 0 e との間の区間の回線 8 a において、断線、短絡等の障害 1 0 0 が生じた場合を例に考える。このような場合、監視装置 4 が回線 8 a を介して複数の端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 のそれぞれに対して監視信号を送信しても、監視信号は、回線 8 a 上の上記障害 1 0 0 により図中矢印 B の方向に沿って進むことができない。その結果、上記増幅装置 6 6 d から、監視装置 4 から最も遠い位置に設置された接続装置 6 n である増幅装置 6 6 n までの間に位置する複数の端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2（図 6 参照）では、回線 8 a を介して当該監視信号を受信することができない。また、これら複数の端末接続装置 6 0 の各火災検知器側ブロック 6 2 は、監視信号を受信していないことから、回線 8 a を介して上記監視信号の応答となる応答信号を送信することもない。

【 0 0 4 6 】

その結果、監視装置 4 は、監視信号を送信してから所定の時間 T_2 内に、監視装置 4 から数えて図中右方向へ 2 番目に位置する端末接続装置 6 0 b と、監視装置 4 から数えて 3 番目に位置する端末接続装置 6 0 c との火災検知器側ブロック 6 2 からの応答信号を、回線 8 a を介して受信することができる。しかしながら、監視装置 4 は、上記増幅装置 6 6 d から増幅装置 6 6 n までの間に位置する複数の端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 からの応答信号を、回線 8 a を介して受信することができない。従って、監視装置 4 は、回線 8 a を介してすべての端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 からの応答信号が受信できないことから、回線 8 a 上に障害 1 0 0 が発生していることを把握することができる。

【 0 0 4 7 】

そこで、回線 8 a 上に障害 1 0 0 が生じていることを把握した監視装置 4 は、今度は、回線 8 b 及び回線 8 a を介して複数の端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 のそれぞれに対して監視信号を要求する。この際、監視装置 4 は、図 2 中の矢印 C に沿って、すなわち、回線 8 b を経由して増幅装置 6 6 n まで到達し、さらに、当該増幅装置 6 6 n から回線 8 a を経由して各端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 まで進むような経路で、監視信号を要求する。そして、最終的には、監視信号は、上述のような矢印 C の経路にたどって端末接続装置 6 0 e の火災検知器側ブロック 6 2 に到達する。図 2 に示すように、回線 8 b 上には障害 1 0 0 は存在せず、さらには、増幅装置 6 6 n から端末接続装置 6 0 e の間の区間の回線 8 a 上には障害 1 0 0 が存在しないことから、監視信号は、端末接続装置 6 0 e の火災検知器側ブロック 6 2 に到達することができる。すなわち、監視装置 4 は、回線 8 b を利用することにより上記の障害 1 0 0 を避けるように迂回する経路を使用することが可能となり、この経路を用いることにより監視信号を増幅装置 6 6 d から増幅装置 6 6 n までの間に位置する複数の端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 へ要求することができる。

【 0 0 4 8 】

そして、上記監視信号を受信した端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 は、上述と同様に、受信した監視信号の応答としての応答信号を、監視装置 4 へ送信する。この際、各端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 は、図 2 中の矢印 C の経路を矢印 C で示す方向とは逆方向でたどるように、受信した監視信号の送信経路を監視信号が進んだ方向とは逆の方向で、回線 8 b 及び回線 8 a の一部を介して応答信号を送信する。また、上述と同様に、各端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 は、自己に接続された火災検知器 1 4 等の端末の検知状態が変化した場合等には、応答信号と同様に、監視信号を受信したタイミングで、検知状態が変化した旨を通知する信号である検知信号を監視装置 4 へ送信する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

従って、監視装置 4 は、監視信号を送信してから所定の時間 T_2 内に、回線 8 b 及び回線 8 a の一部を介して、増幅装置 6 6 d から増幅装置 6 6 n までの間に位置する複数の端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 からの応答信号が受信できた場合には、監視装置 4 とこれらの端末接続装置 6 0 との間が通信可能な状態にあることを把握することができる。また、監視装置 4 は、検知信号を受信した場合には、検知信号を送信した端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 に対応する区間で火災等が発生した旨等を把握することができる。

【 0 0 5 0 】

このように、本実施形態に係るトンネル用通信システム 1 においては、有線通信回線 8 をループ状に構成することにより、有線通信回線 8 上で障害 1 0 0 が生じた場合であっても、通信経路を有線通信回線 8 上の当該障害 1 0 0 を避けるように迂回させることにより、監視装置 4 と端末接続装置 6 0 等との間を通信可能な状態に維持することができる。

【 0 0 5 1 】

<< 背景 >>

しかしながら、上述のようにループ状に構成された有線通信回線 8 であっても、監視装置 4 と端末接続装置 6 0 等との間を通信可能な状態に維持できない場合がある。このような場合について、図 3 を参照して説明する。図 3 は、トンネル用通信システム 1 の有線通信回線 8 上で複数の障害 1 0 0 a、1 0 0 b が生じた場合を説明するための説明図であって、図 2 と同様に、わかりやすくするために、図 1 の上り線 1 2 a に係るトンネル用通信システム 1 の構成のみを示している。

【 0 0 5 2 】

図 3 に示すように、監視装置 4 から数えて図中右方向へ 4 番目に位置する増幅装置 6 6 d と、監視装置 4 から数えて図中右方向へ 5 番目に位置する端末接続装置 6 0 e との間の区間の回線 8 a において、1 つ目の障害 1 0 0 a が生じている。さらに、監視装置 4 から数えて図中右方向へ 6 番目に位置する端末接続装置 6 0 f と、監視装置 4 から数えて図中右方向へ 7 番目に位置する増幅装置 6 6 g との間の区間の回線 8 a において、2 つ目の障害 1 0 0 b が生じている。

【 0 0 5 3 】

このような場合、監視装置 4 が図中矢印 D に示す方向に沿って回線 8 a を介して端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 (図 6 参照) に対して監視信号を要求しても、回線 8 a 上の障害 1 0 0 a により、増幅装置 6 6 d から増幅装置 6 6 n までの間に位置する複数の端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 は、当該監視信号を受信することができない。また、監視装置 4 が図中矢印 E に示す経路のように回線 8 b 及び回線 8 a の一部を介して端末接続装置 6 0 に対して監視信号を送信しても、回線 8 a 上の障害 1 0 0 b により、増幅装置 6 6 d から増幅装置 6 6 a (監視装置 4 に最も近い位置に設置された増幅装置 6 6) までの間に位置する複数の端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 は、当該監視信号を受信することができない。その結果、監視装置 4 からの監視信号を受信できない端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2、詳細には、障害 1 0 0 a と障害 1 0 0 b とに挟まれている端末接続装置 6 0 e、6 0 f の火災検知器側ブロック 6 2 は、上記監視信号の応答となる応答信号を送信することもない。すなわち、図 3 に示すように、有線通信回線 8 上で複数の障害 1 0 0 a、1 0 0 b が生じた場合には、監視装置 4 と一部の端末接続装置 6 0 との間が通信可能な状態でないことがある。

【 0 0 5 4 】

そこで、本発明者らは、上記事情を一着眼点にして本発明の実施形態に係るトンネル用通信システム 1 を創作するに至った。本発明の実施形態によれば、有線通信回線 8 に複数の障害 1 0 0 が生じた場合であっても、監視装置 4 と端末との間を通信可能な状態に維持することが可能である。以下、このような本発明の実施形態の詳細な構成及び動作を順次詳細に説明する。

【 0 0 5 5 】

10

20

30

40

50

<<トンネル用通信システム1の詳細構成>>

以下に、図4から図7を参照して、本発明の実施形態に係るトンネル用通信システム1の詳細構成を説明する。図4は、本発明の実施形態に係るトンネル用通信システム1の詳細構成を説明するための説明図である。図5は、本発明の実施形態に係る監視装置4の構成を説明するための説明図である。図6は、本発明の実施形態に係る端末接続装置60の構成を説明するための説明図である。さらに、図7は、本発明の実施形態に係る増幅装置66の構成を説明するための説明図である。

