

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2015-152308
(P2015-152308A)

(43) 公開日 平成27年8月24日 (2015. 8. 24)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO4R 20/00 (2013.01)	GO4G 7/02	2 F002
HO4L 7/00 (2006.01)	HO4L 7/00 Z	5 K047

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2014-23371 (P2014-23371)	(71) 出願人	301022471
(22) 出願日	平成26年2月10日 (2014. 2. 10)		国立研究開発法人情報通信研究機構
			東京都小金井市貫井北町4-2-1
		(74) 代理人	100082669
			弁理士 福田 賢三
		(74) 代理人	100095337
			弁理士 福田 伸一
		(74) 代理人	100095061
			弁理士 加藤 恭介
		(72) 発明者	杉谷 茂夫
			東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立
			行政法人情報通信研究機構内
		(72) 発明者	雨谷 純
			東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立
			行政法人情報通信研究機構内
			最終頁に続く

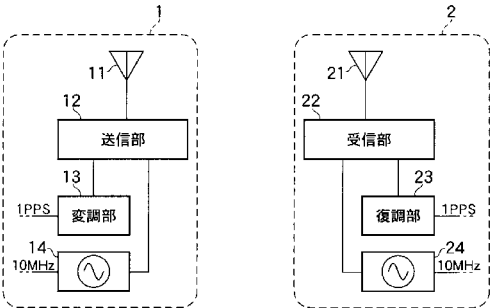
(54) 【発明の名称】 同期信号供給方法及び同期信号供給システム

(57) 【要約】

【課題】 1 ナノ秒程度、またはそれ以上の時刻精度を得ることができるように、同期信号を所定の装置に供給する。

【解決手段】 親装置1の送信部12が第1の時刻信号を第1周波数に変換する第1過程と変調部13が所定の疑似雑音符号を第2の時刻信号で変調して変調信号を生成する第2過程と、送信部12が変調信号を第2周波数に変換し、第1周波数に変換された第1の時刻信号とともに、同期信号として送信する第3過程と、子装置2の受信部22が同期信号を受信し、該同期信号の周波数変換を行って第1の時刻信号を再現する第4過程と、復調部23が、所定信号と第4過程で周波数変換された同期信号に含まれている変調信号との相互相関処理によって群遅延を求める第5過程と、復調部23が相互相関処理において相関値がピークになる変調信号を復調して第2の時刻信号を再現する第6過程とを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

親装置の時刻に子装置の時刻を同期させる同期信号供給方法であって、
前記親装置の送信部が第 1 の時刻信号を第 1 周波数に変換する第 1 過程と
前記親装置の変調部が所定の疑似雑音符号を第 2 の時刻信号で変調して変調信号を生成する第 2 過程と、
前記親装置の送信部が前記変調信号を第 2 周波数に変換し、前記第 1 周波数に変換された第 1 の時刻信号とともに、同期信号として送信する第 3 過程と、
前記子装置の受信部が前記同期信号を受信し、該同期信号の周波数変換を行って前記第 1 の時刻信号を再現する第 4 過程と、
前記子装置の復調部が、所定信号と前記第 4 過程で周波数変換された同期信号に含まれている変調信号との相互相関処理によって群遅延を求める第 5 過程と、
前記復調部が前記相互相関処理において相関値がピークになる変調信号を復調して前記第 2 の時刻信号を再現する第 6 過程と、
を有する、
ことを特徴とする同期信号供給方法。

10

【請求項 2】

前記第 1 の時刻信号は 10 MHz 信号であり、前記第 2 の時刻信号は 1 PPS 信号である、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の同期信号供給方法。

20

【請求項 3】

前記第 2 過程は、前記子装置の復調部によって前記同期信号を復調するとき所定の群遅延決定精度となる分離周波数間隔で、前記親装置の送信部が前記第 1 の時刻信号と前記第 2 の時刻信号とを離間した同期信号を生成する、
ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の同期信号供給方法。

【請求項 4】

前記第 5 過程は、前記子装置の復調部が前記所定信号として前記変調信号のレプリカ信号を生成する第 7 過程を含む、
ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の同期信号供給方法。

