(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 5 月 3 日(03.05.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/056927 A1

(51) 国際特許分類:
H04B 3/54 (2006.01) *H04L 27/18* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2011/073820

(22) 国際出願日: 2011 年 10 月 17 日(17.10.2011)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2010-241328 2010 年 10 月 27 日(27.10.2010) JP
特願 2011-219520 2011 年 10 月 3 日(03.10.2011) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社オートネットワーク技術研究所(AutoNetworks Technologies, Ltd.) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町１番１４号 Mie (JP). 住友電装株式会社(Sumitomo Wiring Systems, Ltd.) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町１番１４号 Mie (JP). 住友電気工業株式会社(Sumitomo Electric Industries, Ltd.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 梅原 大祐(UMEHARA, Daisuke) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町 国立大学法人京都大学大学院情報学研究科内 Kyoto (JP). 藪内 靖弘(YABUUCHI, Yasuhiro) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町 国立大学法人京都大学 大学院情報学研究科内 Kyoto (JP). 守倉 正博(MORIKURA, Masahiro) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町 国立大学法人京都大学 大学院情報学研究科内 Kyoto (JP). 久田 俊哉(HISADA, Toshiya) [JP/JP]; 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP). 石河 伸一(ISHIKO, Shinichi) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町１番１４号 株式会社オートネットワーク技術研究所内 Mie (JP). 堀端 啓史(HORIHATA, Satoshi) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町１番１４号 株式会社オートネットワーク技術研究所内 Mie (JP). 森田 哲郎(MORITA, Tetsuo) [JP/JP]; 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目１番３号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 河野登夫(KOHNO, Takao); 〒5400035 大阪府大阪市中央区釣鐘町二丁目４番３号 河野特許事務所 Osaka (JP).

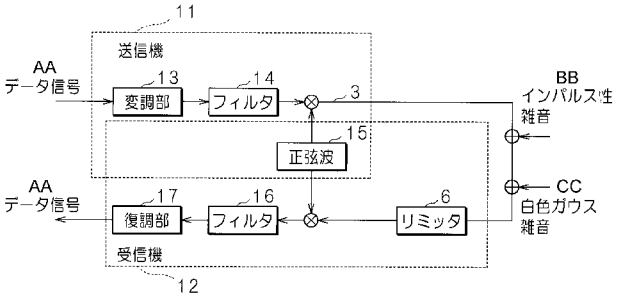
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,

[続葉有]

(54) **Title**: POWER LINE COMMUNICATION SYSTEM

(54) 発明の名称 : 電力線通信システム

[図2]



6... LIMITER
11... TRANSMITTER
12... RECEIVER
13... MODULATOR
14... FILTER
15... SINE WAVE
16... FILTER
17... DEMODULATION UNIT
AA... DATA SIGNAL
BB... IMPULSE NOISE
CC... WHITE GAUSSIAN NOISE

(57) **Abstract**: Provided is a power line communication system in which the impact of unexpectedly generated impulse noise on a power line serving as a communication medium can be mitigated in accordance with the characteristics of the impulse noise using existing protocols, and power line communication can be realized without any difficulty. A transmitter (11) comprises a modulator (13) for conveying a LIN data signal through a power line (3), a filter (14) for allowing a signal of a prescribed band to pass, and a sine wave output unit (sine wave in the drawing). Symmetrically thereto, a receiver (12) comprises a sine wave output unit (15), a filter (16), and a demodulation unit (17) for demodulation. The power line (3) has connected thereto a limiter (6) that limits the amplitude of a propagated signal to a prescribed amplitude (reception signal amplitude).

(57) 要約: 通信媒体である電力線へ突発的に発生するインパルス性雑音の影響を、既存の方式にてインパルス性雑音の特性に応じて緩和することが可能となり、電力線通信を支障なく実現することが可能となる電力線通信システムを提供する。 送信機１１はＬＩＮデータ信号を電力線３で搬送するための変調部１３、所定の帯域の信号を通過させるフィルタ１４及び、正弦波出力器（図中は正弦波）１５にて構成される。対称的に受信機１２は、正弦波出力器１５、フィルタ１６、及び復調する復調部１７にて構成される。電力線３には、伝播する信号の振幅を所定の振幅（受信信号振幅）に制限するリミッタ６が接続される。

WO 2012/056927 A1

CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 電力線通信システム

技術分野

[0001] 本発明は、複数の通信装置を含む通信システムに関する。特に、通信媒体として電力線を用いる場合に、電力線に接続されるアクチュエータから突発的に発生するインパルス性雑音の影響を軽減して通信を行なうことができる電力線通信システムに関する。

背景技術

[0002] 近年では、複数の通信装置を接続し、各通信装置に夫々機能を割り振って相互にデータを交換し、連携して多様な処理を行なわせるシステムが各分野で利用されている。通信システムでは、通信装置間を接続する通信媒体に発生する雑音が、通信の品質に影響する。したがって、雑音を防ぐように対策を行なうか、又は雑音の影響を受けないように通信を実現する必要がある。

[0003] 車両に配される車載ＬＡＮ（Local Area Network）の分野では、通信装置であるＥＣＵ（電子制御装置；Electronic Control Unit）を用い、各ＥＣＵに夫々特化させた処理を行なわせて相互にデータを交換することにより、システムとして多様な機能を実現させている。車両制御は機械的制御から電気的制御への移行が進み、各ＥＣＵの機能の特化、システムにて実現される機能が増加している。これに伴い、通信装置の数及び種別は増加し、通信装置間を接続する通信線（車載ハーネス）の数も増加する。また、通信システムで送受信されるデータ量の増加に伴い、より高速に大量のデータを送受信することが必要とされている。

[0004] 車両の分野では特に、車両の重量を軽減して燃費向上させること又は駆動電力を低減することが望まれる。また、車両内空間を広くして乗員の快適性を向上することも望まれる。したがって車載ＬＡＮで用いる通信線の数を減らし、車載ハーネスの重量を軽減することが求められている。

[0005] そこで、既存の電力線に通信用の搬送波を重畳して通信を実現するＰＬＣ

（Power Line Communication）が注目されており、車載ＬＡＮへの適用も提案されている（例えば、特許文献１参照）。車載ＬＡＮにＰＬＣを適用することにより、省線化を実現し、車載ハーネスの重量を軽減することが可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２００６－０６７４２１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] インパルス性雑音については、データの再送等を行なうなどの対処によって影響を低減することができるなど、（車載）ＰＬＣではこれまで詳細な分析及び回避策が検討されてこなかった。しかしながら、特に車両の分野では通信媒体となる電力線にイベントドリブンで動作するアクチュエータが接続され、しかも送受信されるデータの内容によっては安全性のために低遅延且つ高信頼にデータが送受信されることが求められる。定期的に発生するインパルス性雑音であれば、定期的なある期間における信号の信頼性を低く見積もれば済む。例えば、屋内ＰＬＣの場合は、インパルス性雑音が発生する周期が、商用電源の周期に同期することが知られており、当該周期に基づいて検出することにより、比較的高精度にインパルス性雑音を検出でき、これを避けることができる。一方で例えば、車両における電動のドアロックの施錠／解錠は、運転者又は同乗者のスイッチのオン／オフ操作に対応する動作に応じて行なわれ、ドアロックのスイッチのオン／オフによって、通信媒体である電力線に接続されるドアロックアクチュエータ等からインパルス性雑音が発生するから、上述のような時間的な特性を学習しておくことができない。

[0008] また、車載ＰＬＣを実現する場合、新たな通信プロトコル及び通信用のハードウェアを作成するよりも、従来の通信プロトコル及び車載通信機器を用

いることによって、比較的安価に実現することが望ましい。

[0009] 本発明は斯かる事情に鑑みてなされたものであり、通信媒体である電力線へ、該電力線接続されるアクチュエータから突発的に発生するインパルス性雑音の影響を軽減して通信を行なうことができる電力線通信システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 第１発明に係る電力線通信システムは、車両に搭載された複数の通信装置が、前記車両内に配索された電力線を介して通信を行なう通信システムにおいて、前記電力線を伝播する信号の振幅を所定振幅値内に制限する振幅制限器を備え、前記複数の通信装置は、前記電力線に発生するインパルス性雑音の周波数と異なる搬送波周波数のデータ信号を、位相偏移変調により変調するようにしてあることを特徴とする。

[0011] 伝送路となる電力線に、発生時には高い振幅を示してその後減衰する減衰正弦波のインパルス性雑音が発生する。このインパルス性雑音は非常に高い振幅を持ち、発生から減衰までに最大で１０μｓ程度の時間を要する。データ信号の搬送波周波数が、データ信号のシンボル長が減衰正弦波に対して十分に長ければ、振幅制限器にてインパルス性雑音の大きな振幅の影響を緩和することが可能となる。

[0012] また車両内に配索される電力線にて通信を行なう場合、当該電力線に接続されるアクチュエータの非周期的な動作によって任意のタイミングに、且つ、集中的に減衰正弦波の異インパルス性雑音が発生するという知見が得られている。このような車載ＰＬＣによる通信で特に、位相変調方式、及び振幅制限器がインパルス性雑音の影響を効果的に緩和することが可能となる。なおシンボル長がインパルス性雑音の発生継続時間に対して十分に長い車載通信のプロトコルとして、通信速度が２０ｋｂｐｓまでのＬＩＮ（Local Interconnect Network）が好ましい。

[0013] 第２発明に係る電力線通信システムは、車両に搭載された複数の通信装置が、前記車両内に配索された電力線を介して通信を行なう通信システムにお

いて、前記電力線を伝播する信号の振幅を所定振幅値内に制限する振幅制限器を備え、前記複数の通信装置には、第１の搬送波周波数のデータ信号を、位相偏移変調により変調して前記電力線を介した低速通信を行う複数の第１の通信装置と、前記第１の搬送波周波数とは異なる第２の搬送波周波数のデータ信号を、位相偏移変調により変調して前記電力線を介した高速通信を行う複数の第２の通信装置とを含み、前記第１の搬送周波数は、前記第２の搬送波周波数より、前記電力線に発生するインパルス性雑音の周波数に近く、前記第１の通信装置が変調した信号のシンボル長は、前記インパルス性雑音の長さより長いことを特徴とする。

[0014] 本発明では、第１の搬送波周波数にて電力線通信を行う第１の通信装置のグループと、第２の搬送波周波数にて電力線通信を行う第２の通信装置のグループとが、共通の電力線を利用して電力線通信を行う構成、いわゆる多重通信を行う構成とする。通信速度を比較した場合に、第１の通信装置が低速通信を行い、第２の通信装置が高速通信を行うとすれば、第１の搬送波周波数がインパルス性雑音の（ピーク）周波数に近く、第２の搬送波周波数がインパルス性雑音の周波数から遠くなるように、搬送周波数を設定する。なお第１の搬送周波数は、インパルス性雑音の周波数と同じであってもよい。また第１の通信装置の変調信号のシンボル長は、インパルス性雑音より長く設定する。

これらによって、第１の通信装置が行う電力線通信は、第１の搬送周波数がインパルス性雑音の周波数に近い（又は同じ）場合であっても、振幅制限器によるインパルス性雑音の振幅制限効果、及び、シンボル長がインパルス性雑音より長いことにより、インパルス性雑音に影響されることなく正常な通信を行うことができる。また第１の搬送周波数をインパルス性雑音の周波数に近付けることができるため、インパルス性雑音の影響を受ける虞のある第２の通信装置による高速通信にて使用する第２の搬送波周波数をインパルス性雑音の周波数から遠ざけることができ、第２の通信装置の通信がインパルス性雑音により妨げられることを防止できる。

[0015] 第３発明に係る電力線通信システムは、前記位相偏移変調は、ＢＰＳＫ（Binary Phase Shift Keying）であり、前記複数の通信装置は同期検波方式にてデータ信号を受信するようにしてあることを特徴とする。

[0016] 本発明では、ＢＰＳＫ方式及び同期検波方式を採用することにより、既存の通信デバイスを用いてＰＬＣシステムを実現することが可能となる。

[0017] 第４発明に係る電力線通信システムは、前記位相偏移変調は、ＤＢＰＳＫ（Differential Binary Phase Shift Keying）であり、前記複数の通信装置は遅延検波方式にてデータ信号を受信するようにしてあることを特徴とする。

[0018] 本発明では、ＤＢＰＳＫ方式及び遅延検波方式を採用することにより、既存の通信デバイスを用いてＰＬＣシステムを実現することが可能となる。

[0019] 第５発明に係る電力線通信システムは、前記所定の振幅値は、前記電力線に発生するインパルス性雑音の特性に基づき予め定められてあることを特徴とする。

[0020] 本発明では、振幅制限器によって制限される所定の振幅値が、通信システムにて発生すると推測されるインパルス性雑音の特性によって定められることにより、インパルス性雑音の影響をより精度良く除去することが可能となる。車載ＰＬＣであれば特に、伝送路となる電力線に発生するインパルス性雑音の特性が、回路構成に応じて顕著となる可能性がある。したがって通信システムの回路構成に応じた雑音特性、特に振幅に関するインパルス性雑音特性の影響を効果的に除去することが可能となる。

[0021] 第６発明に係る電力線通信システムは、前記所定の振幅値が、通信装置間で送受信する信号の振幅値の２倍以下であることを特徴とする。

[0022] 本発明では、振幅制限器によって制限される所定の振幅値を、通信装置間で送受信される信号（変調されて電力線に重畳される信号）の振幅値の２倍以下とする。本願発明者は、車両の電力線に発生するインパルス性雑音の特性を調査し、この特性をモデル化してシミュレーションを行った。このシミュレーションにおいて振幅制限器が制限する振幅値を送受信信号の振幅値の

２倍とした場合、インパルス性雑音の影響を十分に低減することができる結果が得られた。このことから、送受信信号の振幅値の２倍以下に振幅を制限することによって、インパルス性雑音による影響のない電力線通信を実現できる。

発明の効果

[0023] 本発明による場合、通信媒体である電力線へ突発的に発生するインパルス性雑音の影響を、既存の方式にてインパルス性雑音の特性に応じて緩和することが可能となり、電力線通信を支障なく実現することが可能となる。特に、電力線に接続される発生源からのインパルス性雑音の特性が顕著であれば、これを回避した通信が可能となる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]実施の形態における車載ＰＬＣシステムの構成を示すブロック図である。