【0056】

図4に示すように、トンネル用通信システム1は、トンネル2内に設けられた火災検知器14や消火装置16等の各種端末を監視する監視装置4と、これら端末とそれぞれ接続された複数の端末接続装置60と、複数の端末接続装置60と直列に接続される複数の増幅装置66と、監視装置4と端末接続装置60及び増幅装置66とを通信可能な状態に接続するループ状の有線通信回線8とを主に有する。なお、複数の端末接続装置60及び増幅装置66の間隔は、監視装置4と端末接続装置60及び増幅装置66との間の通信を維持することができる程度であれば、特に限定されない。より詳細には、複数の端末接続装置60及び増幅装置66の間隔は、後述する端末接続装置60及び増幅装置66の有する無線通信部606(図6及び図7参照)の通信可能距離(無線通信部606を中心にして無線通信部606が通信することが可能な通信可能範囲における半径)よりも短くすることが好ましい。以下に、本実施形態のトンネル用通信システム1に含まれる各種装置の詳細構成について説明する。

【0057】

<監視装置4>

監視装置4は、図5に示されるように、制御部400と、有線通信部402と、表示部404とを主に有する。以下に、本実施形態の監視装置4に含まれる各機能部について説明する。

【0058】

(制御部400)

制御部400は、監視装置4に内蔵されるCPU(Central Processing Unit)、RAM(Random Access Memory)などのハードウェアを用いて、監視装置4の動作を全般的に制御する機能を有する。例えば、制御部400は、有線通信回線8に複数の障害100が生じたと判断した場合には、複数の端末接続装置60のうちの少なくとも1つに対して応答信号の送信を誘導するように制御する。また、制御部400は、集中監視センタ(図示省略)に設置された集中監視装置(図示省略)からの制御信号を受信した場合には、受信した制御信号に基づいて、後述する有線通信部402に対して、端末接続装置60等へ信号を送信するように制御する。

【0059】

(有線通信部402)

有線通信部402は、監視装置4の内部に設けられ、有線通信回線8を介して端末接続装置60等との間で通信を行うことができる。

【0060】

(操作表示部404)

表示部404は、例えば、監視装置4の表面に設けられ、端末接続装置60や増幅装置66等の状態を示すことができる。表示部404は、例えば、液晶ディスプレイ(LCD:Liquid Crystal Display)装置や、OLED(Organic Light Emitting Diode)装置等により実現される。また、表示部404は、監視装置4の表面に設けられた複数のランプ(図示省略)等であってもよい。

【0061】

<端末接続装置60>

端末接続装置60は、図6に示されるように、制御部600a、600bと、火災検知器14側の有線通信部602aと、消火装置16側の有線通信部602bと、保安器60

10

20

30

40

50

4と、無線通信部（第1の無線通信部）606とを主に有する。以下に、本実施形態の端末接続装置60に含まれる各機能部について説明する。なお、図6に示されるように、制御部600aと、有線通信部602aと、保安器604とを含み、火災検知器14と接続されるブロックを、火災検知器側ブロック62と称する。また、制御部600bと、有線通信部602bとを含み、消火装置16と接続されるブロックを、消火装置側ブロック64と称する。

【0062】

（制御部600a、600b）

制御部600a、600bは、端末接続装置60に内蔵されるCPU、RAMなどのハードウェアを用いて、端末接続装置60の動作を全般的に制御する機能を有する。詳細には、制御部600aは、火災検知器側ブロック62に含まれる各機能部を制御する機能を有する。また、制御部600bは、消火装置側ブロック64に含まれる各機能部を制御する機能を有する。

10

【0063】

（火災検知器側有線通信部602a）

火災検知器側有線通信部602aは、端末接続装置60の内部に設けられた、有線通信回線8と火災検知器14等との間のインターフェースである。詳細には、火災検知器側有線通信部602aは、監視装置4から有線通信回線8の回線8aを介して送信された信号を、所定の信号形式に変換して制御部600aを介して火災検知器14に送信したり、制御部600aを介して受信した当該火災検知器14からの信号を同様に交換して回線8aを介して監視装置4へ送信したりすることができる。なお、火災検知器側有線通信部602aは、火災検知器14との間で通信することに限定されるものではなく、例えば、非常口扉14a、非常電話扉（図示省略）、泡消火栓（図示省略）等の開け閉めを検知するリミットスイッチ接点信号を入力してもよい。

20

【0064】

（消火装置側有線通信部602b）

消火装置側有線通信部602bは、端末接続装置60の内部に設けられた、有線通信回線8と消火装置16等との間のインターフェースである。詳細には、火災検知器側有線通信部602aと同様に、消火装置側有線通信部602bは、監視装置4から有線通信回線8の回線8bを介して送信された信号を交換して消火装置16に送信したり、当該消火装置16からの信号を交換して回線8bを介して監視装置4へ送信したりすることができる。

30

【0065】

（保安器604）

保安器604は、端末接続装置60の内部に設けられ、火災検知器14を端末接続装置60に接続する。保安器604は、火災検知器14で短絡等が発生すると、当該短絡を検知し、火災検知器14を端末接続装置60から切断する。このように保安器604による切断によって、当該火災検知器14は監視装置4から監視できなくなるものの、当該火災検知器14の短絡が他の火災検知器に悪影響を及ぼすことを避けることができる。

【0066】

（無線通信部606）

無線通信部606は、端末接続装置60の内部に設けられ、他の端末接続装置60及び増幅装置66との間で、マルチホップ型の無線通信を行うことができるマルチホップ型無線通信装置である。詳細には、無線通信部606は、制御部600a及び制御部600bと接続され、監視装置4から受信した信号を交換して各制御部600a、600bを介して火災検知器14等に送信することができる。なお、マルチホップ型の無線通信については、後で詳細を説明する。また、当該無線通信部606は、同様の無線通信部（図示省略）が監視装置4に設けられている場合には、監視装置4の無線通信部とマルチホップ型の無線通信を行うことができる。

40

【0067】

50

< 増幅装置 6 6 >

増幅装置 6 6 は、図 7 に示されるように、制御部 6 6 0 と、増幅部 6 6 2 と、無線通信部（第 3 の無線通信部）6 6 4 とを主に有する。以下に、本実施形態の増幅装置 6 6 に含まれる各機能部について説明する。

【 0 0 6 8 】

（制御部 6 6 0）

制御部 6 6 0 は、増幅装置 6 6 に内蔵される CPU、RAM などのハードウェアを用いて、増幅装置 6 6 の動作を全般的に制御する機能を有する。例えば、制御部 6 6 0 は、トンネル 2 内に設けられた消火栓（図示省略）に内蔵された赤色表示灯や警報ベル（図示省略）に対する電源の供給を制御することができる。また、制御部 6 6 0 は、有線通信回線 8 を介して監視装置 4 から、端末接続装置 6 0 及び増幅装置 6 6 との間での無線通信の開始を誘導する誘導信号を受信した場合には、後述する無線通信部 6 6 4 に対して、無線通信を開始するように制御する監視信号を端末接続装置 6 0 等へ送信させるように制御することもできる。

【 0 0 6 9 】

（増幅部 6 6 2）

増幅部 6 6 2 は、有線通信回線 8 を介して送信される信号を増幅する。例えば、トンネル 2 が長い距離である場合には当然有線通信回線 8 も長くなり、有線通信回線 8 を介して送信される信号は、有線通信回線 8 を通過した距離に応じて減衰する。従って、有線通信回線 8 上に一定の間隔を持って増幅部 6 6 2 を持つ増幅装置 6 6 を設けることにより、信号を増幅し、有線通信回線 8 を送信される信号を一定の水準の品質に維持することができる。

【 0 0 7 0 】

（無線通信部 6 6 4）

無線通信部 6 6 4 は、増幅装置 6 6 の内部に設けられ、上述の無線通信部 6 0 6 と同様に、他の端末接続装置 6 0 及び増幅装置 6 6 との間で、マルチホップ型の無線通信を行うことができるマルチホップ型無線通信装置である。なお、マルチホップ型の無線通信については、後で詳細を説明する。

【 0 0 7 1 】

なお、図 2 に示すように、監視装置 4 から最も遠い位置に設置された接続装置 6 n である増幅装置 6 6 n の内部においては（図 1 及び図 2 参照）、有線通信回線 8 の回線 8 a と回線 8 b とは接続されて、ループ状の有線通信回線 8 を構成している。

【 0 0 7 2 】

また、端末接続装置 6 0 には、有線通信回線 8 が有する電源線によって両側の増幅装置 6 6 から直流電源が二重に供給されている。

【 0 0 7 3 】

<< マルチホップ型無線通信について >>

以上、本実施形態に係るトンネル用通信システム 1 の各種装置の詳細構成について説明した。続いて、図 8 及び図 9 を参照して、マルチホップ型無線通信及び本実施形態に係る無線通信について説明する。図 8 は、マルチホップ型無線通信を説明するための説明図であり、図 8 中においては無線通信経路が実線にて示されている。また、図 9 は、本実施形態に係る無線通信を説明するための説明図である。