【請求項 5】

親装置の時刻に子装置の時刻を同期させる同期信号供給システムであって、
前記親装置は、
第 1 の時刻信号を第 1 周波数に変換する送信部と、
所定の疑似雑音符号を第 2 の時刻信号で変調して変調信号を生成する変調部と、
を備え、
前記送信部が前記変調信号を第 2 周波数に変換し、前記第 1 周波数に変換された第 1 の時刻信号とともに、同期信号として送信し、
前記子装置は、
前記同期信号を受信し、該同期信号の周波数変換を行って前記第 1 の時刻信号を再現する受信部と、
所定信号と前記周波数変換された同期信号に含まれている変調信号との相互相関処理によって群遅延を求める復調部と、
を備え、
前記復調部が前記相互相関処理において相関値がピークになる変調信号を復調して前記第 2 の時刻信号を再現する、
ことを特徴とする同期信号供給システム。

30

40

【請求項 6】

前記親装置の送信部は、前記子装置の復調部によって前記同期信号を復調するとき所定の群遅延決定精度となる分離周波数間隔で、前記第 1 の時刻信号と前記第 2 の時刻信号とを離間した同期信号を生成する、

50

ことを特徴とする請求項 5 に記載の同期信号供給システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、時刻同期を必要とするシステム等において、離間した複数の装置間で相互同期を図る同期信号供給方法及び同期信号供給システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、複数の装置によって構成されたシステムにおいて、各装置の時刻同期を行う必要がある場合、各装置間を有線接続しているときには同軸ケーブル等を用いて同期信号を当該装置に供給している。

また、各装置間を非有線方式によって接続したときにはGPS（Global Positioning System）やJJY（商標登録番号第4355749号：標準周波数局）からの信号を各装置が受信して時刻同期を図るようにしている。

【0003】

同軸ケーブル等を使用して有線接続を行った場合には、各装置の配置が上記の同軸ケーブル（接続ケーブル）の施設などによって制限されてしまうため、装置の設置において物理的自由度が低くなる。特に、無線通信システム等を構成する各装置をケーブル接続した場合には、無線通信システムが本来備えている高い自由度が損なわれ、システムの利便性が著しく低下する。

そのため、複数の装置によって構成されたシステムでは、非有線方式の時刻同期が広く用いられている。

【0004】

また、疑似雑音符号を用いて遠隔配置された2つの時計の時刻差を精密に測定する方法が提案されている（例えば、非特許文献1参照）。

この方法は、例えば遠隔地に配置された2つの局の時計について時刻合わせを行うとき、時刻を表す信号で疑似雑音符号を変調して送信信号を生成し、この送信信号を各局間で相互に送受信する。次に、それぞれの局において受信信号の群遅延測定を行って到達時刻を計測する。この到達時刻は、自局の時計を基準として計測していることから、2つの局の到達時刻の差を求めると、それぞれの局の時計を同期させることができる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】“複疑似雑音方式衛星双方向時刻比較装置の開発”，雨谷純，後藤忠広，情報通信研究機構季報Vol.56，Nos.3/4，2010年

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従来の時刻同期は以上のように行われており、各装置を有線接続したシステム構成では装置の配置などに関して自由度が低くなる。各装置を非有線方式で接続したシステム構成では、GPSデータを用いると時刻精度が数十ナノ秒から100ナノ秒程度になり、JJYからの時刻信号を用いると100ミリ秒程度の時刻精度となるため、数ナノ秒の時刻精度が必要になるシステムにおいては使用することが難しいという問題点があった。また、GPSデータあるいはJJY等を用いる場合には、遠距離に在る人工衛星や送信所等からの信号を安定して受信することができる環境等を要するという問題点があった。

【0007】

この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、1ナノ秒程度、またはそれ以上の時刻精度を得ることができるよう同期信号を所定の装置に供給する同期信号供給方法及び同期信号供給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】