[図2]実施の形態における車載ＰＬＣシステムを構成する送信機及び受信機の接続構成を概略的に示すブロック図である。

[図3]実施の形態におけるリミッタの入出力特性を示すグラフである。

[図4]実施の形態における車載ＰＬＣシステムを構成するリミッタによりインパルス性雑音の影響を緩和する効果を概念的に示す説明図である。

[図5]インパルス性雑音の発生時間の測定結果を示すグラフである。

[図6]シミュレーションに用いる雑音の作成方法を概念的に示す説明図である。

[図7]シミュレーションに用いるインパルス性雑音の特性を示すグラフである。

[図8]インパルス性雑音の特性の測定結果を示すグラフである。

[図9]シミュレーションにより得られた通信エラーの特性を示すグラフである。

[図10]シミュレーションにより得られた通信エラーの特性を示すグラフである。

[図11]シミュレーションにより得られた通信エラーの特性を示すグラフである。

[図12]シミュレーションに用いる雑音の作成方法を概念的に示す説明図である。

[図13]シミュレーションに用いるインパルス性雑音の特性を示すグラフである。

[図14]シミュレーションにより得られた通信エラーの特性を示すグラフである。

[図15]シミュレーションにより得られた通信エラーの特性を示すグラフである。

[図16]シミュレーションにより得られた通信エラーの特性を示すグラフである。

[図17]シミュレーションにより得られた通信エラーの特性を示すグラフである。

[図18]実施の形態２における車載ＰＬＣシステムの構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明をその実施の形態を示す図面に基づいて具体的に説明する。

なお、以下に説明する実施の形態では、本発明を車両に搭載されるＥＣＵ間の通信をＰＬＣにて実現する車載ＰＬＣシステムに適用した例を挙げて説明する。

[0026] （実施の形態１）

図１は、実施の形態における車載ＰＬＣシステムの構成を示すブロック図である。実施の形態における車載ＰＬＣシステムは、車両内に配される通信装置である複数のＥＣＵ１，１，…と、各ＥＣＵ１，１，…により制御されて作動する複数のアクチュエータ２，２，…と、ＥＣＵ１及びアクチュエータ２へ電力を伝送する電力線３と、ＥＣＵ１，１，…及びアクチュエータ２，２，…へ電力を供給する電源４と、電力線３の分岐及び中継のためのジャ

ンクションボックス（図中Ｊ／Ｂ）５と、電力線３に接続されるリミッタ６とを含む。

[0027] ＥＣＵ１，１，…は、マイクロコンピュータを用い、電源回路を介して電力の供給を受け、ＰＬＣによるデータの送受信、及び図示しない他の構成部の動作を制御する装置である。ＥＣＵ１，１，…は夫々送信機、且つ受信機として動作し、相互にデータを交換する。実施の形態におけるＥＣＵ１，１，…は、ＬＩＮ（Local Interconnect Network）コントローラの機能を有し、ＥＣＵ１，１，…間の通信プロトコルはＬＩＮとする。

[0028] 電源４は、エンジンからの動力を得て発電するオルタネータ又は該オルタネータにより蓄電されるバッテリであり、マイナス端子が接地されており、プラス端子は電力線３を介してジャンクションボックス５に接続されている。電源４は例えば１２Ｖの駆動電圧を各ＥＣＵ１，１，…又はアクチュエータ２へ供給する。

[0029] ジャンクションボックス５は、電力線３の分岐及び中継回路を備える。ジャンクションボックス５には複数の電力線３，３，…が分岐接続する。これらの複数の電力線３，３，…は各ＥＣＵ１，１，…及びアクチュエータ２，２，…へ夫々接続される。なおアクチュエータ２，２，…への接続リレーのＯＮ／ＯＦＦは、夫々のアクチュエータ２，２，…を制御するＥＣＵ１が制御するように、ＥＣＵ１にスイッチが内蔵されている。スイッチがＯＮの場合はアクチュエータ２へ電源４からの電力が供給され、アクチュエータ２が作動するように構成されている。

[0030] ＥＣＵ１，１，…及びアクチュエータ２，２，…はいずれも、接続されている電力線３が自身に含まれる各構成及び負荷を介してボディーアースへ接続（接地）されるように内部で構成されている。

[0031] このように構成される車載ＰＬＣシステムでは、各ＥＣＵ１，１，…は電力線３，３，…を介して電源４からの電力の供給を受けて動作するのみならず、電力線３，３，…へ通信用の搬送波を重畳して制御のためのデータを送受信する。これにより、実施の形態における車載ＰＬＣシステムでは、ＥＣ

Ｕ１，１，…間に走行制御に用いるデータ又は映像データ等を送受信するための通信用の信号線を別途車内に配索する必要がない。したがって、ハーネスの省線化及び軽量化を実現することができる。

[0032] 図１に示したように、ＥＣＵ１，１，…がデータ通信を行なう電力線３にはアクチュエータ２が接続されているので、電力線３ではイベントドリブン型にてインパルス性雑音が発生する。アクチュエータの１つは例えば、車両のドアのロックを作動させるドアロックモータである。ドアロックモータを作動させるために、これを制御するＥＣＵ１がスイッチをＯＮとすると、ドアロックモータが例えば約９５ミリ秒回転し、その間に、電力線に多数のインパルス性雑音が発生する。インパルス性雑音の主な起因はモータのブラシ放電であり、約９５ミリ秒後はインパルス性雑音の発生頻度は十分に低くなる。ドアロックモータのスイッチのＯＮ／ＯＦＦのタイミングは、任意のタイミングであるので、ドアロックモータを起因とするインパルス性雑音を回避するためには、時間的な回避ではなく通信信号の搬送波周波数をインパルス性雑音の周波数と異ならしめたり、影響を受けにくい通信方式を選定したりすることが必要になる。

[0033] そこで実施の形態における車載ＰＬＣシステムでは、電力線３で発生するインパルス性雑音の影響を回避するため、通信の搬送波の変調方式を規定し、リミッタ６を含んで構成する。以下、電力線３で発生するインパルス性雑音の影響を回避するためにＥＣＵ１，１，…が備えるべき送受信機１１，１２の構成及びリミッタ６の構成について説明する。そして、当該構成によりインパルス性雑音の影響を回避した通信が実現できるかを検討した結果を説明する。

[0034] 図２は、実施の形態における車載ＰＬＣシステムを構成する送信機１１及び受信機１２の接続構成を概略的に示すブロック図である。

[0035] ＥＣＵ１内部にて、ＬＩＮコントローラの機能により他のＥＣＵ１へデータを送信すべく出力されるデータ信号は、ＰＬＣにおける通信を行なうための送信機１１へ入力される。同様に、受信機１２にて受信されたデータ信号

がＬＩＮコントローラの機能によりＥＣＵ１を構成するプロセッサへ通知され、電力線３をＬＩＮバスとする送受信が可能となる。

[0036] 送信機１１は、ＬＩＮデータ信号を電力線３で伝送するための変調部１３、所定の帯域の信号を通過させるフィルタ１４及び、正弦波出力器（図中は正弦波）１５にて構成される。対称的に受信機１２は、リミッタ６、正弦波出力器１５、フィルタ１６、及び復調する復調部１７にて構成される。

[0037] 変調部１３は、ＥＣＵ１内部の他の構成部から入力されるデータ信号をＢＰＳＫ（Binary Phase Shift Keying）又はＤＢＰＳＫ（Differential Binary Phase Shift Keying）にて変調して出力する。例えば、変調に用いる搬送波の周波数Ｆｃ は２０ＭＨｚ又は１０ＭＨｚとすることができる。対称的に、復調部１７は搬送波からデータ信号を復調する。

[0038] フィルタ１４及びフィルタ１６は、ルートロールオフフィルタを用い、ロールオフ率は０．５とする。

[0039] 正弦波出力器１５は、搬送波に乗算するための正弦波ｓｉｎ（２πＦｃｔ）を出力する。

[0040] このように構成される送信機１１はデータ信号をＢＰＳＫ方式又はＤＢＰＳＫ方式により変調し、受信機１２は同期検波又は遅延検波方式によってデータ信号を受信する（送信機１１がＢＰＳＫ方式の変調を行う場合、受信機１２は同期検波方式でデータ信号を受信し、送信機１１がＤＢＰＳＫ方式の変調を行う場合、受信機１２は遅延検波方式でデータ信号を受信する）。

[0041] リミッタ６は、電力線３に伝播する信号の振幅を所定の振幅（受信信号振幅）に制限する。図３は、実施の形態におけるリミッタ６の入出力特性を示すグラフである。図３に示す２つのグラフは夫々、横軸に入力される信号の振幅レベル、縦軸に出力される信号の振幅レベルを示し、右方向及び上方向が正、下方向及び左方向が負である。

[0042] 実施の形態におけるリミッタ６は図３の左に示すハードリミッタの特性を有するとする。図３に示すようにリミッタ６は、入力される信号の振幅が受信信号の振幅よりも大きくても受信信号の振幅にて出力する。

[0043] なおリミッタ６は、図３の右に示すソフトリミッタの特性を有するものを用いてもよい。ソフトリミッタの場合受信信号の振幅の２倍までに制限する。この場合リミッタ６は、入力される信号の振幅が受信信号の振幅の２倍まではそのまま出力するが、振幅の２倍を超過した場合は受信信号の振幅の２倍にて出力する。

[0044] またリミッタ６は、図２に示すように乗算器の手前に配するのみでなく、乗算器及びフィルタ１６の間、又は、フィルタ１６及び復調部１７の間に配してもよい。

[0045] 図４は、実施の形態における車載ＰＬＣシステムを構成するリミッタ６によりインパルス性雑音の影響を緩和する効果を概念的に示す説明図である。図４中の破線に示す波形はインパルス性雑音を示し、太線の矩形は、横がＬＩＮに基づくデータ信号の１シンボル分のシンボル長であり、縦が受信信号の振幅値を示す。図４中の下部には、リミッタ６により振幅が制限された後のインパルス性雑音の波形が示されている。

[0046] 図４に示すように、ＬＩＮの伝送容量は最大２０ｋｂｐｓ（１シンボル長が５０μ秒）であり、シンボル長がインパルス性雑音の高い振幅を示す幅１つ分に対して十分に長い。したがってリミッタ６にて振幅を制限することによって、１シンボルに対する影響をより効果的に緩和することが可能となる。なお、シンボル長よりも十分に短いサンプリングタイミングにて、各シンボル内の信号レベルの高低の判定を行ない、より多い判定結果を信号レベルとして確定させるなどの処理を行なってもよい。

[0047] 図５は、インパルス性雑音の発生時間の測定結果を示すグラフであり、実際に車両内の電力線３にて発生するインパルス性雑音の発生時間を測定した結果である。なお、図５においては、横軸にインパルス性雑音の発生時間［μｓ］を示し、縦軸に相補累積分布（ＣＣＤＦ（Complementary Cumulative Distribution Function））の値［％］を示してある。

[0048] 図５に示すように、検出されたインパルス性雑音の約９９％以上は、その発生時間が約１８μ秒以下である（即ち、約１８μ秒以上のインパルス性雑

音は約１％以下である）という測定結果が得られた。このことから、ＬＩＮのシンボル長である５０μ秒は、車両に発生するインパルス性雑音の発生時間に対して十分に長いことが分かる。電力線を伝送する信号のシンボル長をインパルス性雑音の発生時間に対して十分に長く設定することで、インパルス性雑音の影響を効果的に緩和できる。

[0049] 図２に戻り説明を続ける。

図２に示すように送受信機１１，１２が構成され、送信機１１から送信される信号は電力線３にて伝送される。電力線３には複数のアクチュエータ２，２，…が接続されているためにそれらがインパルス性雑音の雑音源となって搬送波にインパルス性雑音が加算される。また、各ＥＣＵ１，１，…の送受信機１１，１２の入力には白色ガウス雑音（ＡＷＧＮ：Additive White Gaussian Noise）が搬送波に加算される。

[0050] インパルス性雑音及び白色ガウス雑音が加算された搬送波がリミッタ６へ入力されると、リミッタ６が振幅を、図３に示すように受信信号の振幅に制限して出力する。これにより、インパルス性雑音の影響が緩和される。

[0051] リミッタ６から出力された搬送波は受信機１２内部の乗算器に到達する。受信機１２内部の乗算器は、到達した搬送波に対し、正弦波出力器１５からの正弦波を乗算してフィルタ１６を通過させた後復調部１７にて復調し、データ信号としてＥＣＵ１内部にてプロセッサへ通知する。

[0052] このように、送信機１１が変調方式にＢＰＳＫ又はＤＢＰＳＫを用い、受信機１２にて同期検波又は遅延検波を用いて復調し、且つ伝送路である電力線３にリミッタ６を接続することにより、ＬＩＮによる通信をＰＬＣにて実現することが可能である。

[0053] 次に、図２に示したように構成される送受信機１１，１２を備え、リミッタ６を備えることにより、実施の形態における車載ＰＬＣシステムにてインパルス性雑音の影響を回避した通信が実現できるかを検討する。

[0054] インパルス性雑音の影響を回避した通信が実現できるか否かは、図２に示した送受信機１１，１２及びリミッタ６を含む構成に、所定のインパルス性

雑音をシミュレーションによって発生させたときのＢＥＲ（Bit Error Rate）により評価する。

[0055] シミュレーションによって発生させるインパルス性雑音を含む雑音を作成した。図６は、シミュレーションに用いる雑音の作成方法を概念的に示す説明図である。

[0056] インパルス性雑音を作成するためにまず実際に、アクチュエータ２としてドアロックモータが接続された電力線３に発生するインパルス性雑音を含む雑音を測定しておく。しかしながら、測定雑音からインパルス性雑音を真に検出し、再現することは非常に困難である。そこで、測定により得られた雑音の各サンプリングタイミングにおける状態が、インパルス性雑音が発生している状態であるか、発生していない状態であるかの２状態のいずれであるかを、隠れマルコフガウスモデル及びＢＷ－ＭＡＰ法を用いて推定した結果を時系列に並べた推定状態行列を得る。また発生したインパルス性雑音の周波数は、１０ＭＨｚ及び３０ＭＨｚにピークを持つことが分かった。以後得られた推定状態行列及びインパルス性雑音の周波数等の特性を用い、インパルス性雑音を作成する。