【 0 0 7 4 】

マルチホップ型無線通信とは、複数の無線通信装置 9 0 0 がそれぞれの隣接する無線通信装置 9 0 0 をバケツリレー式に経由して、信号を伝送していく通信技術である。マルチホップ型無線通信は、隣接する無線通信装置 9 0 0 間で伝送を繰り返すことにより、隣接していない無線通信装置 9 0 0 間での通信を可能にすることができることから、広域での通信ネットワークを構築したい場合に用いられる。

【 0 0 7 5 】

詳細には、図 8 に示す送信元となる無線通信装置 9 0 0 a が送信する信号には、信号を

10

20

30

40

50

送信したい送信先の無線通信装置 900k の識別情報（アドレス）が付加されている。まず、無線通信装置 900a は、当該無線通信装置 900a からの通信が可能な通信可能範囲内に位置する隣接する無線通信装置 900b、900c、900d に当該信号を送信する。これらの無線通信装置 900b、900c、900d は、上記信号を受信したものの、当該信号には自己の識別情報が含まれていないことから、自身の通信可能範囲内に位置する他の無線通信装置 900 に当該信号を送信する。このような送信を繰り返すことにより、最終的には、当該信号は、無線通信装置 900k に送信される。

【0076】

なお、各無線通信装置 900 は、図 8 に示すように、複数の通信経路を用いて他の無線通信装置 900 へ信号を送信することも可能であり、自動的に最適な通信経路を選択することも可能である。また、電波状態の悪化により特定の通信経路を介して信号を送信することができなくなった場合には、各無線通信装置 900 は、他の通信経路を探索して送信することも可能である。従って、マルチホップ型無線通信は、通信ネットワーク上の障害に対する耐性が高い通信であると言える。

【0077】

ところで、一般的に、無線通信は、周囲の環境等の影響により通信状態が変化しやすいことから、常時、無線通信装置 900 間を通信可能な状態に維持することを保証することが難しかった。また、トンネル 2 内での無線通信は、トンネル 2 は閉空間であり、さらに曲がっていることもあるため、電波の反射及び減衰が生じやすく、電波強度を高くしても長距離の通信を行うことが難しい。さらには、無線通信は、無線信号が理想的に閉空間を伝播するのではないため、通信のために専用につけられた有線通信回線を伝播する場合と比べて、通信が不安定になる状態が生じることがある。このため、無線通信は、通信の安定性を求める防災用の通信には不向きとされてきた。このような理由により、無線通信は、従来のトンネル用通信システムに用いられることはなかった。

【0078】

しかしながら、本実施形態に係るトンネル用通信システム 1 においては、無線通信を利用する。ただし、本実施形態においては、無線通信のみでトンネル用通信システム 1 における通信ネットワークを構築するのではなく、従来のトンネル用通信システム 1 における有線通信の脆弱性を補うものとして無線通信を用いている。このようにすることで、本実施形態に係るトンネル用通信システム 1 の通信ネットワークを強固なものとすることができる。また、本実施形態においては、無線通信として、障害に対する耐性が高いマルチホップ型無線通信を用いており、トンネル用通信システム 1 の通信ネットワークをより強固なものとすることができる。

【0079】

より具体的には、図 9 に示すように、本実施形態に係るトンネル用通信システム 1 は、監視装置 4 と、トンネル 2（図 9 では図示省略）内に設けられた火災検知器 14 等とに接続された複数の端末接続装置 60 と、複数の増幅装置 66 と、監視装置 4 と端末接続装置 60 及び増幅装置 66 とを接続するループ状の有線通信回線 8 とを主に有している。トンネル用通信システム 1 においては、通常の状態では、上記有線通信回線 8 を介した有線通信を用いて、監視装置 4 と端末接続装置 60 との間で通信を行う。一方、有線通信回線 8 上に複数の障害 100 が生じた状態では、端末接続装置 60 及び増幅装置 66 に設けられた無線通信部 606 を用いて、端末接続装置 60 及び増幅装置 66 との間でマルチホップ型の無線通信を行う。当該マルチホップ型無線通信においては、図 9 に示すように、端末接続装置 60 及び増幅装置 66 が、隣接する端末接続装置 60 又は増幅装置 66 にバケツリレー式に信号を受け渡すことにより、無線通信を行う。なお、本実施形態においては、マルチホップ型無線通信を実現するために、複数の端末接続装置 60 及び増幅装置 66 の間隔が、マルチホップ型の無線通信装置の通信可能距離よりも短くなるように、複数の端末接続装置 60 及び増幅装置 66 を設置する。

【0080】

なお、本実施形態を日本国内等で実施する場合には、本実施形態に係るマルチホップ型

無線通信は、近年、利用が可能となった920MHz帯のISMバンド(Industrial Scientific and Medical Band)を用いることが好ましい。当該周波数帯域は、半径数km程度の通信可能範囲を有することから、長距離の通信、例えば、長い距離のトンネル2のための無線通信に適用することが可能である。また、免許不要でアンテナが小さいことから防災用の端末機器通信、すなわち、トンネル用通信システム1に適用することができる。

【0081】

<<トンネル用通信システム1の動作>>

以上、本実施形態に係るマルチホップ型無線通信について説明した。続いて、図10から図16を参照して、本実施形態に係るトンネル用通信システム1の動作(通信方法)を説明する。図10は、本実施形態に係るトンネル用通信システム1の動作のフローチャートである。図11から図16は、図10の各ステップを説明するための説明図である。なお、図11から図14及び図16は、監視装置4と、端末接続装置60との信号の送信経路を示すものであり、図中の矢印は信号の送信経路を示す。より詳細には、これらの図においては、実線の矢印を有線信号の送信経路を示し、鎖線の矢印は、有線通信回線8上に生じた障害100によって送信できなかった有線信号の、障害100が生じなかった場合に送信されるべき送信経路を示す。さらに、図16においては、太い矢印は、無線信号の送信経路を示す。また、これらの図においては、監視装置4に最も近い増幅装置66aのみを示し、他の増幅装置66については図示を省略している。そして、これら図中には、端末接続装置60が図示されているが、これらは、端末接続装置60の火災検知器側ブロック62を意味している。

【0082】

図10に示すように、本実施形態に係るトンネル用通信システム1の動作のフローチャートには、ステップS101からステップS115までの8つのステップが含まれている。これらステップは、監視装置4が、火災検知器14等の端末の検知状況を確認するために、所定の時間T₁ごとに、繰り返し行われる。

【0083】

(ステップS101)

監視装置4は、あらかじめ決められた所定の時間T₁ごとに、図1中の矢印Aに示す方向に沿って、有線通信回線8の回線8aを介して、端末接続装置60の火災検知器側ブロック62に対して監視信号(第1の監視有線信号)を送信する。図11においては、図中の上側領域Fの複数の矢印に示されるように、監視装置4は、端末接続装置60の火災検知器側ブロック62へ監視信号を要求する。

【0084】

各端末接続装置60の火災検知器側ブロック62は、上記監視信号を受信できた場合には、図11の下側領域Gの矢印に示されるように、受信した監視信号の応答としての応答信号(第1の応答有線信号)を、回線8aを介して監視装置4へ送信する。この際、各端末接続装置60の火災検知器側ブロック62は、上記監視信号と同じ送信経路を上記監視信号の送信方向とは逆の方向となるように(図1中の矢印Aで示す経路を矢印Aの方向とは逆方向でたどるように)、上記応答信号を送信する。なお、各端末接続装置60の火災検知器側ブロック62は、自己に接続された火災検知器14等の端末の検知状態が変化した場合(例えば、火災検知器14が火災を検知した場合)には、上記応答信号と同様に、検知状態が変化した旨を通知する信号である検知信号を、回線8aを介して監視装置4へ送信する(なお、図11においては、検知信号の送信については、図示を省略している)。次いで、ステップS103へ進む。

【0085】

(ステップS103)

監視装置4は、ステップS101で上記監視信号を要求してから所定の時間T₂内に、回線8aを介してすべての端末接続装置60の火災検知器側ブロック62からの応答信号が受信できたか否かを判断する。監視装置4は、図11の下側領域Gの矢印に示されるよ

うに、回線 8 a を介してすべての端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 からの応答信号が受信できた場合には、監視装置 4 と各端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 とが回線 8 a を介して通信可能な状態にあるとして、動作を完了する。なお、監視装置 4 は、検知信号を受信した場合には、当該検知信号に基づいて、当該検知信号を送信した端末等（例えば、火災検知器 1 4）を特定し道路管理者に通知する。