【0008】

この発明に係る同期信号供給方法は、親装置の時刻に子装置の時刻を同期させる同期信号供給方法であって、前記親装置の送信部が第1の時刻信号を第1周波数に変換する第1過程と前記親装置の変調部が所定の疑似雑音符号を第2の時刻信号で変調して変調信号を生成する第2過程と、前記親装置の送信部が前記変調信号を第2周波数に変換し、前記第1周波数に変換された第1の時刻信号とともに、同期信号として送信する第3過程と、前記子装置の受信部が前記同期信号を受信し、該同期信号の周波数変換を行って前記第1の時刻信号を再現する第4過程と、前記子装置の復調部が、所定信号と前記第4過程で周波数変換された同期信号に含まれている変調信号との相互相関処理によって群遅延を求める第5過程と、前記復調部が前記相互相関処理において相関値がピークになる変調信号を復調して前記第2の時刻信号を再現する第6過程と、を有することを特徴とする。 10

【0009】

また、前記第1の時刻信号は10MHz信号であり、前記第2の時刻信号は1PPS信号であることを特徴とする。

【0010】

また、前記第2過程は、前記子装置の復調部によって前記同期信号を復調するとき所定の群遅延決定精度となる分離周波数間隔で、前記親装置の送信部が前記第1の時刻信号と前記第2の時刻信号とを離間した同期信号を生成することを特徴とする。

【0011】

また、前記第5過程は、前記子装置の復調部が前記所定信号として前記変調信号のレプリカ信号を生成する第7過程を含むことを特徴とする。 20

【0012】

この発明に係る同期信号供給システムは、親装置の時刻に子装置の時刻を同期させる同期信号供給システムであって、前記親装置は、第1の時刻信号を第1周波数に変換する送信部と、所定の疑似雑音符号を第2の時刻信号で変調して変調信号を生成する変調部と、を備え、前記送信部が前記変調信号を第2周波数に変換し、前記第1周波数に変換された第1の時刻信号とともに、同期信号として送信し、前記子装置は、前記同期信号を受信し、該同期信号の周波数変換を行って前記第1の時刻信号を再現する受信部と、所定信号と前記周波数変換された同期信号に含まれている変調信号との相互相関処理によって群遅延を求める復調部と、を備え、前記復調部が前記相互相関処理において相関値がピークになる変調信号を復調して前記第2の時刻信号を再現することを特徴とする。 30

【0013】

また、前記親装置の送信部は、前記子装置の復調部によって前記同期信号を復調するとき所定の群遅延決定精度となる分離周波数間隔で、前記第1の時刻信号と前記第2の時刻信号とを離間した同期信号を生成することを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

この発明によれば、非有線方式で接続構成された複数の装置の時刻同期を高精度で行うことができる。

【図面の簡単な説明】 40

【0015】

【図1】本発明の同期信号供給方法を用いる親装置および子装置の概略構成を示す説明図である。

【図2】図1の子装置において求めた同期信号のクロススペクトルを示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、この発明の実施の一形態を図に基づいて説明する。

(実施例)

図1は、本発明の同期信号供給方法を用いる親装置および子装置の概略構成を示す説明図である。この図は、親装置1と子装置2の各構成のうち、時計の同期を図る際に用いる 50

部分のみを抽出して示したものである。なお、図中、1台の子装置2を示しているが、1台の親装置1に対して複数台の子装置2が接続するシステム構成とすることも可能である。

図示した親装置1は、同期用アンテナ11、送信部12、変調部13、無変調同期信号源14を少なくとも備えている。子装置2は、同期用アンテナ21、受信部22、復調部23、10MHz信号源24を少なくとも備えている。

【0017】

親装置1の送信部12は、子装置2へ送信する同期信号を生成し、同期用アンテナ11を介して子装置2へ送信するように構成されている。この送信部12は、変調器13から出力された変調信号B、無変調同期信号源14から出力された無変調同期信号Aを入力し、それぞれ所定のチャンネル周波数に変換（アップコンバート）する第1の周波数変換手段（図示省略）を備えている。