[0057] 図６中の最上段に示す波形が、推定状態行列を矩形波として示したものであり、１矩形波の長さの１状態と、連続してインパルスが発生していると判定された長さとが対応する。「０」はインパルス性雑音が発生していない状態（白色ガウス雑音のみ）、「１」はインパルス性雑音が発生している状態（インパルス性雑音と白色ガウス雑音との混合）である。図６に示すように、車載ＰＬＣでは連続した区間で、インパルス性雑音が発生している状態が継続する。車載ＰＬＣにて発生するインパルス性雑音は図４に示したように減衰正弦波であったからである。

[0058] 次に、図６の上から２段目に示すように、インパルス性雑音が発生した区間（「１」が続く区間）を、その区間と同じ長さの窓関数に置き換えた。窓関数はハニング窓を用いた。

[0059] 次に、上述したようにインパルス性雑音の周波数周期は１０ＭＨｚ及び３

０ＭＨｚにピークを持つことが分かったから、作成するインパルス性雑音も、１０ＭＨｚ及び３０ＭＨｚの２つの周波数にピークを持つように、窓関数W_1（ｔ）に、２つの周波数F_1，F_2の正弦波の和を乗算したW_2（ｔ）を得る（式１）。なお２つの正弦波の位相は夫々ϕ_1，ϕ_2とし、ともに０～２πの範囲のランダムな位相をとる。また、この位相は検出区間毎にランダム且つ独立に決まるものとする。

[0060] [数1]

$$W_2(t) = W_1(t) \times \frac{\sin(2\pi F_1 t + \phi_1) + \sin(2\pi F_2 t + \phi_2)}{2} \quad \cdots (1)$$

[0061] 次に、作成されるインパルス性雑音の振幅の最大値を、測定されたインパルス性雑音の振幅に各区間で一致させた。つまり、振幅を「１」に規格化された関数W_2（ｔ）に、測定されたインパルス性雑音の振幅Ａ（ｉ）を乗算した。図６中のＡ（ｉ）は、ｉ番目に測定された減衰正弦波であるインパルス性雑音の最大振幅の絶対値である。

[0062] 最後に、受信機１２の特性に応じた白色ガウス雑音を背景雑音として加算し、シミュレーションに用いる雑音とした。

[0063] 図７は、シミュレーションに用いるインパルス性雑音の特性を示すグラフである。上段に１つのインパルス性雑音の波形を示し、下段に周波数特性を示す。作成した雑音のインパルス性雑音は、窓関数を用いたため、図７の上段に示すように中央に高い振幅を持ち、減衰する左右対称の波形を示す。また、図７の下段に示すように、作成したインパルス性雑音の周波数は、実際に測定されたインパルス性雑音と同様に１０ＭＨｚ及び３０ＭＨｚにピークを有する。

[0064] 図８は、インパルス性雑音の特性の測定結果を示すグラフであり、実際に車両内の電力線３にて発生するインパルス性雑音を測定した結果である。図８においては、上段に１つのインパルス性雑音の波形を示し、下段に周波数特性を示してあり、これは図７のシミュレーション用のインパルス性雑音の

特性に対応させたものである。

[0065] 測定されたインパルス性雑音は、図８の上段に示すように、高い振幅を持って急峻に変化する波形の後、徐々に振幅が低くなり且つ変化が緩やかになる減衰波形を示す。また、測定されたインパルス性雑音の周波数は、図８の下段に示すように、約１２ＭＨｚと約３３ＭＨｚとにピークを有する。このように、図７に示したシミュレーション用のインパルス性雑音の特性は、図８に示した実測のインパルス性雑音の特性に近いものであることが分かる。

[0066] 図６及び図７に示したように作成したインパルス性雑音を含む雑音を、図２に示した構成の通信システムの電力線３に発生させ、受信エラーがどの程度発生するかのシミュレーションを実行した。なおシミュレーションは、搬送波の周波数を５、１０、１５、２０、２５、３０ＭＨｚと変えて複数回行なった。なお、信号のサンプリング周波数は１００Ｍｚとした。

[0067] 図９及び図１０は、シミュレーションにより得られた通信エラーの特性を示すグラフであり、図９にＢＰＳＫ方式＋同期検波方式（ただしリミッタ６なし）のシミュレーション結果を示し、図１０にＤＢＰＳＫ方式＋遅延検波方式（ただしリミッタ６なし）のシミュレーション結果を示す。横軸に１ビット当たりの信号電力対背景雑音電力E_b/N_0[dB]を示し、縦軸にＢＥＲを示す。図９及び図１０に示すように、ＢＰＳＫ方式及びＤＢＰＳＫ方式のいずれの場合であっても、「×」のシンボルで示す搬送波の周波数が２０ＭＨｚのときのＢＥＲが比較的よい。なお、搬送波の周波数がインパルス性雑音の周波数と同一の１０ＭＨｚ及び３０ＭＨｚのときは、E_b/N_0が高い領域でもＢＥＲが悪い。

[0068] また図９及び図１０に示すように、搬送波の周波数を２０ＭＨｚとした場合には、E_b/N_0を６０[dB]程度とすることにより、ＢＰＳＫ方式及びＤＢＰＳＫ方式のいずれの場合であっても、ＢＥＲを10^{-4}程度にすることが可能であることが推定される。

[0069] 図１１は、シミュレーションにより得られた通信エラーの特性を示すグラフであり、ＢＰＳＫ方式＋同期検波方式（リミッタ６あり）及びＤＢＰＳＫ

方式＋遅延検波方式（リミッタ６あり）のシミュレーション結果を共に示す。図１１に示すように、ＢＰＳＫ方式及びＤＢＰＳＫ方式のいずれの場合であっても、搬送波周波数が２０ＭＨｚのときのＢＥＲが低い。搬送波周波数がインパルス性雑音と同一の周波数のときも、リミッタ６なしの場合比較して改善しているが、２０ＭＨｚの場合と比較するとＢＥＲが高い。

[0070] また、図１１に示すように、搬送波の周波数を、インパルス性雑音の周波数と同一の１０ＭＨｚ及び３０ＭＨｚ以外の周波数、例えば２０ＭＨｚとした場合には、ＢＰＳＫ方式でのE_b/N_0を１１[ｄｂ]程度、ＤＢＰＳＫ方式でのE_b/N_0を１３［ｄｂ］程度とすることにより、ＢＥＲを10^{-4}程度にすることが可能であることが推定される。リミッタ６によりE_b/N_0が５０［ｄｂ］程度改善されている。

[0071] これにより、ＬＩＮプロトコルを用い、インパルス性雑音の影響を回避した車載ＰＬＣシステムを実現することは可能である。

[0072] このように、既存のＬＩＮを通信プロトコルとした場合に、ＢＥＲを10^{-6}程度に抑えることが可能であり、実用的である。したがって、ＢＰＳＫ方式にて変調し、同期検波方式にて受信し、リミッタ６を用いる構成、及び、ＤＢＰＳＫ方式にて変調し、遅延検波方式にて受信し、リミッタ６を用いる構成により、インパルス性雑音の影響を軽減してＬＩＮ用の通信ケーブルを省線化した車載ハーネス及び車載通信システムを実現することができる。

[0073] 上記の図９～図１１に示したシミュレーション結果は、図６に示すようにインパルス性雑音を、ハニング窓の窓関数に基づいて生成し、シミュレーションに用いたものである。これは、車載ＰＬＣにて発生するインパルス性雑音が図４に示したような減衰正弦波であったためである。しかし本願発明者は、車載ＰＬＣにて発生するインパルス性雑音が、指数減衰正弦波により近似できることを見出し、インパルス性雑音を指数減衰正弦波としたシミュレーションによる再検証を行った。図１２は、シミュレーションに用いる雑音の作成方法を概念的に示す説明図である。

[0074] 図１２の上から２段目に示すように、インパルス性雑音が発生した区間（

「１」が続く区間）を、その区間と同じ長さの包絡線パルスに置き換えた。なお包絡線パルスは指数減衰関数を用いた。

[0075] 次に、インパルス性雑音の周波数周期は１０ＭＨｚ及び３０ＭＨｚにピークを持つため、作成するインパルス性雑音も、１０ＭＨｚ及び３０ＭＨｚの２つの周波数にピークを持つように、指数減数関数による包絡線パルスP_1（ｔ）に、２つの周波数F_1，F_2の正弦波の和を乗算したP_2（ｔ）を得る（式２）。

[0076] [数2]

$$P_2(t) = P_1(t) \times \frac{\sin(2\pi F_1 t + \phi_1) + \sin(2\pi F_2 t + \phi_2)}{2} \quad \cdots (2)$$

[0077] その後は図６の場合と同様に、振幅を「１」に規格化された包絡線パルスP_2（ｔ）に、測定されたインパルス性雑音の振幅Ａ（ｉ）を乗算し、受信機１２の特性に応じた白色ガウス雑音を背景雑音として加算し、シミュレーションに用いる雑音とした。

[0078] 図１３は、シミュレーションに用いるインパルス性雑音の特性を示すグラフであり、図１２に示した方法で作成したインパルス性雑音の特性である。上段に１つのインパルス性雑音の波形を示し、下段に周波数特性を示す。図１３の上段に示すように、作成したインパルス性雑音の振幅は、そのピークから指数関数で減衰する。また、図１３の下段に示すように、作成したインパルス性雑音の周波数は、実際に測定されたインパルス性雑音と同様に１０ＭＨｚ及び３０ＭＨｚにピークを有する。図１３に示したシミュレーション用のインパルス性雑音の特性は、図８に示した実測のインパルス性雑音の特性により近いものである。

[0079] 図１２及び図１３に示したように作成したインパルス性雑音を含む雑音を、図２に示した構成の通信システムの電力線３に発生させ、受信エラーがどの程度発生するかのシミュレーションを実行した。なおシミュレーションは、搬送波の周波数が１０ＭＨｚ及び２０ＭＨｚの場合について行った。

[0080] 図１４は、シミュレーションにより得られた通信エラーの特性を示すグラ

フであり、ＢＰＳＫ方式＋同期検波方式（ただしリミッタ６なし）のシミュレーション結果（図中の「×」のシンボルで示すＢＰＳＫ－Ｃを参照）と、ＤＢＰＳＫ方式＋遅延検波方式（ただしリミッタ６なし）のシミュレーション結果（図中の「○」のシンボルで示すＤＢＰＳＫ－Ｄを参照）とを共に示してある。図１４に示すように、ＢＰＳＫ方式及びＤＢＰＳＫ方式のいずれの場合であっても、破線で示す搬送波の周波数が２０ＭＨｚのときのＢＥＲがよく、実線で示す搬送波の周波数が１０ＭＨｚのときのＢＥＲが悪い。

[0081] 図１５は、シミュレーションにより得られた通信エラーの特性を示すグラフであり、ＢＰＳＫ方式＋同期検波方式（ただしリミッタ６あり）のシミュレーション結果と、ＤＢＰＳＫ方式＋遅延検波方式（ただしリミッタ６あり）のシミュレーション結果とを共に示してある。なおリミッタ６は、図３に示したハードリミッタを用いており、受信信号の振幅にて振幅制限を行っている。図１５に示すように、ＢＰＳＫ方式及びＤＢＰＳＫ方式のいずれの場合であっても、破線で示す搬送波の周波数が２０ＭＨｚのときのＢＥＲがよく、実線で示す搬送波の周波数が１０ＭＨｚのときのＢＥＲが悪い。

[0082] また、図１４に示したリミッタ６なしの場合、搬送波の周波数を２０ＭＨｚとすれば、E_b/N_0を５５[ｄｂ]程度とすることにより、ＢＥＲを10^{-4}程度にすることが可能である。これに対して図１５に示したリミッタ６ありの場合、搬送波の周波数を２０ＭＨｚとすれば、E_b/N_0を１１[ｄｂ]程度とすることにより、ＢＥＲを10^{-4}程度にすることが可能である。即ち、リミッタ６（ハードリミッタ）を用いることによって、E_b/N_0が４０[ｄｂ]程度改善されている。

[0083] 図１６は、シミュレーションにより得られた通信エラーの特性を示すグラフであり、ＢＰＳＫ方式＋同期検波方式（ただしリミッタ６あり）のシミュレーション結果と、ＤＢＰＳＫ方式＋遅延検波方式（ただしリミッタ６あり）のシミュレーション結果とを共に示してある。なおリミッタ６は、図３に示したソフトリミッタを用いており、受信信号の振幅の２倍にて振幅制限を行っている。図１６に示すように、ＢＰＳＫ方式及びＤＢＰＳＫ方式のいず

れの場合であっても、破線で示す搬送波の周波数が２０ＭＨｚのときのＢＥＲがよく、実線で示す搬送波の周波数が１０ＭＨｚのときのＢＥＲが悪い。

[0084] また図１６に示したリミッタ６ありの場合、搬送波の周波数を２０ＭＨｚとすれば、E_b/N_0を１１[ｄｂ]程度とすることにより、ＢＥＲを10^{-4}程度にすることが可能である。即ち、リミッタ６（ソフトリミッタ）を用いることによって、E_b/N_0が４０[ｄｂ]程度改善されている。

[0085] ＬＩＮプロトコルによる車載ＰＬＣシステムに求められる通信品質は、E_b/N_0が６０［ｄｂ］でＢＥＲが10^{-4}以下である。よって、搬送波の周波数をインパルス性雑音の周波数と異なる周波数（例えば２０ＭＨｚ）とした場合、リミッタ６を用いることによって、E_b/N^0が改善され、要求される通信品質を十分に満たすことができる。なお、リミッタ６による制限振幅は、ハードリミッタの場合に受信信号の振幅以下とし、ソフトリミッタの場合に受信信号の振幅の２倍以下とすることで、要求される通信品質を十分に満たすことができる。

[0086] また上記構成とすることによってE_b/N_0が改善されるため、送信機１１が出力する通信信号の出力電力を低減することができる。これにより、送信機１１の消費電力を低減することができると共に、通信に伴って放射されるノイズを低減することができる。