【 0 0 8 6 】

一方、監視装置 4 は、図 1 2 に示すように、回線 8 a を介してすべての端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 からの応答信号が受信できない場合には、監視装置 4 と端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 とが回線 8 a を介して通信可能な状態にないとして（回線 8 a 上に障害 1 0 0 が発生していると把握して）、ステップ S 1 0 5 へ進む。

【 0 0 8 7 】

具体的には、図 1 2 は、監視装置 4 から数えて 2 番目に位置する端末接続装置 6 0 b と、監視装置 4 から数えて 3 番目に位置する端末接続装置 6 0 c との間の区間の回線 8 a において障害 1 0 0 が生じている場合を示している。端末接続装置 6 0 b 以降の、端末接続装置 6 0 b よりも監視装置 4 から遠い複数の端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 では、回線 8 a を介して上記監視信号を受信することができない（図 1 2 の上側領域 H の複数の矢印を参照）。従って、上記監視信号を受信できない上記の複数の端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 は、応答信号を送信することもない。その結果、監視装置 4 は、上記の複数の端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 からの応答信号を受信することができない（図 1 2 の下側領域 I の矢印を参照）。

【 0 0 8 8 】

なお、監視装置 4 は、すべての端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 からの応答信号が受信できない場合には、ステップ S 1 0 1 及びステップ S 1 0 3 をあらかじめ決められた所定の回数（例えば、3 回）だけ繰り返してもよい。また、監視装置 4 は、ステップ S 1 0 3 で応答信号が受信できなかった端末接続装置 6 0 を特定し、特定された端末接続装置 6 0 から応答信号が受信できないことを警告する警告表示を、表示部 4 0 4 に行わせてもよい。さらに、監視装置 4 は、集中監視センタ（図示省略）の道路管理者に、ステップ S 1 0 3 で応答信号が受信できなかった端末接続装置 6 0 の名称等を通知してもよい。

【 0 0 8 9 】

（ステップ S 1 0 5）

次に、監視装置 4 は、図 2 中矢印 C に示す経路のように、回線 8 b 及び回線 8 a を介して複数の端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 のそれぞれに対して監視信号（第 2 の監視有線信号）を送信する。図 1 3 においては、図中の上側領域 J の複数の矢印に示されるように、監視装置 4 は、端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 へ監視信号を要求する。

【 0 0 9 0 】

端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 は、上記監視信号を受信できた場合には、図 1 3 の下側領域 K の矢印に示されるように、応答信号（第 2 の応答有線信号）を、回線 8 b 及び回線 8 a の一部を介して監視装置 4 へ送信する。この際、端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 は、上記監視信号と同じ送信経路を上記監視信号の送信方向とは逆の方向となるように（図 2 中の矢印 C で示す経路を矢印 C の方向とは逆方向でたどるように）、回線 8 b 及び回線 8 a の一部を介して上記応答信号を送信する。なお、各端末接続装置 6 0 の火災検知器側ブロック 6 2 は、自己に接続された火災検知器 1 4 等の端末の検知状態が変化した場合には、上記応答信号と同様に、検知状態が変化した旨等を通知する信号である検知信号を、回線 8 b 及び回線 8 a の一部を介して監視装置 4 へ送信する（なお、図 1 3 においては、検知信号の送信については、図示を省略している）。次いで、ステップ S 1 0 7 へ進む。

【 0 0 9 1 】

(ステップS107)

監視装置4は、ステップS105で上記監視信号を要求してから所定の時間 T_2 内に、回線8b及び回線8aの一部を介して、ステップS103で応答信号が受信できなかった端末接続装置60の火災検知器側ブロック62からの応答信号が受信できたか否かを判断する。監視装置4は、図13の下側領域Kの矢印に示されるように回線8b及び回線8aの一部を介して上記の端末接続装置60の火災検知器側ブロック62からの応答信号が受信できた場合には、監視装置4と、上記の端末接続装置60の火災検知器側ブロック62との間が通信可能な状態にあるとして、動作を完了する。なお、監視装置4は、火災を検知した旨等を通知する検知信号を受信した場合には、検知信号に基づいて、当該検知信号を送信した端末接続装置60を特定し道路管理者に通知する。

10

【0092】

一方、監視装置4は、図14に示すように、回線8b及び回線8aの一部を介して、ステップS103で応答信号が受信できなかった端末接続装置60の火災検知器側ブロック62からの応答信号が受信できない場合には、監視装置4と、上記の端末接続装置60の火災検知器側ブロック62との間が通信可能な状態にないとして(有線通信回線8上に複数の障害100が発生していると把握して)、ステップS109へ進む。

【0093】

具体的には、図14は、図12と同様に、端末接続装置60bと端末接続装置60cとの間の区間の回線8aにおいて障害100が生じており、さらに、上記端末接続装置60cと、監視装置4から数えて4番目に位置する端末接続装置60dとの間の区間の回線8aにおいて障害100が生じている場合を示している。この場合には、端末接続装置60dよりも監視装置4に近い複数の端末接続装置60の火災検知器側ブロック62では、上記監視信号を受信することができない(図14の上側領域Lの複数の矢印を参照)。従って、上記監視信号を受信できない上記の複数の端末接続装置60の火災検知器側ブロック62は、応答信号を送信することもない。その結果、監視装置4は、上記の複数の端末接続装置60の火災検知器側ブロック62からの応答信号を受信することができない(図14の下側領域Mの矢印を参照)。なお、図14に示す場合では、ステップS103及びステップS107の両方において、監視装置4が受信できない端末接続装置60は、監視装置4から数えて3番目に位置する端末接続装置60cとなる。

20

【0094】

なお、監視装置4は、ステップS103で応答信号が受信できなかった端末接続装置60の火災検知器側ブロック62からの応答信号が受信できない場合には、ステップS105及びステップS107をあらかじめ決められた所定の回数だけ繰り返してもよい。

30

【0095】

(ステップS109)

監視装置4は、ステップS103及びステップS107で受信することができなかった応答信号に対応する端末接続装置60を特定する。すなわち、監視装置4が、所定の時間 T_2 に、ステップS103において受信することができた応答信号を送信した端末接続装置60又はステップS107で受信することができた応答信号を送信した端末接続装置60以外の端末接続装置60を特定する。先に説明したように、応答信号には、当該応答信号を送信した端末接続装置60を識別するための識別情報が含まれている。従って、監視装置4は、受信した応答信号を解析することにより、どの端末接続装置60からの応答信号を受信することができたことを認識することができる。さらには、当該認識に基づいて、どの端末接続装置60からの応答信号を受信できなかったことを認識することができる。例えば、図15に示すような、ステップS103においては、端末接続装置60cから60nまでの複数の端末接続装置60からの応答信号を受信することができなかった。さらに、ステップS107においては、端末接続装置60dから60nまでの端末接続装置60以外の端末接続装置60(具体的には、端末接続装置60b及び60c)からの応答信号を受信できなかった場合を考える。このような場合には、受信することができなかった応答信号に対応する端末接続装置60として、端末接続装置60cが特定される。次い

40

50

で、ステップ S 1 1 1 へ進む。

【 0 0 9 6 】

また、監視装置 4 は、ステップ S 1 0 9 で特定された端末接続装置 6 0 から応答信号が受信できないことを警告する警告表示を、表示部 4 0 4 に行わせてもよい。さらに、監視装置 4 は、集中監視センタ（図示省略）の道路管理者に、上記警告内容を通知してもよい。

【 0 0 9 7 】

（ステップ S 1 1 1 ）

監視装置 4 は、ステップ S 1 0 9 で特定された端末接続装置 6 0（図 1 6 では、端末接続装置 6 0 c）に対して、監視信号を要求する（セレクトイング送信）。詳細には、図 1 6 の上側領域 N の細かい実線の矢印に示すように、監視装置 4 は、有線通信回線 8 を介して、監視装置 4 に最も近い増幅装置 6 6 a に対して誘導信号を送信する。そして、当該増幅装置 6 6 a は、上記誘導信号を受信したことに基づいて、ステップ S 1 0 9 で特定した端末接続装置 6 0 に対して、無線通信による応答信号の送信を誘導する監視信号（監視無線信号）を、図 1 6 の上側領域 N の太い矢印に示すように要求する。