変調部13は、所定の周期パターンを有する、例えばM系列の疑似雑音符号を記憶している記憶手段（図示省略）を備えている。

また、変調部13は、外部入力によって1秒毎に有意の1パルスを有する1PPS信号を取得する、あるいは自身に備えたパルス信号生成手段（図示省略）によって1PPS信号を生成するように構成されている。また、上記の疑似雑音符号を搬送波として、1PPS信号で変調するように構成されている。

無変調同期信号源14は、外部入力の、あるいは自身に備えた発振手段（図示省略）を用いて生成した一定周波数の、例えば10[MHz]の正弦波信号を前述の無変調同期信号Aとして出力するように構成されている。

【0018】

子装置2の受信部22は、同期用アンテナ21を介して受信した同期信号を例えば所定の各チャンネル周波数に変換（ダウンコンバート）する第2の周波数変換手段（図示省略）を備え、それぞれのチャンネル周波数に変換された無変調同期信号Aと変調信号Bとを出力するように構成されている。

復調部23は、変調部13が用いた疑似雑音符号を復調するように構成されている。詳しくは、受信部22から変調信号Bを入力して、これと所定の信号との相関検出を行うように構成されている。

10MHz信号源24は、例えば正弦波10[MHz]の信号を出力するもので、前述の無変調同期信号源14と同様に、外部入力の、あるいは自身に備えた発振手段（図示省略）を用いて一定周波数の、例えば周波数が10[MHz]のクロック信号C2を生成するように構成されており、また、受信部22から無変調同期信号Aを入力し、無変調同期信号Aとクロック信号C2の位相遅延を計測するように構成されている。

【0019】

次に動作について説明する。

親装置1の無変調同期信号源14は、時刻合わせに要求される精度を有する10[MHz]のクロック信号C1を生成あるいは外部から入力し、このクロック信号C1を無変調同期信号Aとして送信部12へ出力する。

変調部13は、例えば無変調同期信号源14から10[MHz]のクロック信号C1を取得し、当該変調部13のパルス信号生成手段が、クロック信号C1に同期して1秒に1パルスを有する1PPS信号を生成する。あるいは、同様な1PPS信号を外部から変調部13へ入力する。

【0020】

変調部13は、M系列の周期パターンで変遷する疑似雑音符号を1PPS信号で変調して変調信号Bを生成し、これを送信部12へ出力する。即ち、疑似雑音符号（疑似雑音信号）を搬送波として用いる。

なお、1PPS信号を外部から取得した場合には、クロック信号C1との同期を図って上記の変調を行い、パルス信号生成手段によって1PPS信号を生成した場合と同様な変調信号Bを生成する。

【0021】

親装置1から出力される同期信号は、前述のように無変調同期信号Aと変調信号Bとなり、送信部12は、上記の同期信号を例えば1200 [MHz] の周波数領域において送信する。

具体的には、送信部12（図示を省略した第1の周波数変換手段）が、無変調同期信号源14から入力した無変調同期信号Aを、例えば特定小電力無線局制度において規定されている上記周波数領域の第2チャンネルの第1周波数へ変換する。また、変調部14から入力した変調信号Bを、第2チャンネルの第2周波数へ変換して、これらを同期信号として同期用アンテナ11から送信する。

また、送信部12は、ここで例示したように1200 [MHz] の周波数領域を用いて送信を行う場合には、無変調同期信号Aと変調信号Bの離間周波数 f_s が36 [MHz] となるように（例えば前述の特定小電力無線局制度の規定内において）周波数変換を行う。

10

【0022】

また、変調信号Bは、前述のようにアップコンバートするとき、1200 [MHz] の周波数領域で32 [kHz] の帯域幅 B_w を有するように変換処理される。

換言すると、時刻同期に1200 [MHz] 領域のデータチャンネルを用いるとき、また、時刻同期通信に用いる占有周波数帯域幅が32 [kHz] 以下である場合には、1つのデータチャンネルに含まれる2つの周波数は36 [MHz] 離間される。なお、このようにアップコンバートされた無変調同期信号Aと変調信号Bは、コヒーレントな関係を有している。