[0087] 図１７は、シミュレーションにより得られた通信エラーの特性を示すグラフであり、横軸を通信速度（ビットレート）［Ｍｂｉｔ／ｓ］とし、縦軸をＢＥＲとしたものである。なお、本シミュレーション結果は、ＤＢＰＳＫ方式＋遅延検波方式にて通信を行うと共に、リミッタ６（ハードリミッタ）を用いた構成でのものである。また、搬送波の周波数を１０ＭＨｚ又は２０ＭＨｚとし、信号のE_b/N_0を２０ｄＢ、４０ｄＢ又は６０ｄＢとしてシミュレーションを行った。また本シミュレーションでは、搬送波周波数が１０ＭＨｚ且つE_b/N_0を１０ｄＢとした場合にはビットレート１００ｋｂｉｔ／ｓ及び２００ｋｂｉｔ／ｓにてエラーが発生したが、これ以外の場合にはビットレート１００ｋｂｉｔ／ｓ及び２００ｋｂｉｔ／ｓにてエラーが発生し

なかったため、図１７のグラフではシミュレーション結果をプロットしていない。

[0088] 図１７に示すように、搬送波の周波数をインパルス性雑音の周波数と異なる２０ＭＨｚとした場合、ビットレートを２００ｋｂｉｔ／ｓ以下とすることでエラーの発生を低減する（エラーの発生をなくす）ことができる。ＬＩＮプロトコルによる車載ＰＬＣシステムに求められる通信品質は、E_b/N_0が６０［ｄｂ］でＢＥＲが10^{-4}以下であるため、本構成ではこの通信品質を十分に満たすことができる。またＬＩＮプロトコルの通信速度は２０ｋｂｉｔ／ｓであり、本構成ではこの通信速度の約１０倍まで高速化を実現することが可能である。

[0089] 上述の実施の形態では、ＰＬＣシステムを車載ＬＡＮに適用した場合の構成を説明した。しかしながら本発明はこれに限らず、インパルス性雑音を発生させる可能性のある負荷を制御するための通信システムに適用可能である。

[0090]（実施の形態２）

図１８は、実施の形態２における車載ＰＬＣシステムの構成を示すブロック図である。実施の形態２の車載ＰＬＣシステムは、通信に関して２つのグループに分類され、第１の通信グループに属する第１のＥＣＵ２１０ａと、第２の通信グループに属する第２のＥＣＵ２０１ｂとが、共通の電力線３に接続され、この電力線３を介した通信をそれぞれ行っている。

[0091] 第１のＥＣＵ２０１ａは、図２に示した送信機１１及び受信機１２を有しており、実施の形態１のＥＣＵ１と略同じ構成であるが、データ信号の変調／復調に用いる搬送波の周波数が異なる。実施の形態２に係る第１のＥＣＵ２０１ａが用いる搬送波（第１の搬送波）の周波数は、電力線３に発生するインパルス性雑音の（ピーク）周波数と略同じ周波数、例えば１０ＭＨｚに設定されている。また第１のＥＣＵ２０１ａが電力線３を介して送受信する信号のシンボル長は、図４に示すようにインパルス性雑音より十分に長い（例えば５０μ秒）。

[0092] 図１４及び図１５に示したシミュレーション結果を比較すると、搬送波の周波数がインパルス性雑音の周波数と同じ１０ＭＨｚであっても、第１のＥＣＵ２０１ａがリミッタ６を備えることによって、ＢＥＲに対する十分な改善効果が得られる。

[0093] 第２のＥＣＵ２０１ｂも同様に、図２に示した送信機１１及び受信機１２を有しており（ただしリミッタ６を有さない構成であってよい）、第１のＥＣＵ２０１ａと略同じ構成であるが、第１のＥＣＵ２０１ａより高速な通信を行う。即ち、第２のＥＣＵ２０１ｂが送受信する信号のシンボル長は、第１のＥＣＵ２０１ａのものより短い（例えば１００ｎ秒）。また第２のＥＣＵ２０１ｂが用いる搬送波（第２の搬送波）の周波数は、電力線３に発生するインパルス性雑音の周波数と異なる周波数、例えば２０ＭＨｚに設定されている。

[0094] 即ち、実施の形態２に係る車載ＰＬＣシステムでは、低速の電力線通信を行う第１のＥＣＵ２０１ａは、インパルス性雑音の周波数に近い第１の搬送波周波数を用い、高速の電力線通信を行う第２のＥＣＵ２０１ｂは、インパルス性雑音の周波数から遠い第２の搬送波周波数を用いる。第１のＥＣＵ２０１ａはシンボル長が長く、且つ、リミッタ６を備えたことでインパルス性雑音に対する影響が少ないため、第１のＥＣＵ２０１ａの搬送波周波数をインパルス性雑音の周波数に近付けることができ、これによって第２のＥＣＵ２０１ｂが搬送波周波数として利用可能な周波数帯を広げることができる。第２のＥＣＵ２０１ｂの搬送周波数をインパルス性雑音の周波数から十分に遠ざけることによって、第２のＥＣＵ２０１ｂによる電力線通信に対するインパルス性雑音の影響を抑制することができる。

[0095] なお、上述の実施の形態２においては、第１のＥＣＵ２０１ａのシンボル長を５０μ秒とし、第１の搬送波周波数を１０ＭＨｚとし、第２のＥＣＵ２０１ｂのシンボル長を１００ｎ秒とし、第２の搬送波周波数を２０ＭＨｚとしたが、これらの数値は一例であって、これに限るものではない。また、２つの通信グループが共通の電力線３を介して通信を行う構成としたが、これ

に限るものではなく、３つ以上の通信グループが共通の電力線３を介して通信を行う構成であってもよく、この場合には最も低速な通信を行う通信グループにて用いる搬送波周波数をインパルス性雑音の周波数に最も近づければよい。

[0096] なお、開示された実施の形態は、全ての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上述の説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0097] １　ＥＣＵ（通信装置）

２　アクチュエータ

３　電力線

６　リミッタ（振幅制限器）

請求の範囲

[請求項1] 車両に搭載された複数の通信装置が、前記車両内に配索された電力線を介して通信を行なう通信システムにおいて、

前記電力線を伝播する信号の振幅を所定振幅値内に制限する振幅制限器を備え、

前記複数の通信装置は、前記電力線に発生するインパルス性雑音の周波数と異なる搬送波周波数のデータ信号を、位相偏移変調により変調するようにしてあること

を特徴とする電力線通信システム。

[請求項2] 車両に搭載された複数の通信装置が、前記車両内に配索された電力線を介して通信を行なう通信システムにおいて、

前記電力線を伝播する信号の振幅を所定振幅値内に制限する振幅制限器を備え、

前記複数の通信装置には、

第１の搬送波周波数のデータ信号を、位相偏移変調により変調して前記電力線を介した低速通信を行う複数の第１の通信装置と、

前記第１の搬送波周波数とは異なる第２の搬送波周波数のデータ信号を、位相偏移変調により変調して前記電力線を介した高速通信を行う複数の第２の通信装置と

を含み、

前記第１の搬送周波数は、前記第２の搬送波周波数より、前記電力線に発生するインパルス性雑音の周波数に近く、

前記第１の通信装置が変調した信号のシンボル長は、前記インパルス性雑音の長さより長いこと

を特徴とする電力線通信システム。

[請求項3] 前記位相偏移変調は、ＢＰＳＫ（Binary Phase Shift Keying）であり、

前記複数の通信装置は同期検波方式にてデータ信号を受信するよう

にしてあること

を特徴とする請求項１又は請求項２に記載の電力線通信システム。

[請求項4] 前記位相偏移変調は、ＤＢＰＳＫ（Differential Binary Phase Shift Keying）であり、

前記複数の通信装置は遅延検波方式にてデータ信号を受信するようにしてあること

を特徴とする請求項１又は請求項２に記載の電力線通信システム。

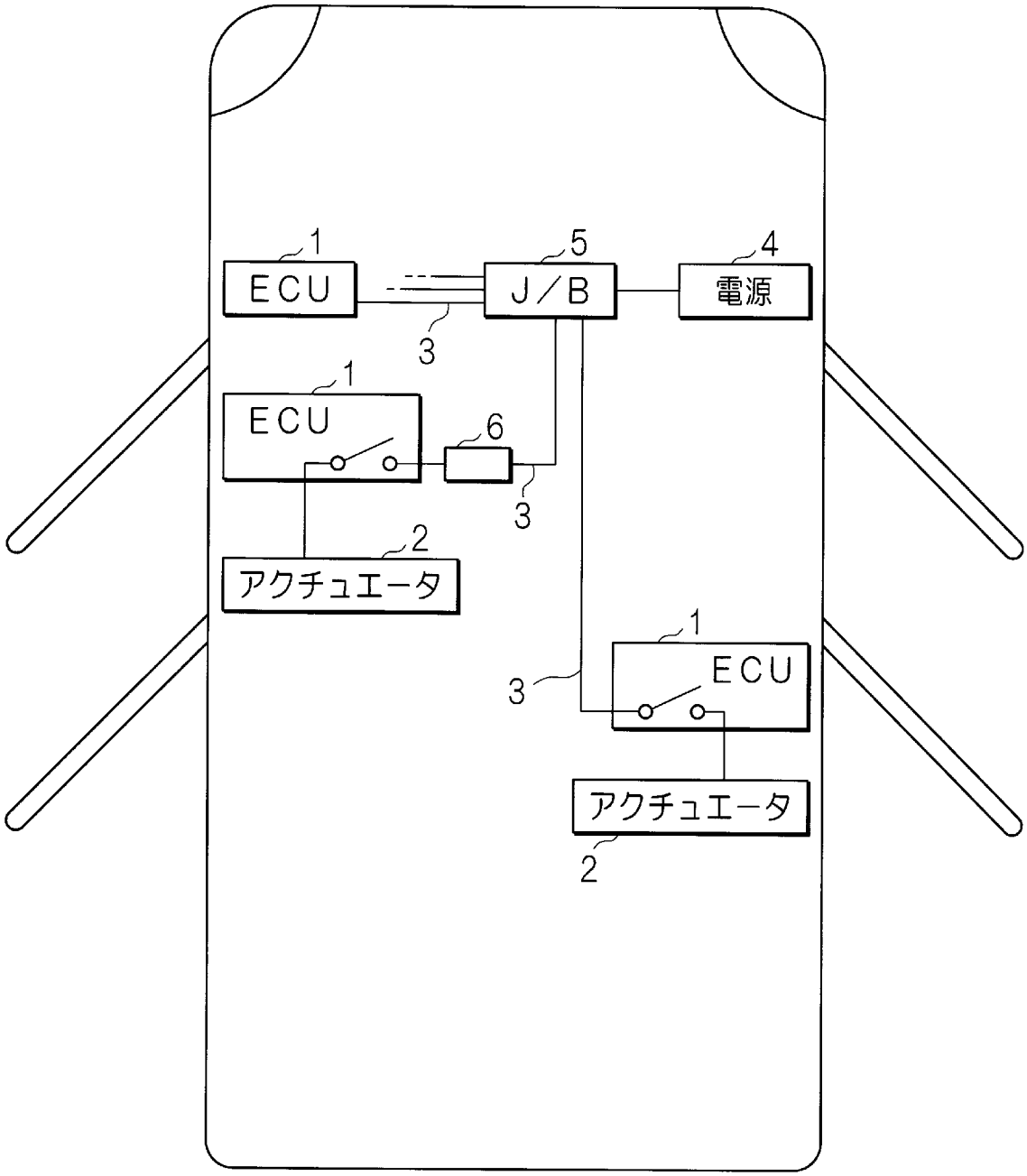
[請求項5] 前記所定の振幅値は、前記電力線に発生するインパルス性雑音の特性に基づき予め定められてあること

を特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載の電力線通信システム。

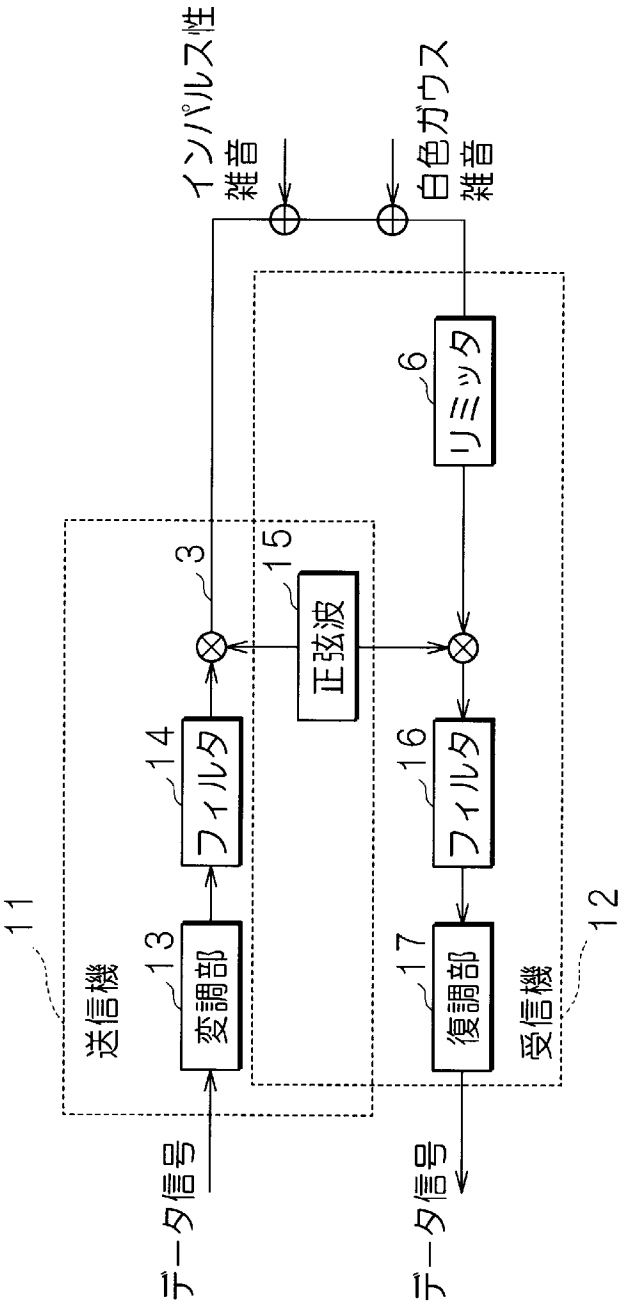
[請求項6] 前記所定の振幅値は、通信装置間で送受信する信号の振幅値の２倍以下であること