【 0 0 9 8 】

なお、ステップ S 1 1 1 においては、監視装置 4 は、すべての端末接続装置 6 0 に対して、監視信号を送付してもよいが、ステップ S 1 0 9 で特定された端末接続装置 6 0 に対してのみ監視信号を送信することが好ましい。無線通信は、先に説明したように、有線通信と比べて信号の遅延が起きやすい。そこで、本実施形態においては、なるべく遅延を生じさせないように、すなわち通信速度を向上させるように、送信する信号の数を少なくすることが好ましく、従って、ステップ S 1 1 1 においては、ステップ S 1 0 9 で特定された端末接続装置 6 0 に対してのみ監視信号を送信することが好ましい。

【 0 0 9 9 】

そして、特定された端末接続装置 6 0 は、上記監視信号を受信した場合には、図 1 6 の下側領域 P の太い矢印に示されるように、受信した監視信号の応答としての応答信号（応答無線信号）を増幅装置 6 6 a へ送信する。さらに、上記応答信号を受信した増幅装置 6 6 a は、有線通信回線 8 を介して、応答信号を監視装置 4 へ図 1 6 の上側領域 P の細かい実線の矢印に示すように送信する。なお、上記応答信号には、当該応答信号を送信した端末接続装置 6 0 を識別するための識別情報（アドレス）が含まれている。従って、監視装置 4 は、受信した応答信号を解析することにより、どの端末接続装置 6 0 からの応答信号を受信することができたことを認識することができる。なお、監視信号を受信した端末接続装置 6 0 は、自己に接続された火災検知器 1 4 等の端末の検知状態が変化した場合には、上記応答信号と同様に、検知状態が変化した旨を通知する検知信号を、無線通信を用いて、監視装置 4 へ送信する（なお、図 1 6 においては、検知信号の送信については、図示を省略している）。次いで、ステップ S 1 1 3 へ進む。

【 0 1 0 0 】

（ステップ S 1 1 3 ）

監視装置 4 は、ステップ S 1 1 1 で上記誘導信号を送信してから所定の時間 T_2 内に、増幅装置 6 6 a を介して、ステップ S 1 0 9 で特定した端末接続装置 6 0 からの応答信号が受信できたか否かを判断する。監視装置 4 は、図 1 6 の下側領域 P の複数の矢印に示されるように、ステップ S 1 0 9 で特定したすべての端末接続装置 6 0 からの応答信号が受信できた場合には、一連の動作を終了する。なお、監視装置 4 は、火災を検知した旨等を通知する検知信号を受信した場合には、検知信号に基づいて、当該検知信号を送信した端末接続装置 6 0 を特定し道路管理者に通知する。一方、ステップ S 1 0 9 で特定したすべての端末接続装置 6 0 からの応答信号が受信できなかった場合には、ステップ S 1 1 5 へ進む。

【 0 1 0 1 】

（ステップ S 1 1 5 ）

監視装置 4 は、ステップ S 1 1 3 において受信することができなかった応答信号に対応

する端末接続装置 60 を特定し、特定された端末接続装置 60 から応答信号が受信できないことを警告する警告表示を、表示部 404 に行わせる。さらに、監視装置 4 は、集中監視センタ（図示省略）の道路管理者に、上記警告内容を通知してもよい。

【0102】

ところで、従来のトンネル用通信システムにおいては、先に説明したように、図 3 に示すような有線通信回線上で複数の障害が生じた場合には、監視装置と複数の障害に挟まれた端末接続装置との間で有線通信による通信ができない場合がある。しかしながら、本実施形態に係るトンネル用通信システム 1 においては、有線通信だけではなく、無線通信を補完的に用いることにより、上述のような場合であっても、監視装置 4 と端末接続装置 60 との間の通信を確立することができる。すなわち、本実施形態によれば、従来のトンネル用通信システムにおける有線通信の脆弱性を補うものとして無線通信を用いることにより、有線通信回線 8 に複数の障害が生じた場合であっても、監視装置 4 と端末接続装置 60（端末）との間を通信可能な状態に維持することが可能である。その結果、トンネル用通信システム 1 の通信ネットワークを強固なものとすることができる。また、本実施形態においては、無線通信として、障害に対する耐性が高いマルチホップ型無線通信を用いることにより、トンネル用通信システム 1 の通信ネットワークをより強固なものとすることができる。さらに、本実施形態は、長年の運用によって信頼性の確認された従来のトンネル用通信システムを大幅に改変することなく実現することが可能である。従って、本実施形態によれば、従来のトンネル用通信システムの信頼性を確保しつつ、さらに無線通信を用いることで、さらなる高い信頼性を確保することができる。

【0103】

<<第1の変形例>>

上述の実施形態においては、複数の端末接続装置 60 及び増幅装置 66 の間隔を、無線通信部 606 の通信可能距離よりも短くすることにより、直列に並んだ複数の端末接続装置 60 及び増幅装置 66 の間をマルチホップ型無線通信により信号を受け渡して、無線通信を実現していた。しかしながら、直列に並ぶ複数の端末接続装置 60 及び増幅装置 66 の有する複数の無線通信部 606 の中に、故障している無線通信部 606 が存在する場合には、マルチホップ型の無線通信を用いて、監視装置 4 と端末接続装置 60 及び増幅装置 66 との間で通信できない場合がある。そこで、以下に、このような場合にも対応することが可能な、本発明の実施形態の第 1 の変形例に係るトンネル用通信システム 1 a を、図 17 を参照して説明する。図 17 は、本実施形態の第 1 の変形例に係るトンネル用通信システム 1 a を説明するための説明図である。なお、図 17 中ではトンネル 2 の図示は省略されている。

【0104】

より具体的には、図 17 に示すように、増幅装置 66 の図中右隣に位置する端末接続装置 60 a の無線通信部 606 が故障している場合には、増幅装置 66 から上記端末接続装置 60 a には無線通信を介して通信することができない。しかしながら、本変形例のトンネル用通信システム 1 a においては、図 17 に示すように、複数の端末接続装置 60 及び増幅装置 66 の間隔を、無線通信部 606 の通信可能距離 Q の半分よりも短くする（言い換えると、複数の端末接続装置 60 及び増幅装置 66 を、各無線通信部 606 の通信可能範囲に 3 つ以上の他の無線通信部 606 が含まれるように設置する）。複数の端末接続装置 60 及び増幅装置 66 の間隔を、無線通信部 606 の通信可能距離 Q の半分よりも短くすることにより、具体的には、図 17 に示される増幅装置 66 の無線通信部 606 の通信可能範囲には、上記端末接続装置 60 a だけでなく、当該端末接続装置 60 a の図中右隣に位置する端末接続装置 60 b が含まれることとなる。その結果、増幅装置 66 は、上記端末接続装置 60 b に無線通信を介して通信することができる。すなわち、本変形例によれば、端末接続装置 60 a の無線通信部 606 が故障した場合であっても、増幅装置 66 は、上記端末接続装置 60 b に、さらには当該端末接続装置 60 b を介して他の端末接続装置 60 に対して通信することができることから、マルチホップ型の無線通信に係る通信ネットワークを維持することができる。

【0105】

以上により、本変形例によれば、複数の端末接続装置60及び増幅装置66の間隔を、無線通信部606の通信可能距離Qの半分よりも短くすることにより、無線通信部606が故障した端末接続装置60等が存在していても、マルチホップ型の無線通信を用いて、監視装置4と他の端末接続装置60等との間を通信可能な状態に維持することができる。

【0106】

<<第2の変形例>>

上述の実施形態においては、ステップS111において、監視装置4は、監視装置4に最も近い増幅装置66aへ、ステップS109で特定した端末接続装置60に対して無線通信による監視信号の送信を開始するように誘導する誘導信号を、有線通信回線8を介して送信する。そして、上記誘導信号を受信した上記増幅装置66aは、ステップS109で特定した端末接続装置60に対して、無線通信により監視信号を送信していた。しかしながら、本実施形態においては、監視装置4は、増幅装置66aに対して誘導信号を送信することに限定されるものではなく、例えば、監視装置4は、直接、ステップS109で特定した端末接続装置60に対して、無線通信により監視信号を送信してもよい。そこで、本実施形態の第2の変形例としての監視装置4aを、図18を参照して説明する。図18は、本実施形態の第2の変形例に係る監視装置4aの構成を説明するための説明図である。

【0107】

図18に示すように、本変形例に係る監視装置4aは、上述の監視装置4と同様に、制御部400と、有線通信部402と、表示部404とを有する。さらに、当該監視装置4aは、無線通信部(第2の無線通信部)406を有する。なお、制御部400、有線通信部402及び表示部404については、上述の監視装置4の制御部400、有線通信部402及び表示部404と同様であるため、以下では説明を省略し、無線通信部406のみを説明する。

【0108】

(無線通信部406)