20

【0023】

図2は、図1の子装置において求めた同期信号のクロススペクトルを示す説明図である。この図は、親装置1から子装置2へ送信される同期信号を示したもので、図中、上段の縦軸はクロススペクトルの強度（振幅）、横軸はクロススペクトルを求めた同期信号の周波数である。下段の縦軸はクロススペクトルの位相、横軸はクロススペクトルを求めた同期信号の周波数である。

また、図中、上段に示したクロススペクトル強度一周波数特性において左側に示したピーク波形は無変調同期信号Aのクロススペクトルであり、右側に示したピーク波形は変調信号Bのクロススペクトルである。

30

【0024】

子装置2の受信部22は、同期信号を受信すると当該同期信号のダウンコンバートを行う。詳しくは、前述の第1周波数からダウンコンバートした無変調同期信号Aを無変調同期信号源24へ出力し、第2周波数からダウンコンバートした変調信号Bを復調部23へ出力する。

復調部23は、入力した変調信号Bの群遅延を計測するため、例えば無変調同期信号源24から取得したクロック信号C2を用いて、変調信号Bと同様なレプリカ信号を生成する。ここで、復調部23は、親装置1の変調部13が用いた疑似雑音符号を予め記憶しており、これを用いて上記のレプリカ信号を生成する。

【0025】

40

復調部23は、上記のレプリカ信号と変調信号Bとの相互相関を求めて群遅延を算出する。群遅延は、変調信号Bとレプリカ信号との相互相関を求めたとき、相互相関関数が極大値となる場合の遅延時間として求めることができる。

変調信号Bの群遅延は、変調信号Bとレプリカ信号のクロススペクトルの位相傾きとすることから、図2の下段に示したクロススペクトル位相一周波数特性においては、当該特性線の傾斜によって表される。即ち、群遅延は、上記の傾斜を計測することによって求められることから、この傾斜を計測するとき、変調信号Bの帯域幅が広い程、群遅延決定精度が向上することがわかる。なお、この実施例においては、同期信号の送受信に特定小電力無線局制度の1200 [MHz] 周波数領域を使用していることから、変調信号Bの帯域幅を当該制度に規定された最大帯域幅32 [kHz] としている。

50

群遅延決定精度 σ は、無変調同期信号 A の位相が変調信号 B より高精度に決定できる場合、次の式 (1) を満たす。

【0026】

【数1】

$$\sigma < \frac{1}{4\pi F \sqrt{T \cdot C/N_0}} \quad (1)$$

【0027】

ここで、F は分離周波数間隔（離間周波数 $f_s/2$ ）、T は積分時間、 C/N_0 は搬送波対雑音比である。

10

例えば $F = 16$ [MHz]、 $T = 1$ [s]、 $C/N_0 = 65.1$ [dBHz] としたとき、群遅延決定精度 $\sigma < 2.7 \times 10^{-12}$ [s] となり、1 ナノ秒程度の時刻精度が要求される場合であっても十分な精度で時刻同期を行うことができる。

疑似雑音符号を用いるとき、デジタル処理によって相互相関を計測する際のチップレート R は、次の式 (2) を満たす必要がある。

【0028】

【数2】

$$2\pi(2F)\sigma_1 < \pi \quad (2)$$

20

【0029】

【数3】

$$\sigma_1 = \frac{1}{3R \sqrt{T \cdot C/N_0}} \quad (3)$$

【0030】

1200 [MHz] 周波数領域を用いて同期信号を送受するとき、親装置 1 から帯域幅が 32 [kHz] の第 2 周波数によって変調信号 B を送信し、受信側の子装置 2 において $C/N_0 = 65.1$ [dBHz] で受信して得られる変調信号 B の相互相関を積分時間 1 秒で計測する場合には、チップレート R は式 (2) を満たすように、11.9 [kcps] よりも大きな値に設定する。