を特徴とする請求項１乃至請求項５のいずれかに記載の電力線通信システム。

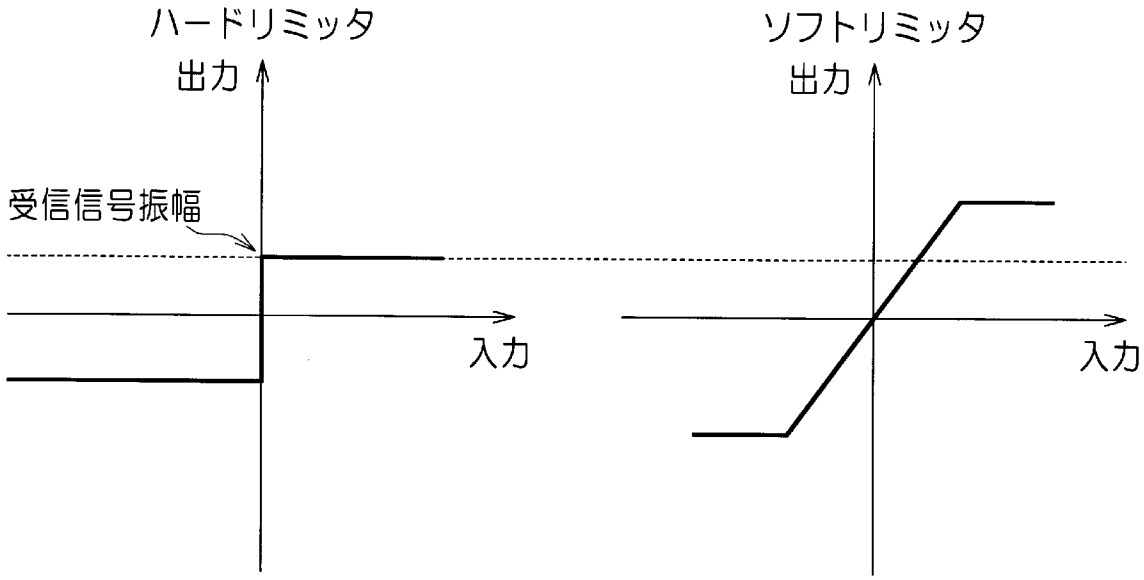
[図1]



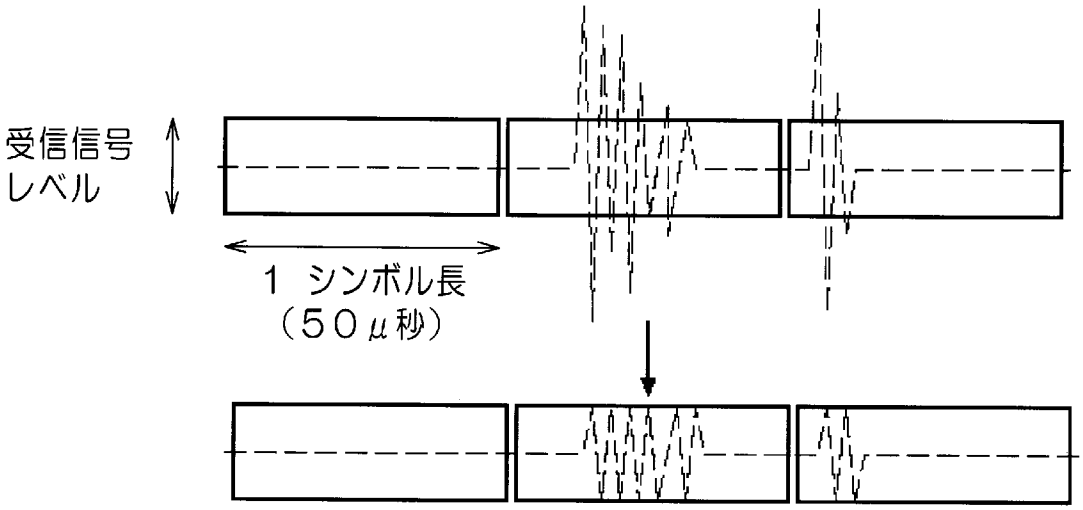
[図2]


インパルス性
雑音
白色ガウス
雑音
6
リミッタ
3
15
正弦波
14
フィルタ
16
フィルタ
11
送信機
13
変調部
17
復調部
12
受信機
データ信号
データ信号

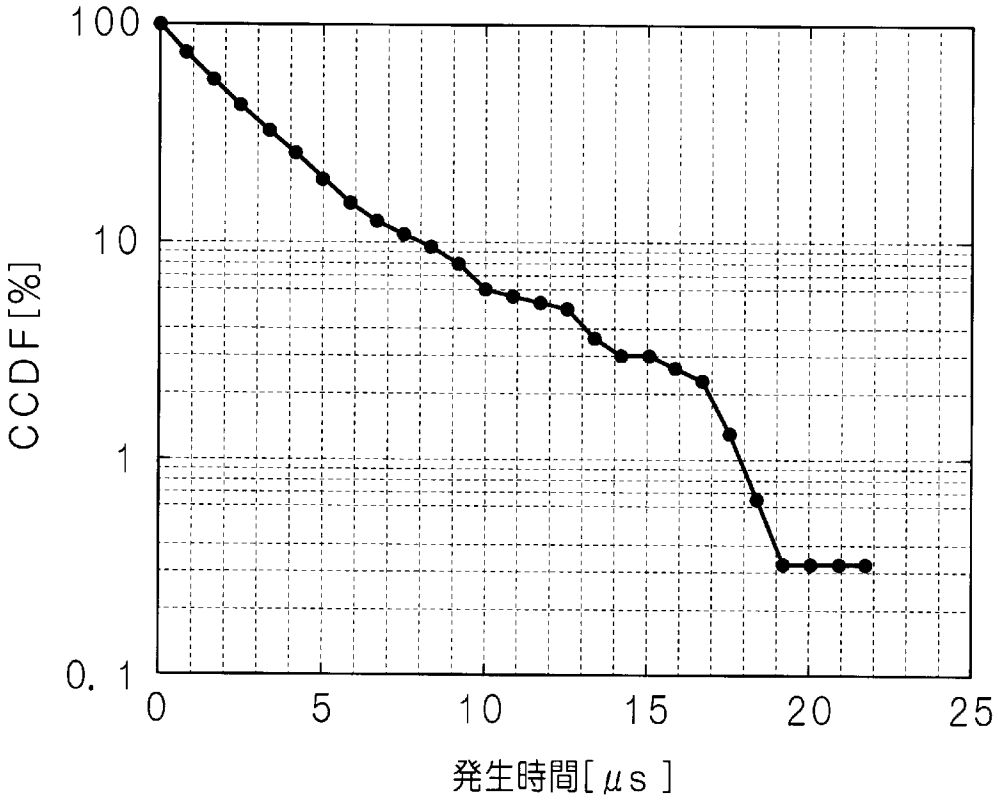
[図3]



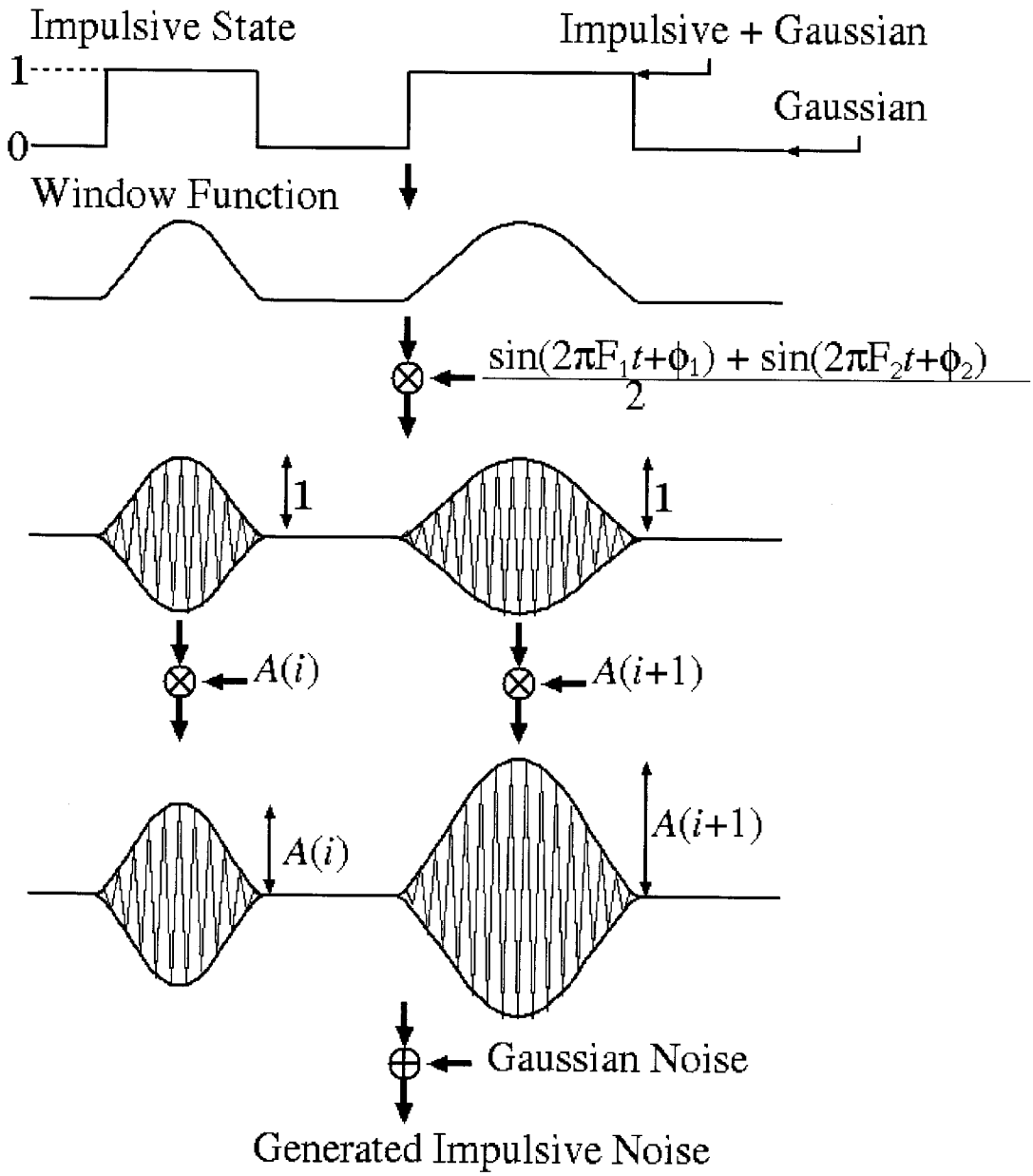
[図4]



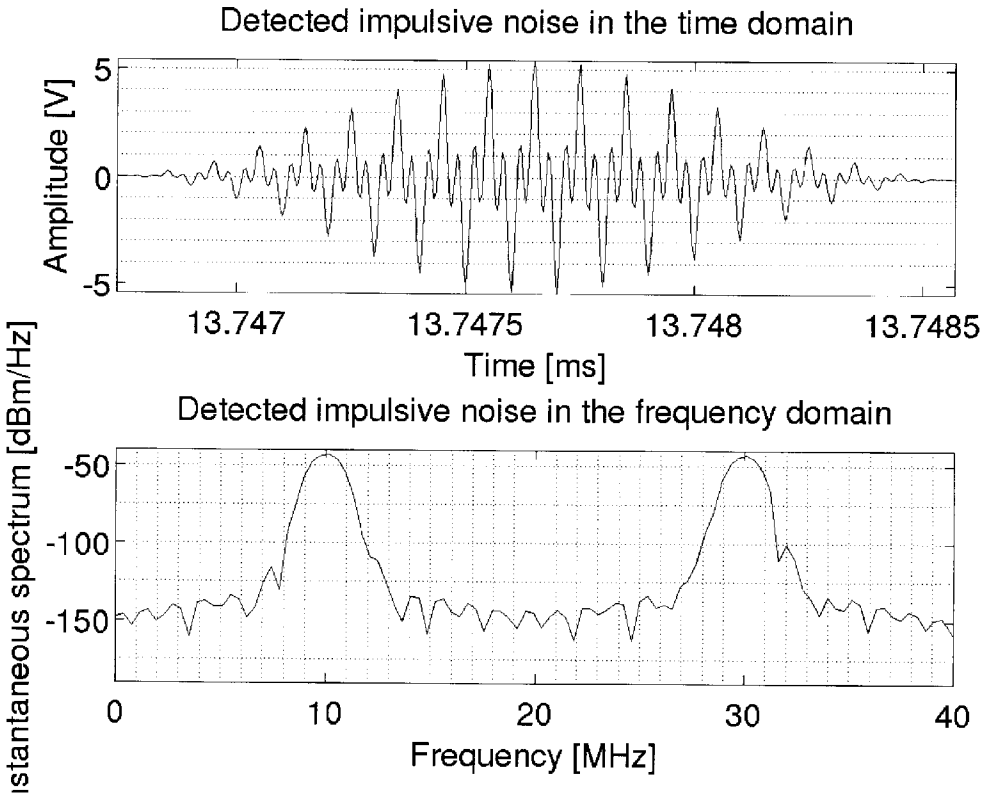
[図5]