無線通信部406は、監視装置4aの内部に設けられ、端末接続装置60及び増幅装置66の無線通信部606と同様に、端末接続装置60及び増幅装置66との間で、マルチホップ型の無線通信を行うことができるマルチホップ型無線通信装置である。

【0109】

このように、本変形例においては、監視装置4aに無線通信部406を設けることにより、上述のステップS111において、監視装置4aは、直接、ステップS109で特定した端末接続装置60へ、無線通信により、応答信号(応答無線信号)の送信を誘導する監視信号(監視無線信号)を送信することができる。

【0110】

<<補足>>

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詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、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、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0111】

また、上述した実施形態の動作における各ステップは、必ずしも記載された順序に沿って処理されなくてもよい。例えば、各ステップは、適宜順序が変更されて処理されてもよい。また、各ステップは、時系列的に処理される代わりに、一部並列的に又は個別に処理されてもよい。さらに、各ステップの処理の方法についても、必ずしも記載された方法に沿って処理されなくてもよく、例えば、他の機能部によって処理されていてもよい。

【0112】

また、上述の実施形態においては、トンネル用防災システムで用いられるトンネル用通

10

20

30

40

50

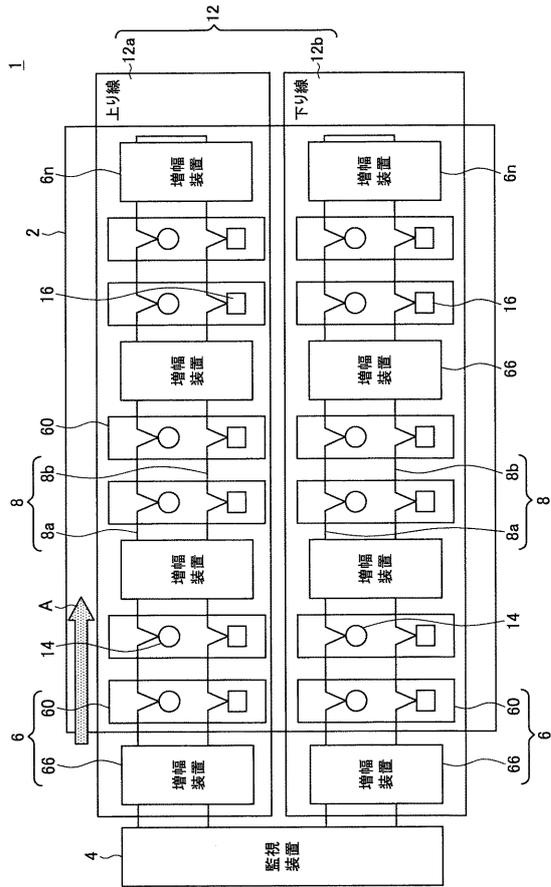
信システム 1 に適用するものとして説明したが、本実施形態は、トンネル用通信システム 1 に適用することに限定されるものではなく、高い信頼性が求められる他の通信システムに適用することもできる。

【符号の説明】

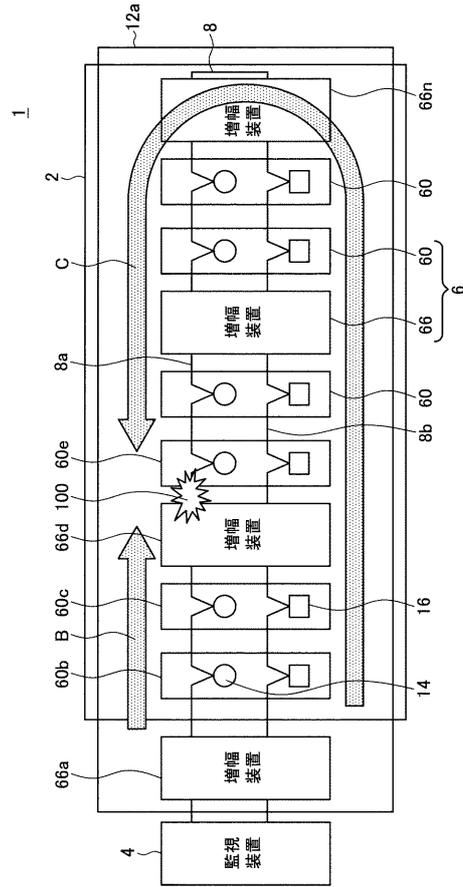
【 0 1 1 3 】

1、1 a	トンネル用通信システム	
2	トンネル	
4、4 a	監視装置	
6、6 a ~ 6 n	接続装置	
8、8 a、8 b	回線	10
12、12 a、12 b	道路	
14	火災検知器	
14 a	非常口扉	
16	消火装置	
60	端末接続装置	
62	火災検知器側ブロック	
64	消火装置側ブロック	
66	増幅装置	
100、100 a、100 b	障害	
400、600、600 a、600 b、660	制御部	20
402、602 a、602 b	有線通信部	
404	表示部	
406、606、664	無線通信部	
604	保安器	
662	増幅部	
900、900 a、900 b、900 c、900 d、900 k	無線通信装置	
A、B、C、D、E	矢印	
F、G、H、I、J、K、L、M、N、P	領域	
Q	通信可能距離	