30

チップレート R の相互相関処理における群遅延決定精度 σ_1 は、式 (3) のようになり、チップレート R もしくは分離周波数間隔 F と依存関係を有する。

復調部 23 は、上記のようにして相互相関処理を行い、この処理において相関値がピークとなる変調信号 B を復調して 1 PPS 信号を再現し、これを後述する 10 [MHz] 信号とともに子装置 2 の所定各部へ出力する。

【0031】

子装置 2 が受信した同期信号は、前述のように受信部 22 においてダウンコンバートされる。上記の同期信号に含まれる第 1 周波数の無変調同期信号 A は、当該ダウンコンバート（分周処理等）を行うことにより、親装置 1 において生成された 10 [MHz] の信号に再現される。この 10 [MHz] 信号を、無変調同期信号源 24 を介して子装置 2 の各部へ出力する。

40

ここで、無変調同期信号源 24 は、前述のように 10 [MHz] のクロック信号 C2 を生成している。そこで上記の再現した 10 [MHz] 信号とクロック信号 C2 について位相遅延を計測し、当該計測した位相遅延を用いて子装置 2 のクロック信号 C2 を親装置 1 からの無変調同期信号 A（再現した 10 [MHz] 信号）と同期させる。

このようにして、子装置 2 の無変調同期信号源 24 は、親装置 1 の無変調同期信号 A と同期している 10 [MHz] 信号を、前述のように復調した 1 PPS 信号とともに子装置

50

2の所定各部へ出力する。

【0032】

なお、この実施例では、1200 [MHz] 周波数領域を使用しているが、本発明は、例えば60 [GHz] 周波数領域など、他の周波数領域を用いて実施することも可能である。

また、図1に示した親装置1と子装置2は各々1台であるが、本発明の同期信号供給方法を用いるとき、親装置1から複数の子装置2へ同期信号を送信し、各子装置2において時刻同期を行うことも可能である。

【0033】

以上のように、この実施例によれば、1周期が1ナノ秒程度となる1200 [MHz] の周波数領域を用いて、1ナノ秒程度の時刻精度を有する同期信号を親装置1から子装置2へ供給することができる。

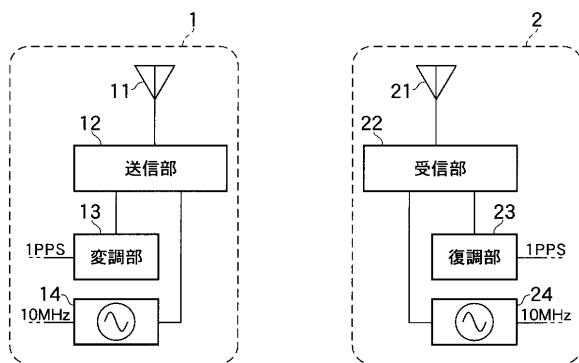
また、1200 [MHz] 周波数領域を同期信号の送受に用いることにより、装置構成に係るコストを抑制して高い精度の時刻同期を行うことができる。

【符号の説明】

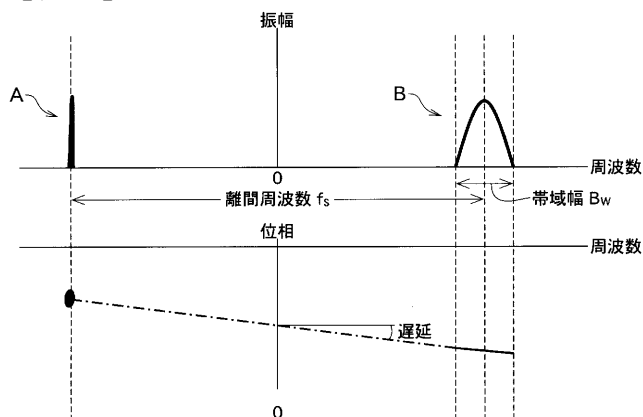
【0034】

- 1 親装置
- 2 子装置
- 11, 21 同期用アンテナ
- 12 送信部
- 13 変調部
- 14, 24 無変調同期信号源
- 22 受信部
- 23 復調部

【図1】



【図2】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F002 AA12 AF01 FA16
5K047 AA18 BB01