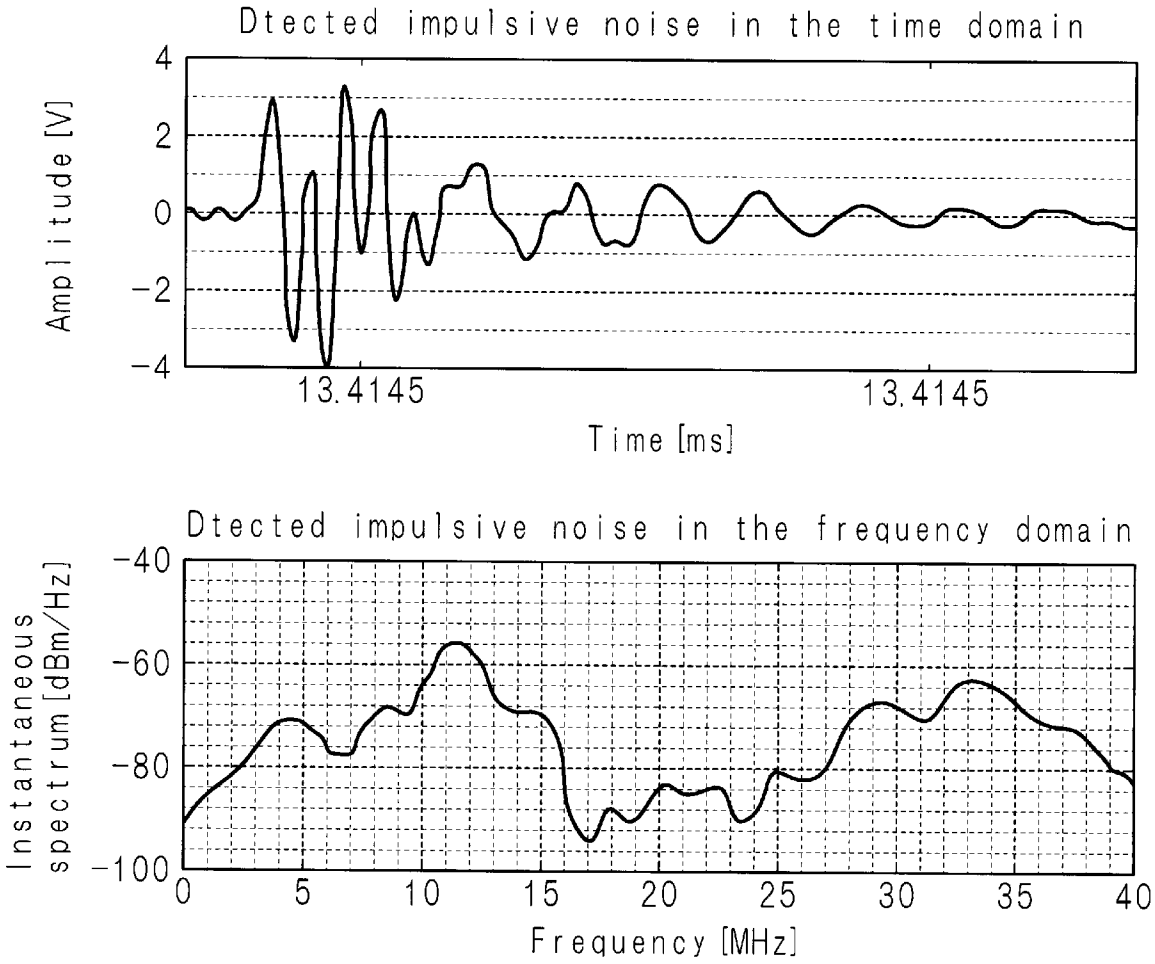
[図6]


Impulsive State
Impulsive + Gaussian
1
0
Gaussian
Window Function
$\frac{\sin(2\pi F_1 t+\phi_1) + \sin(2\pi F_2 t+\phi_2)}{2}$
1
1
A(i)
A(i+1)
A(i)
A(i+1)
Gaussian Noise
Generated Impulsive Noise

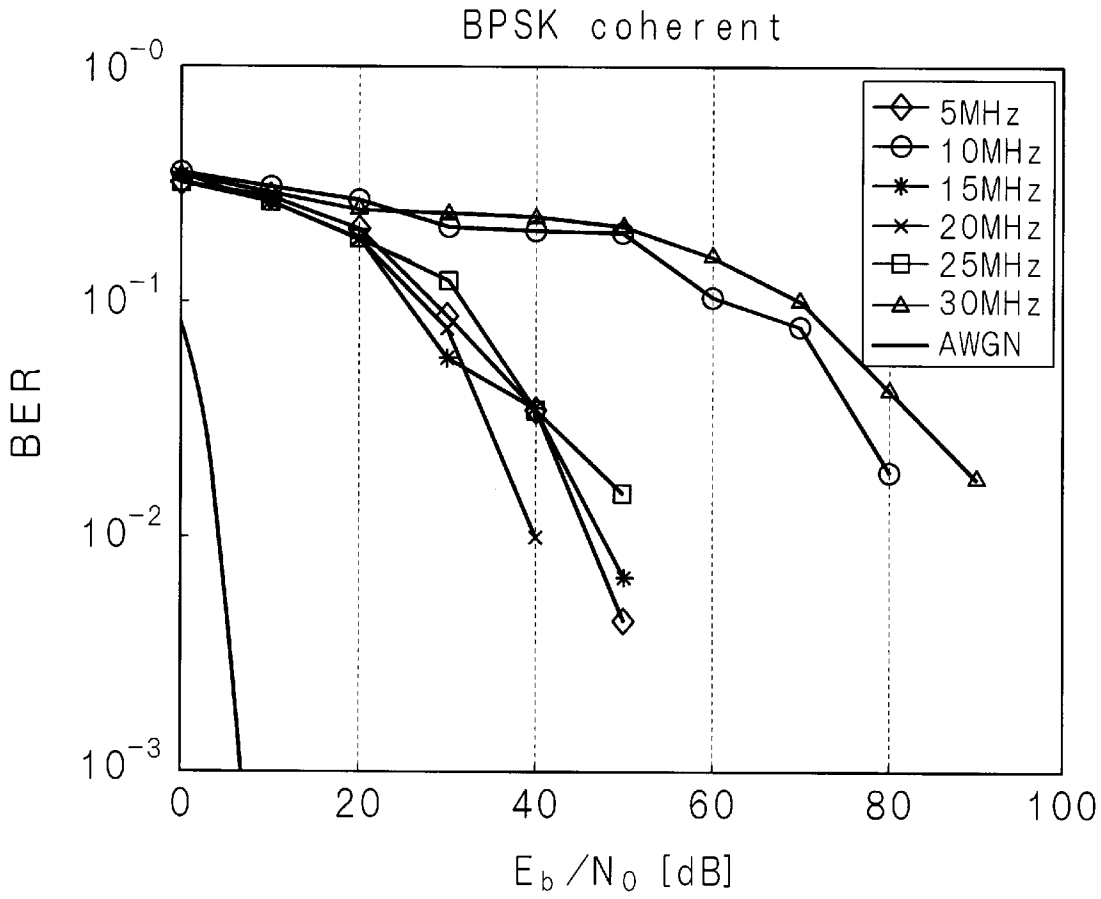
[図7]


Detected impulsive noise in the time domain
Amplitude [V]
5
0
-5
13.747
13.7475
13.748
13.7485
Time [ms]
Detected impulsive noise in the frequency domain
Istantaneous spectrum [dBm/Hz]
-50
-100
-150
0
10
20
30
40
Frequency [MHz]

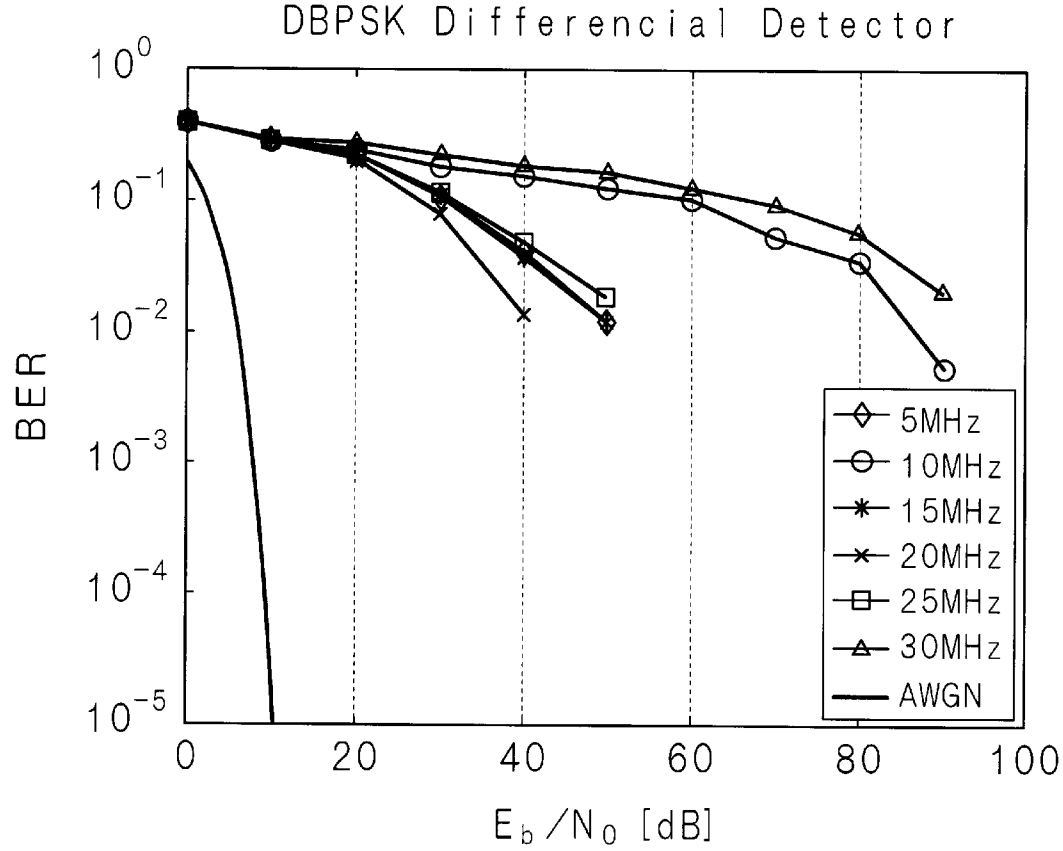
[図8]


Dtected impulsive noise in the time domain
Amplitude [V]
4
2
0
−2
−4
13.4145
13.4145
Time [ms]
Dtected impulsive noise in the frequency domain
Instantaneous spectrum [dBm/Hz]
−40
−60
−80
−100
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Frequency [MHz]

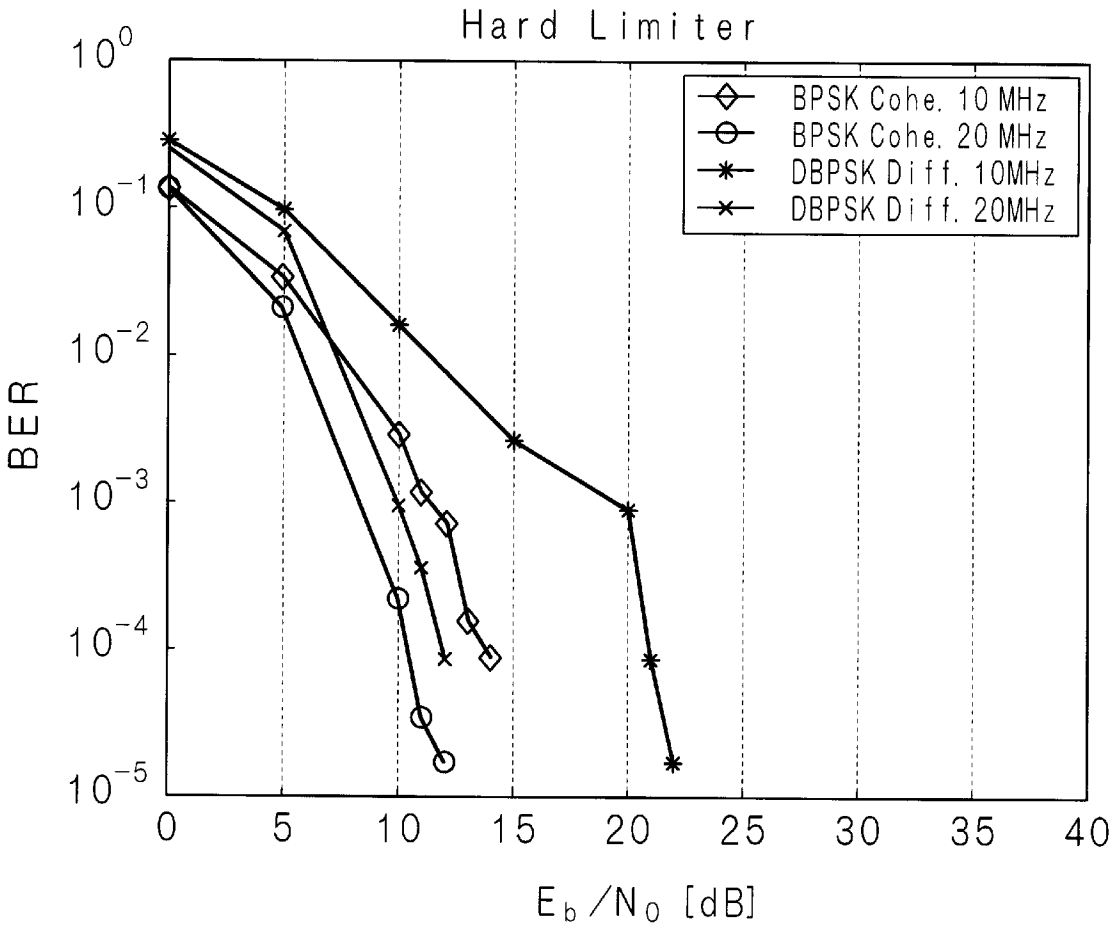
[図9]


BPSK coherent
BER
10^{-0}
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
0
20
40
60
80
100
E_b/N_0 [dB]
5MHz
10MHz
15MHz
20MHz
25MHz
30MHz
AWGN