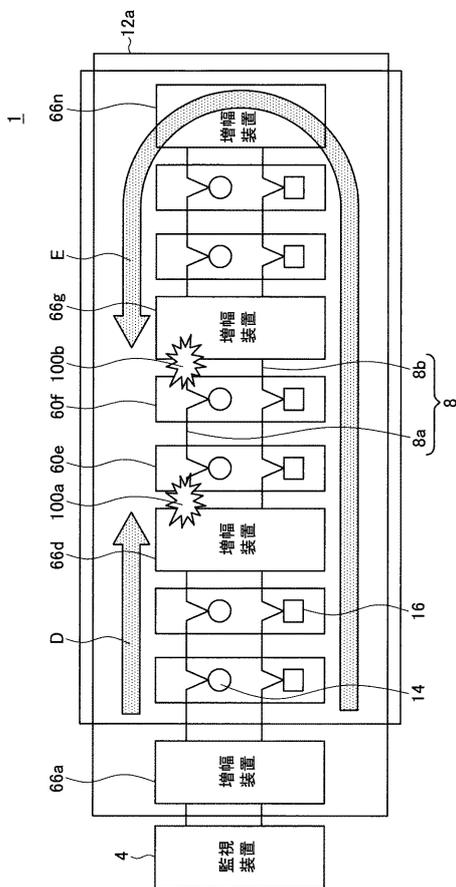
【図1】



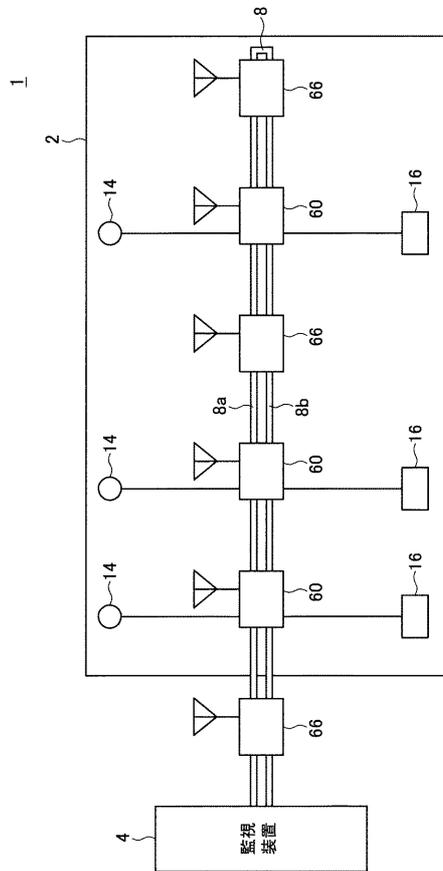
【図2】



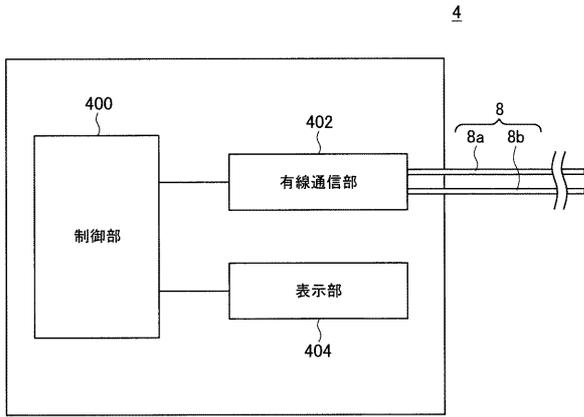
【図3】



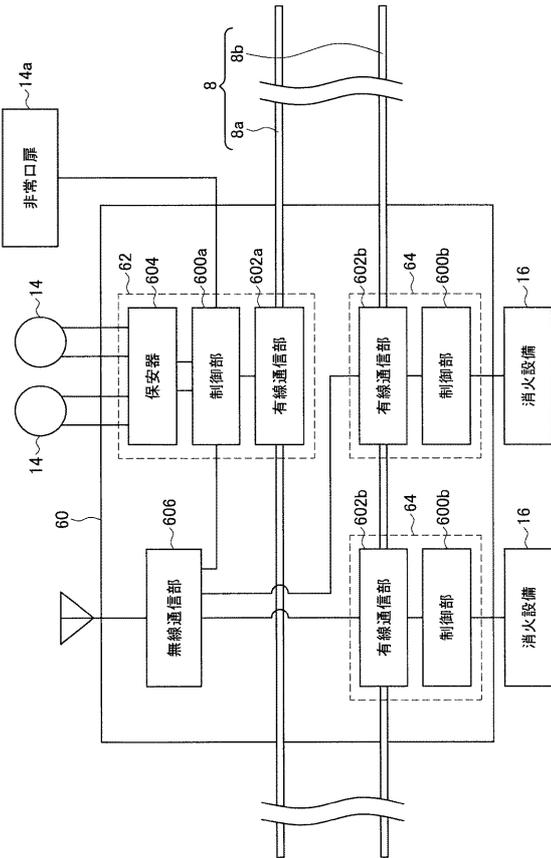
【図4】



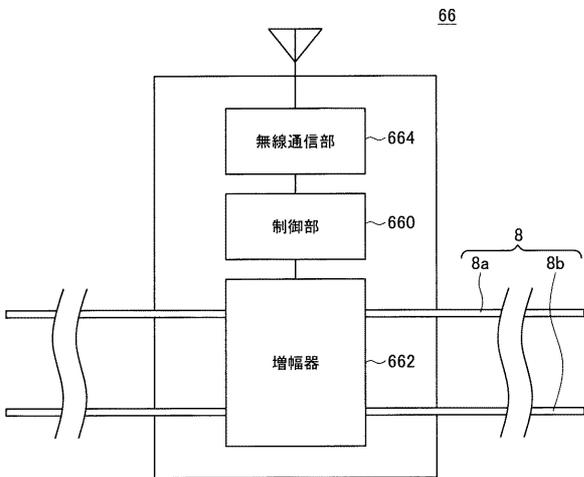
【図5】



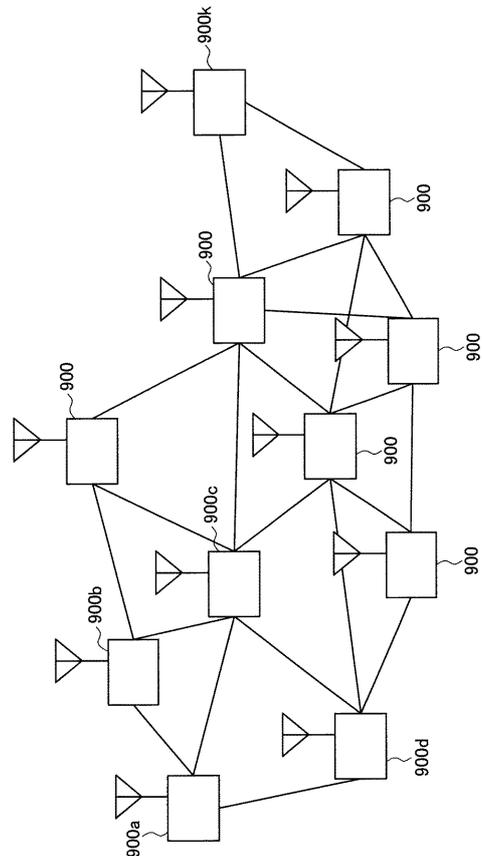
【図6】



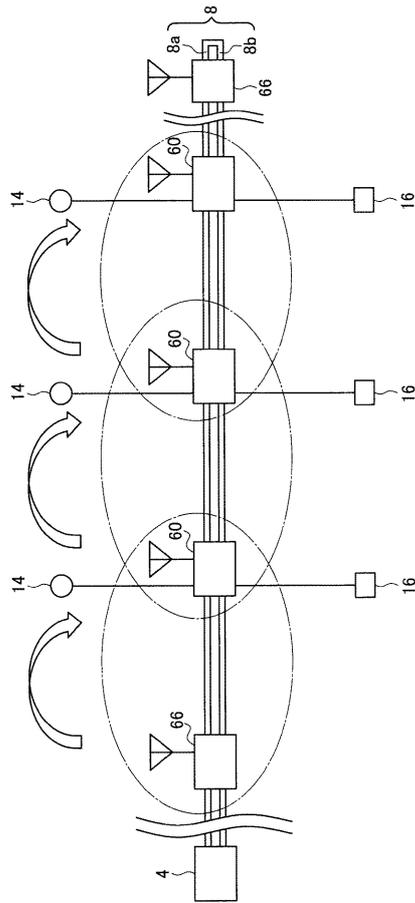
【図7】



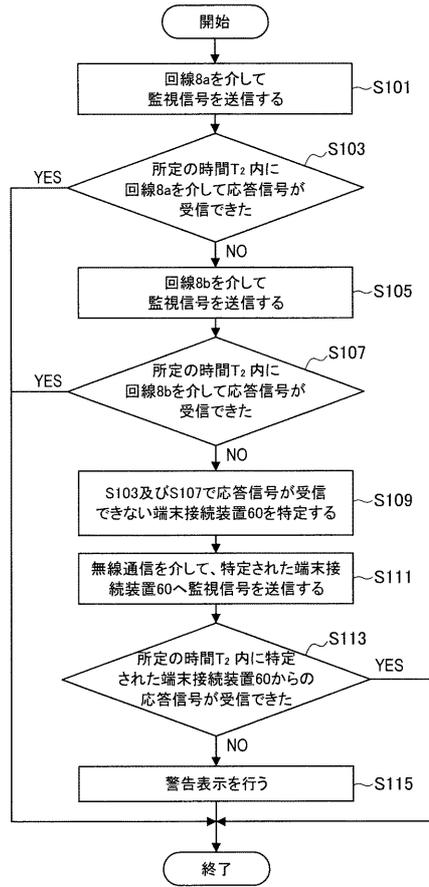
【図8】



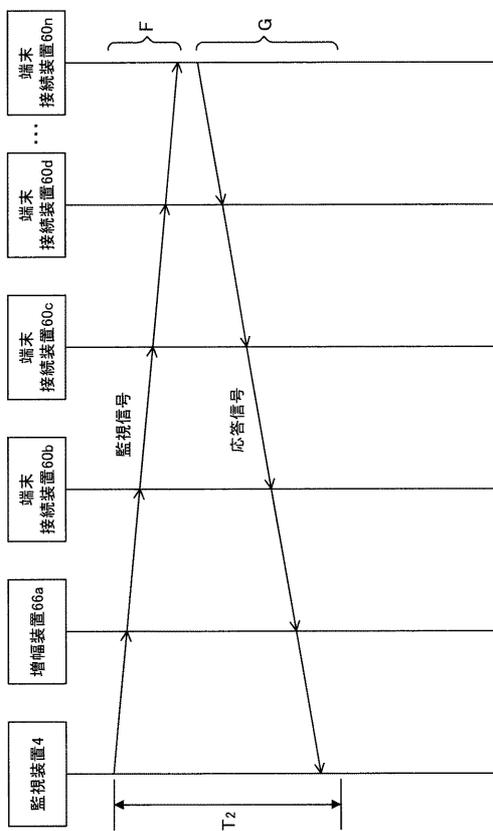
【図9】



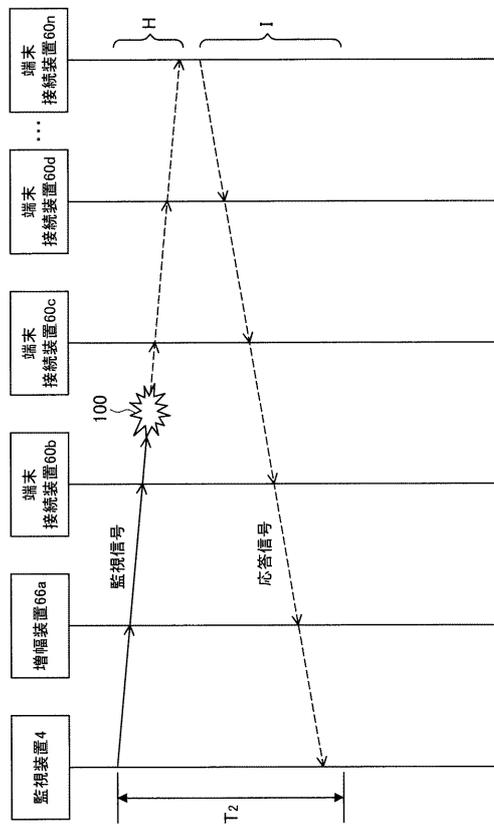
【図10】



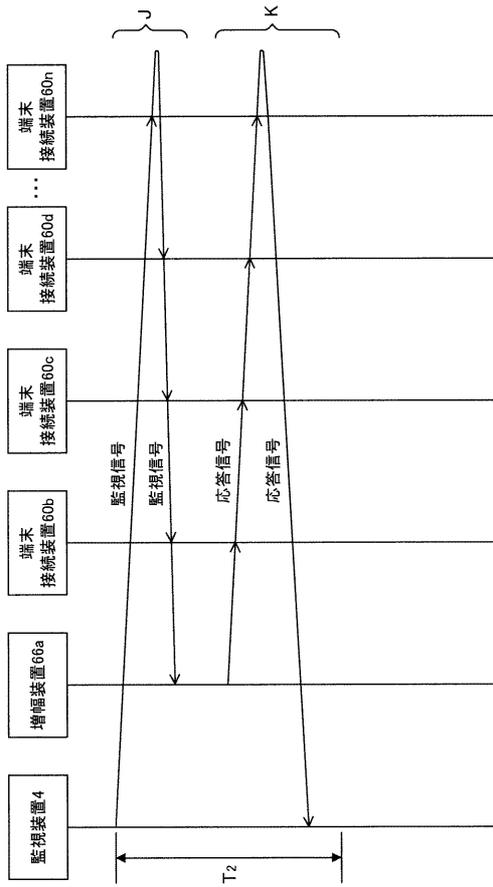
【図11】



【図12】



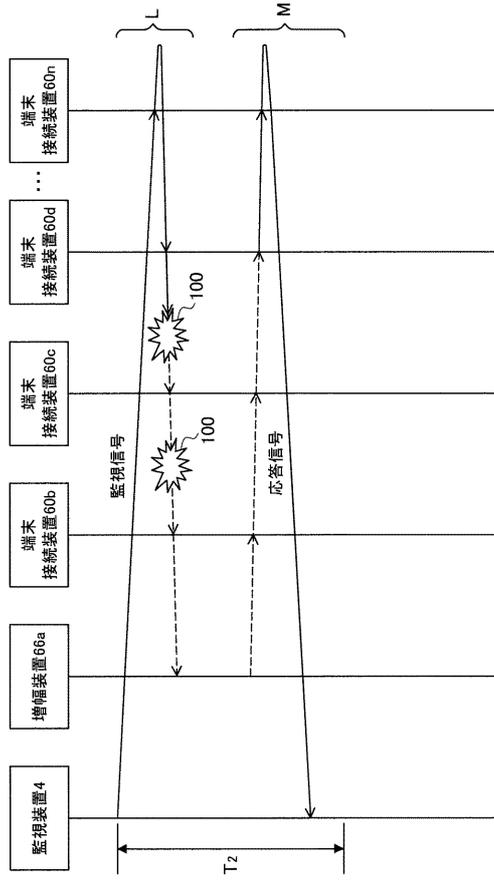
【図 1 3】



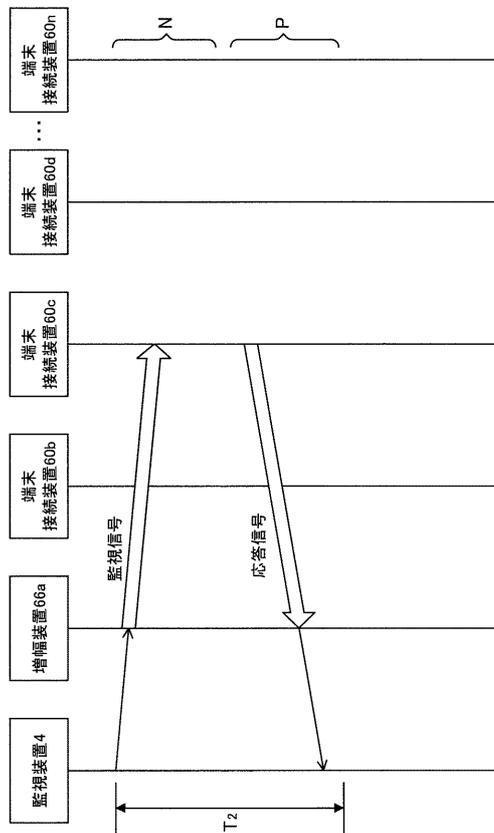
【図 1 5】

	増幅装置66a	端末接続装置60b	端末接続装置60c	端末接続装置60d	端末接続装置60n
S103	応答あり	応答あり	応答なし	応答なし	応答なし
S107	応答なし	応答なし	応答なし	応答あり	応答あり

