(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
2009 年5 月7 日 (07.05.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/057403 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 9/02 (2006.01) *G05B 23/02* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2008/067681

(22) 国際出願日: 2008 年9 月29 日 (29.09.2008)

(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 2007-280543
2007 年10 月29 日 (29.10.2007) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 横河電機株式会社 (YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野市中町２丁目９番３２号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 永島 晃 (NAGASHIMA, Akira) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野市中町２丁目９番３２号 横河電機株式会社内 Tokyo (JP). 大谷 哲也 (OHTANI, Tetsuya) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野市中町２丁目９番３２号 横河電機株式会社内 Tokyo (JP). 岡野 竜太郎 (OKANO, Ryutaro) [JP/JP]; 〒1808750 東京都武蔵野市中町２丁目９番３２号 横河電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 内藤 照雄 (NAITO, Teruo); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目７番１３号 信栄特許事務所 Tokyo (JP).

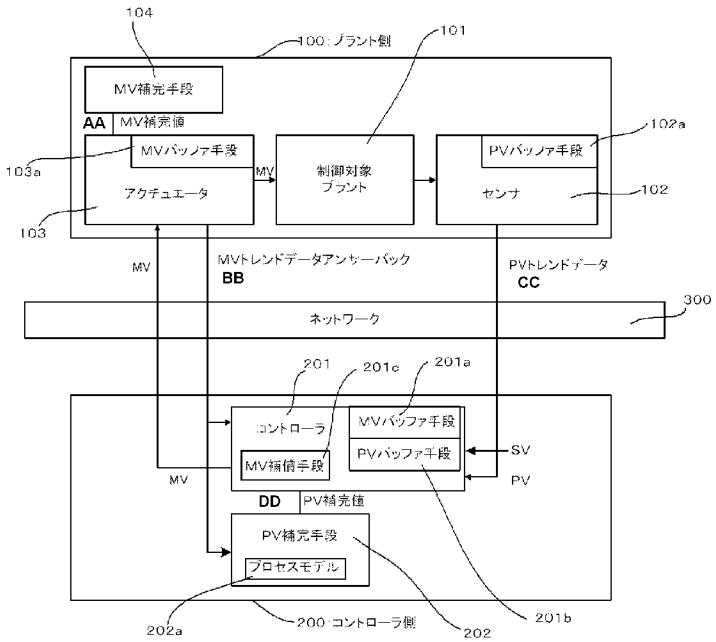
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

[続葉有]

(54) Title: NETWORK CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称: ネットワーク制御システム

[図1]



100 PLANT SIDE
104 MV COMPLEMENTING MEANS
AA MV COMPLEMENT VALUE
103a MV BUFFER MEANS
103 ACTUATOR
101 CONTROLLED PLANT
102a PV BUFFER MEANS
102 SENSOR
BB MV TREND DATA ANSWERBACK
CC PV TREND DATA
300 NETWORK
201 CONTROLLER
201a MV BUFFER MEANS
201b MV BUFFER MEANS
201c MV COMPENSATING MEANS
DD PV COMPLEMENT VALUE
202 PV COMPLEMENTING MEANS
202a PROCESS MODEL
200 CONTROLLER SIDE

(57) Abstract: A network control system enabling stable plant control thanks to controller compensation made in view of a packet loss. In the network control system, the amount of operation of a controller for computing the difference between the controlled variable from a sensor for measuring a physical quantity of a controlled plant and a target value is transmitted by means of a packet through a network to an actuator provided in the controlled plant, and the actuator inputs the amount of operation into the controlled plant.The network control system comprises MV complementing means for giving the actuator a complement value of the amount of operation if a packet transmission error occurs, MV buffer means for back-answering trend data on the inputted amount of operation or the complement value given to the actuator through the network to the controller, and MV compensating means for correcting the calculation of the amount of operation of the controller according to the back-answered trend data or complement value.