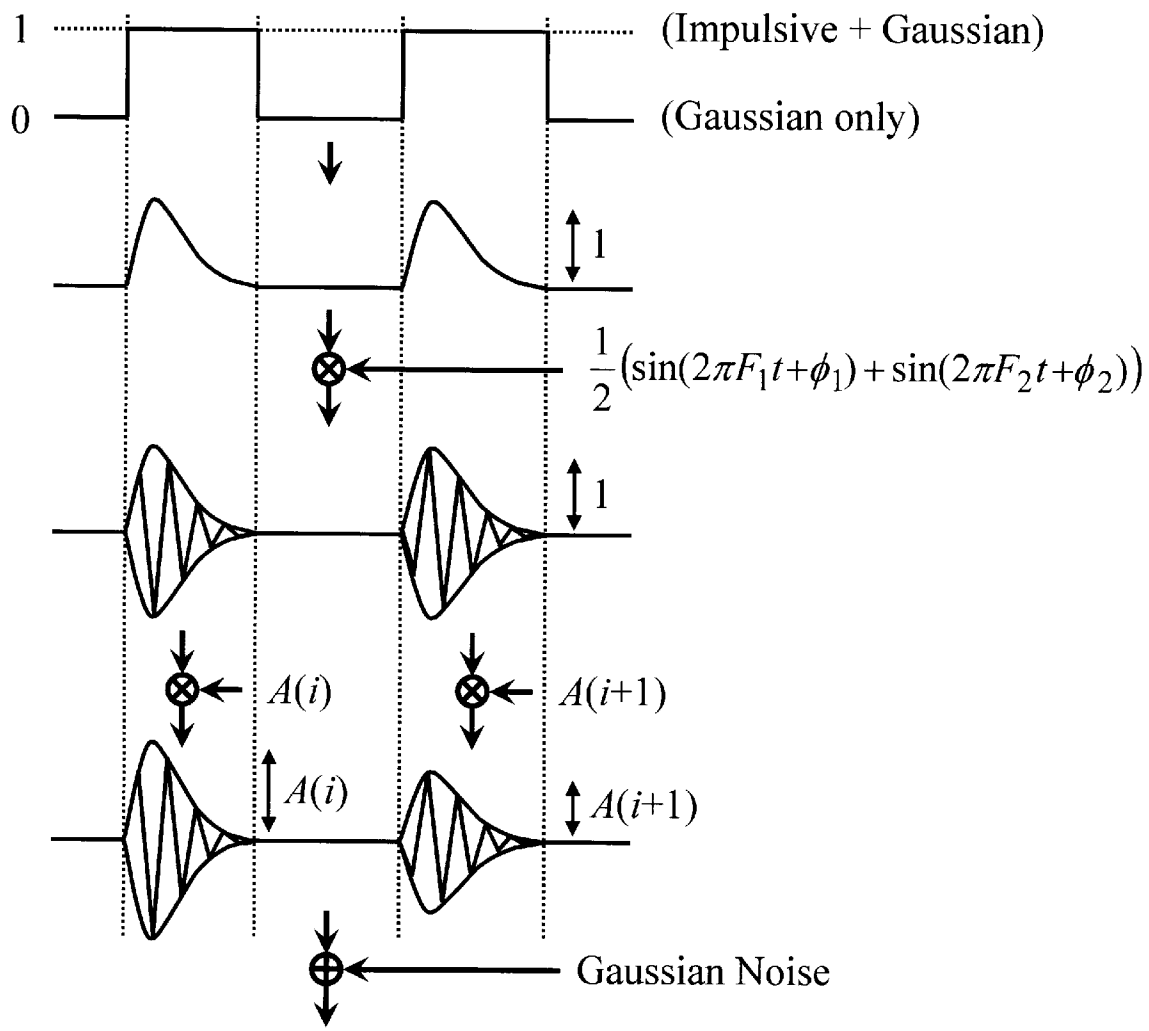
[図10]


DBPSK Differencial Detector
BER
10^{0}
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
0
20
40
60
80
100
E_b/N_0 [dB]
5MHz
10MHz
15MHz
20MHz
25MHz
30MHz
AWGN

[図11]

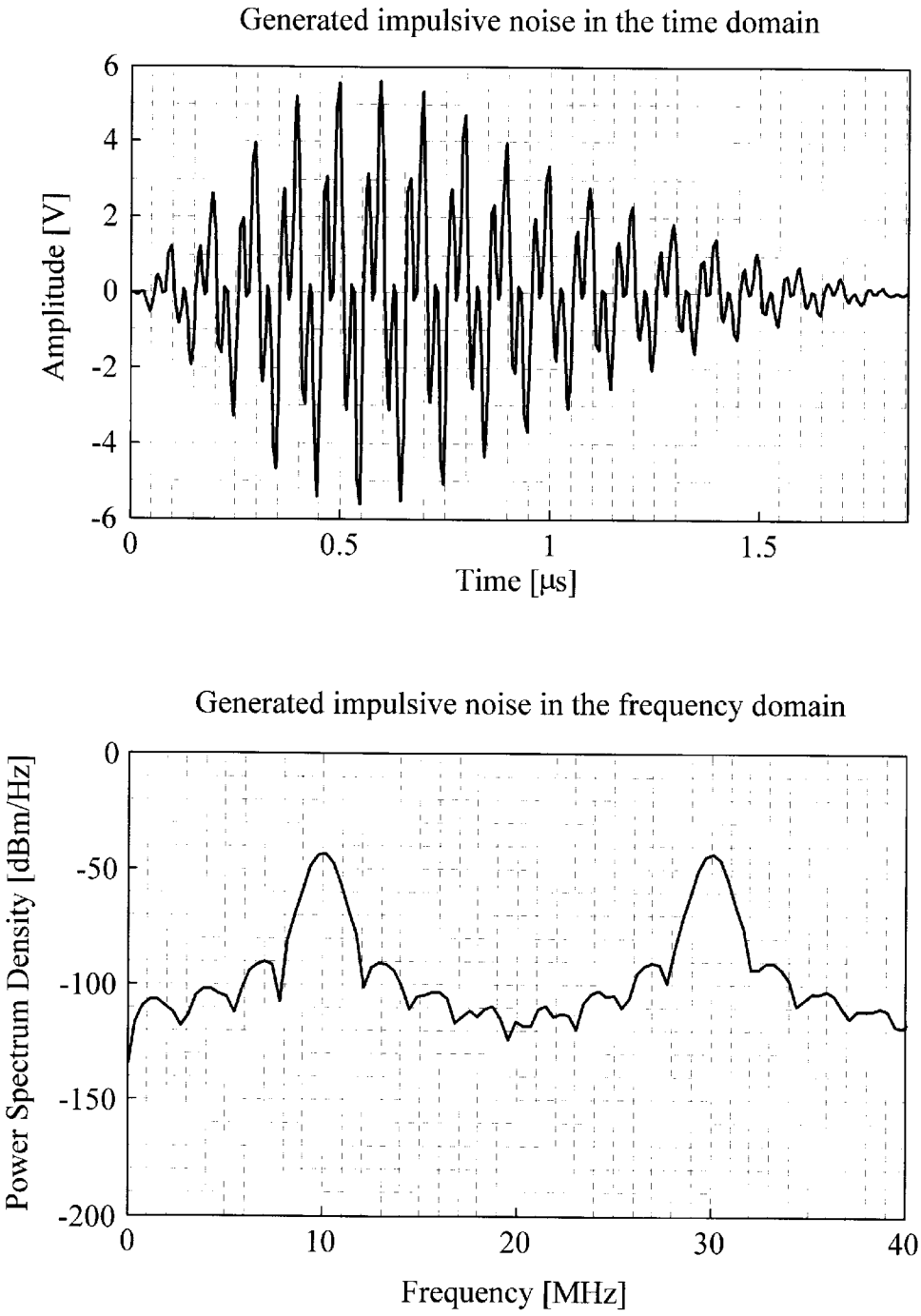

Hard Limiter
BPSK Cohe. 10 MHz
BPSK Cohe. 20 MHz
DBPSK Diff. 10MHz
DBPSK Diff. 20MHz
BER
10^{0}
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
0
5
10
15
20
25
30
35
40
E_b/N_0 [dB]

[図12]

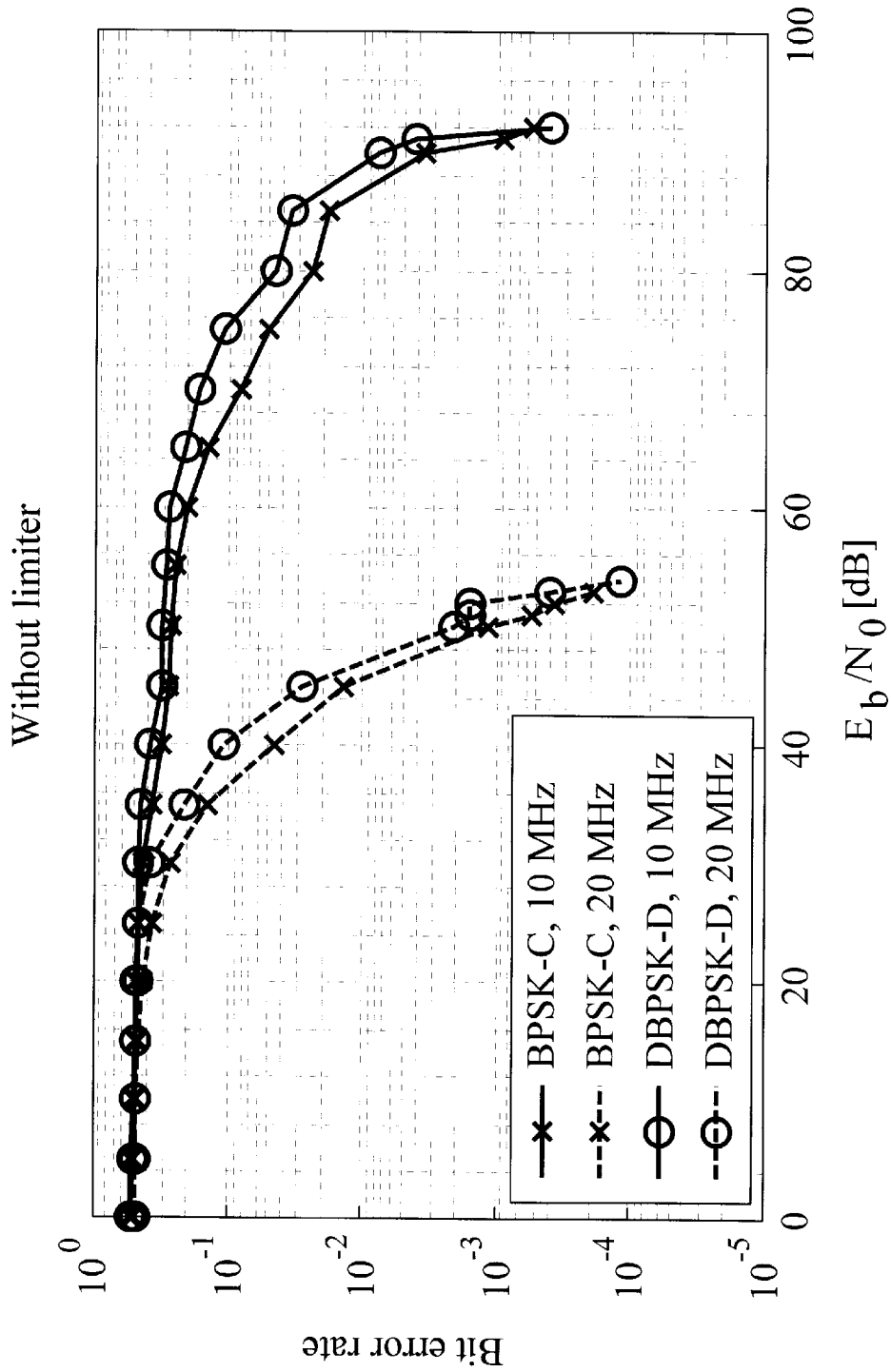


Generated Impulsive Noise

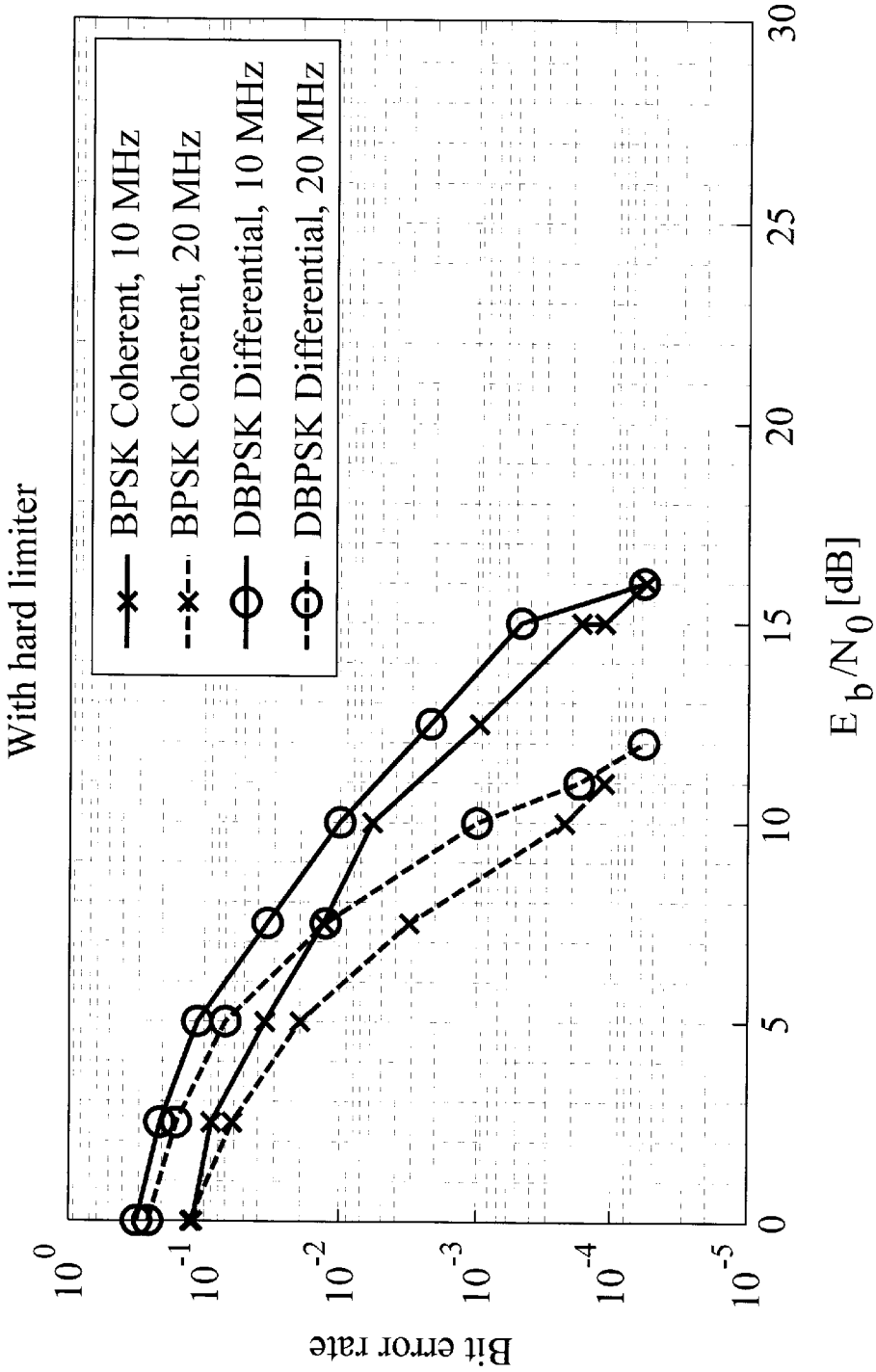
[図13]