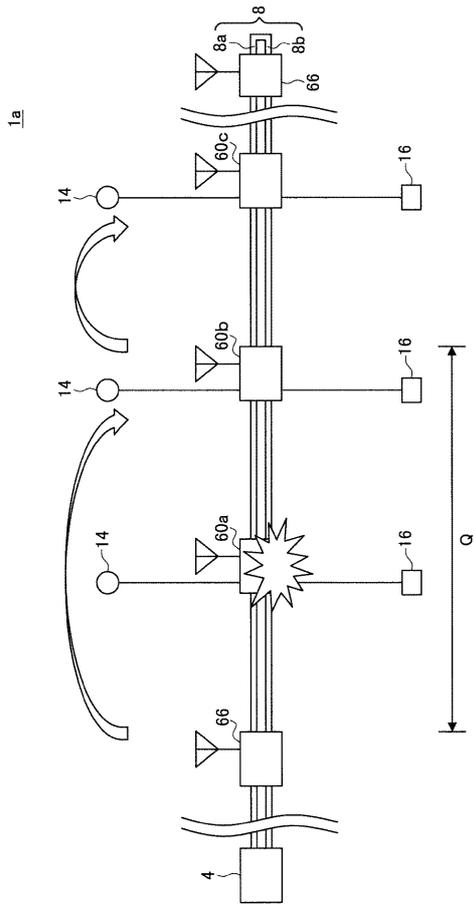
【図 1 4】



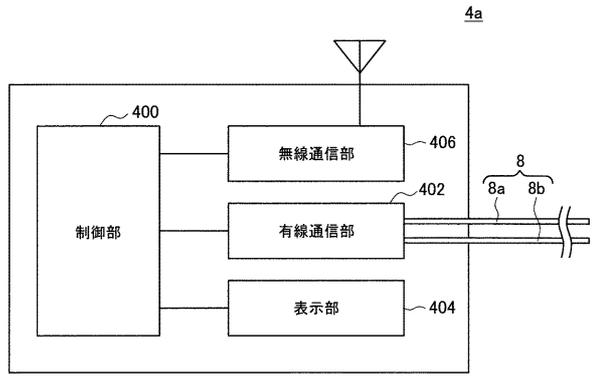
【図 1 6】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

- (72)発明者 鈴木 正人
東京都港区虎ノ門一丁目7番12号 沖電気工業株式会社内
- (72)発明者 森田 克久
東京都港区台場2丁目3番1号 日本ドライケミカル株式会社内
- (72)発明者 篠澤 宗一郎
東京都千代田区霞が関1丁目4番1号 首都高速道路株式会社内
- (72)発明者 八ツ代 雄太
東京都千代田区霞が関1丁目4番1号 首都高速道路株式会社内
- (72)発明者 服部 創
東京都千代田区霞が関1丁目4番1号 首都高速道路株式会社内

審査官 大橋 達也

- (56)参考文献 特開平06-259688(JP,A)
特開2013-149084(JP,A)
特開2000-341175(JP,A)
特開2003-009214(JP,A)
特開2001-357481(JP,A)
特開2015-082181(JP,A)
特開2010-016582(JP,A)
特開2009-026219(JP,A)
特開2002-077206(JP,A)
特開平07-202923(JP,A)
特開2004-023204(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G08B 17/00 - 29/00
H04W 4/00 - 99/00
G08G 1/00
H04L 12/00
E21F 17/00
H04N 7/18