(57) 要約: パケットロスの発生を考慮したコントローラの補償により安定したプラント制御を可能とするネットワーク制御システムを実現することを目的とする。 制御対象プラントの物理量を測定するセンサからの制御量と目標値との偏差を演算するコントローラの操作量を制御対象プラント側に設けたアクチュエータにネットワークを介してパケット送信しアクチュエータより制御対象プラントに操作量を入力するネットワーク制御システムにおいて、パケッ

[続葉有]

WO 2009/057403 A1

BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, 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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

ト送信のエラー発生時に、アクチュエータに操作量の補完値を与えるＭＶ補完手段と、アクチュエータより制御対象プラントに入力された操作量のトレンドデータまたはＭＶ補完手段からアクチュエータに補完された補完値を、ネットワークを介してコントローラにアンサーバックするＭＶバッファ手段と、アンサーバックされたトレンドデータまたは補完値に基づいてコントローラの操作量計算を修正するＭＶ補償手段を備える。

明 細 書

ネットワーク制御システム

技術分野

[0001] 本発明は、制御対象プラントの物理量を測定するセンサからの制御量(以下、PV)と目標値(以下、SV)との偏差を所定のサンプリング周期で演算するコントローラの操作量(以下、MV)を、前記制御対象プラント側に設けたアクチュエータにネットワークを介してパケット送信し、前記アクチュエータより前記制御対象プラントに前記MVを入力するネットワーク制御システムに関するものである。

背景技術

[0002] プラントの制御は、今後無線通信等を用いたネットワーク化制御に移行していく趨勢にある。ネットワーク化制御では、通信状況の悪化によりPVやMVが送信元から送信先に届かないパケット送信エラー、いわゆるパケットロスが発生する。ネットワーク制御システムでは、特にパケットロスを考慮した設計が必要とされる。

[0003] 図8は、従来のネットワーク制御システムの構成例を示す機能ブロック図である。基本構成は、プラント側10とコントローラ側20が、ネットワーク30を介して繋がれている。

[0004] プラント側10における制御対象プラント11の物理量を測定するセンサ12から、PVがネットワーク30を介してコントローラ側20のコントローラ21へ送信される。コントローラ21は、送信されたPVと設定されているSVの偏差を例えばPID演算したMVを計算し、ネットワーク30を介してプラント側10のアクチュエータ13へ送信する。アクチュエータ13は、受信したMVを制御対象プラント11に入力する。

[0005] パケットロスにより、コントローラ21がPVを受信できなかった場合には、MV計算に必要なPVを、PV補完手段22からのPV補完値により補う。同様に、パケットロスにより、アクチュエータ13がMVを受信できなかった場合には、制御対象プラント11に入力するMVを、MV補完手段14からのMV補完値により補う。

[0006] PV補完値及びMV補完値は、パケットロスが発生する直前のサンプリング周期で受信された最新のPV及びMVの値、または所定サンプリング周期前からのトレンドデ

ータに基づいて計算される推定値が用いられる。

[0007] 特許文献1:特開平08－328650号公報

特許文献2:特開平11－345003号公報

特許文献3:特開2002－040917号公報

特許文献4:特開2006－277306号公報

特許文献5:特開2007－233891号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0008] 従来構成のネットワーク制御システムでは、通信状況により、PVやMVが送信元から送信先に届かないパケットロスの発生による障害を十分に考慮しておらず、パケットロス発生時に、プラント制御に次のような重大な問題をもたらす。

[0009] パケットロスによりコントローラ21が計算したMVと、実際に制御対象プラント11に入力したMVとが異なる、また実際のPVとPV補完器で補ったPVが異なると、コントローラの内部状態が狂い応答が悪化する。

[0010] 図9は、パケットロスが発生した場合の応答特性の悪化を示す特性図である。パケットロス発生時にコントローラ21が計算したMVと、実際に制御対象プラント11に入力したMVとが異なり応答が悪化する。この例は、SVを20から40に変更した際の応答であり、実線はパケットロスがなかった場合、鎖線は設定値変更時にパケットロスによりアクチュエータ13がMVを受信できなかった場合の特性である。

[0011] SVが変更されると、コントローラ21はそれに応じたMVを計算する。しかし、鎖線の応答は、設定値変更時にアクチュエータ13が、コントローラ21で計算したMVを受信できなかったため、PVの応答開始が遅れている。