Generated impulsive noise in the time domain
Amplitude [V]
6
4
2
0
-2
-4
-6
0
0.5
1
1.5
Time [μs]
Generated impulsive noise in the frequency domain
Power Spectrum Density [dBm/Hz]
0
-50
-100
-150
-200
0
10
20
30
40
Frequency [MHz]

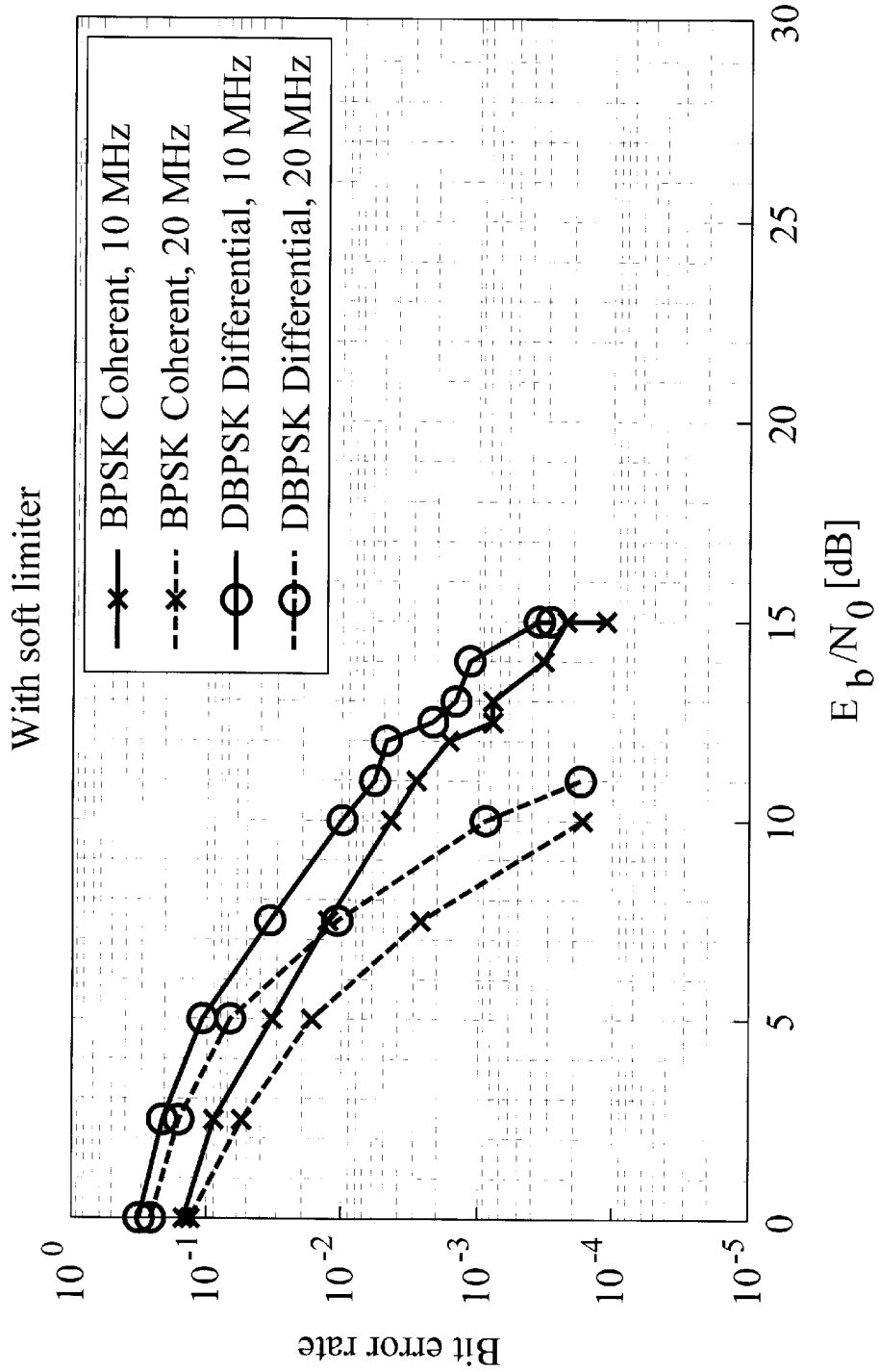
[図14]


Without limiter
Bit error rate
10^{0}
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
0
20
40
60
80
100
E_b/N_0 [dB]
BPSK-C, 10 MHz
BPSK-C, 20 MHz
DBPSK-D, 10 MHz
DBPSK-D, 20 MHz

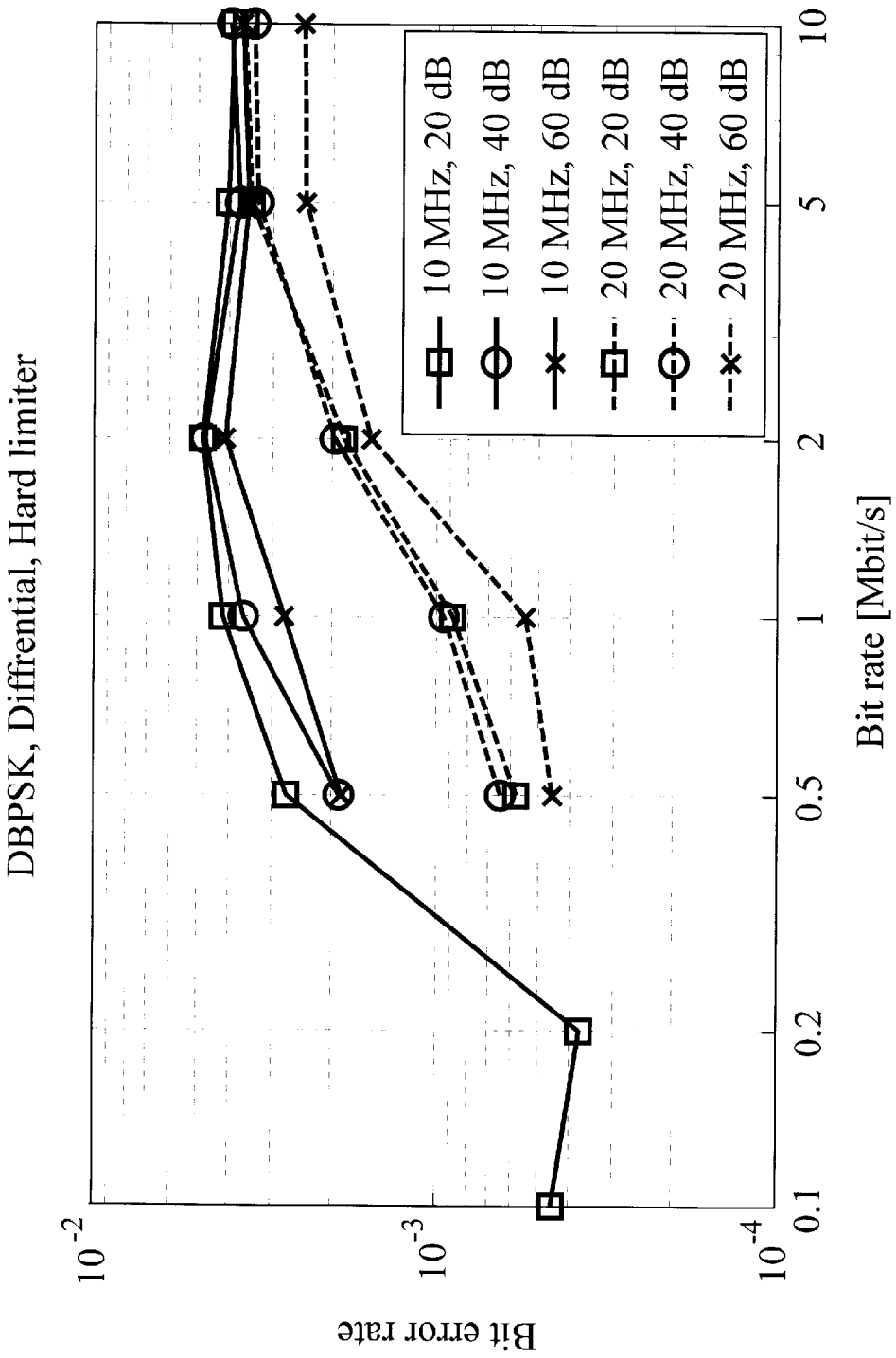
[図15]


With hard limiter
BPSK Coherent, 10 MHz
BPSK Coherent, 20 MHz
DBPSK Differential, 10 MHz
DBPSK Differential, 20 MHz
Bit error rate
10^{0}
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
0
5
10
15
20
25
30
E_b/N_0 [dB]

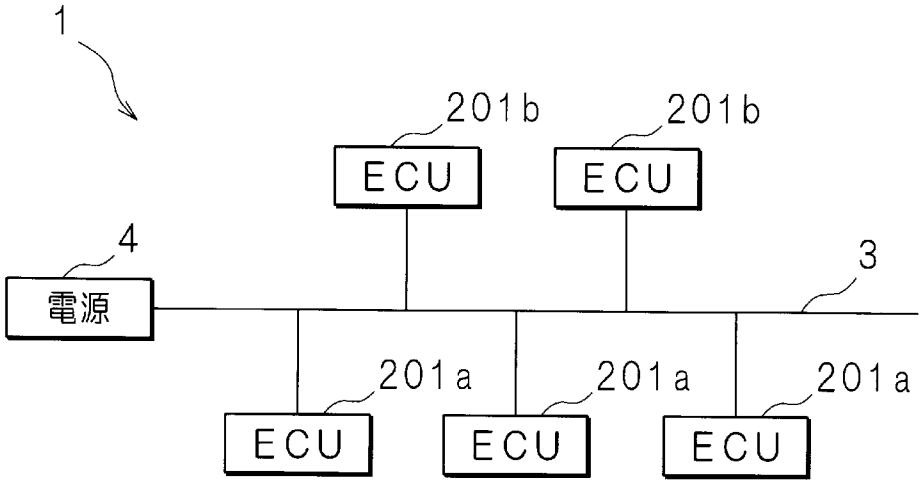
[図16]


With soft limiter
BPSK Coherent, 10 MHz
BPSK Coherent, 20 MHz
DBPSK Differential, 10 MHz
DBPSK Differential, 20 MHz
Bit error rate
10^{0}
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
0
5
10
15
20
25
30
E_b/N_0 [dB]

[図17]


DBPSK, Diffrential, Hard limiter
Bit error rate
Bit rate [Mbit/s]
10 MHz, 20 dB
10 MHz, 40 dB
10 MHz, 60 dB
20 MHz, 20 dB
20 MHz, 40 dB
20 MHz, 60 dB
10^-2
10^-3
10^-4
0.1
0.2
0.5
1
2
5
10

[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/073820

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H04B3/54(2006.01)i, *H04L27/18*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04B3/54, H04L27/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Yasuhiro Yabuuchi, et.al., Measurement and analysis of impulsive noise on in-vehicle power lines, IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), 2010, 2010.03.28, pages.325-330	1-6
Y	JP 2007-258908 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 04 October 2007 (04.10.2007), claims 1 to 3, 14 (Family: none)	1-6
Y	JP 2006-304086 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 02 November 2006 (02.11.2006), paragraph [0012] (Family: none)	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 November, 2011 (07.11.11)	15 November, 2011 (15.11.11)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2011/073820

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Caetan Ndo, et.al., An Adaptive Procedure for Impulsive Noise Mitigation over Power Line Channels, IEEE Global Telecommunications Conference, 2009. GLOBECOM 2009., 2009.11.30, pages.1-6	2-6
Y	JP 2005-531163 A (Adaptive Networks, Inc.), 13 October 2005 (13.10.2005), paragraph [0028] & US 2004/0258168 A1 & US 2005/0063479 A1 & US 2011/0176664 A1	2-6
P,Y	JP 2011-135555 A (Kyoto University et al.), 07 July 2011 (07.07.2011), paragraphs [0228] to [0282] (Family: none)	2-6
A	JP 2007-228203 A (Ikuo OMURA), 06 September 2007 (06.09.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１１／０７３８２０

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04B3/54(2006.01)i, H04L27/18(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H04B3/54, H04L27/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１１年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	Yasuhiro Yabuuchi, et.al., Measurement and analysis of impulsive noise on in-vehicle power lines, IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), 2010, 2010.03.28, pages.325-330	1-6
Y	JP 2007-258908 A（住友電気工業株式会社）2007.10.04, 請求項１－３，１４（ファミリーなし）	1-6

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ０７．１１．２０１１	国際調査報告の発送日 １５．１１．２０１１
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　５Ｊ　９０７３ 前田　典之 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３５３４

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2006-304086 A (住友電気工業株式会社) 2006.11.02, [0012] (ファミリーなし)	1-6
Y	Caetan Ndo, et.al., An Adaptive Procedure for Impulsive Noise Mitigation over Power Line Channels, IEEE Global Telecommunications Conference, 2009. GLOBECOM 2009., 2009.11.30, pages.1-6	2-6
Y	JP 2005-531163 A (アダプチブ　ネットワークス　インコーポレーテッド) 2005.10.13, [0028] & US 2004/0258168 A1 & US 2005/0063479 A1 & US 2011/0176664 A1	2-6
PY	JP 2011-135555 A (国立大学法人京都大学　他) 2011.07.07, [0228]-[0282] (ファミリーなし)	2-6
A	JP 2007-228203 A (大村郁夫) 2007.09.06, 全文全図 (ファミリーなし)	1-6