[0012] しかし、コントローラ21は、このPVの応答開始が遅れている時間中も、自身の内部状態である積分値を加算する。この結果、積分値が大きくなり過ぎる。大きくなり過ぎた積分値は、適正な値に戻さなければならない。

[0013] 積分値が設定値に見合う値よりも大きくなった場合、一度PVをSVより大きくしなければ積分を適正値に戻すことはできない。このために、PVのオーバーシュートが大きくなる。以上のことにより、応答が乱れている。

[0014] 本発明は上述した問題点を解決するためになされたものであり、パケットロスの発生を考慮したコントローラの補償により、安定したプラント制御を可能とするネットワーク制御システムの実現を目的としている。

課題を解決するための手段

[0015] このような課題を達成するために、本発明は次の通りの構成になっている。

(1)制御対象プラントの物理量を測定するセンサからの制御量と目標値との偏差を所定のサンプリング周期で演算するコントローラの操作量を、前記制御対象プラント側に設けたアクチュエータにネットワークを介してパケット送信し、前記アクチュエータより前記制御対象プラントに前記操作量を入力するネットワーク制御システムにおいて、

前記パケット送信のエラー発生時に、前記アクチュエータに操作量の補完値を与えるMV補完手段と、

前記アクチュエータより前記制御対象プラントに入力された操作量のトレンドデータまたは前記MV補完手段から前記アクチュエータに補完された前記補完値を、前記ネットワークを介して前記コントローラにアンサーバックするMVバッファ手段と、

アンサーバックされた前記トレンドデータまたは補完値に基づいて前記コントローラの操作量計算を修正するMV補償手段と、を備えることを特徴とするネットワーク制御システム。

[0016] (2)前記MV補償手段は、アンサーバックされた前記トレンドデータまたは前記補完値と、前記コントローラ側で保持されているトレンドデータに基づいて、前記パケット送信のエラー発生時のサンプリングから現在のサンプリングまでの操作量値が、前記トレンドデータの値に一致するような仮想SV値を計算し、この仮想SV値により前記コントローラの操作量を修正計算することを特徴とする(1)に記載のネットワーク制御システム。

[0017] (3)前記コントローラは、前記トレンドデータまたは前記補完値のアンサーバックを取得するまで前記操作量の前記アクチュエータへの送信を一時的に停止することを特徴とする(1)に記載のネットワーク制御システム。

[0018] (4)前記コントローラは、微分動作内の前記目標値変更分に係る第1の操作量及

びそれ以外の変更分に係る第2の操作量に分けて前記アクチュエータに送信し、前記MV補完手段は、前記パケット送信が正常な場合には前記第1及び第2の操作量の和を補完値として前記アクチュエータに与え、前記パケット送信がエラーの場合には前記第2の操作量のみを補完値として前記アクチュエータに与えることを特徴とする(1)に記載のネットワーク制御システム。

[0019] (5)前記センサにより測定された制御量を、ネットワークを介して前記コントローラにパケット送信する場合において、

前記パケット送信エラー発生時に前記コントローラに制御量の補完値を与えるPV補完手段と、

前記センサにより測定された制御量のトレンドデータを、前記ネットワークを介して前記コントローラに送信するPVバッファ手段と、を備えることを特徴とする(1)に記載のネットワーク制御システム。

[0020] (6)前記PV補完手段は、前記操作量のトレンドデータに基づいて前記制御量の補完値を修正することを特徴とする(1)に記載のネットワーク制御システム。

発明の効果

[0021] 本発明の構成によれば、ネットワーク制御下において、パケットロスによりアクチュエータがMVを受信できない場合が発生しても、コントローラ側でのMV補償により、プラントの状態を大きく乱すことなく安定したプラント制御を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明を適用したネットワーク制御システムの一実施形態を示す機能ブロック図である。

[図2]コントローラの操作量計算を補償する手順を示すフローチャートである。

[図3]コントローラの操作量計算を補償する他の手順を示すフローチャートである。

[図4]本発明を適用したMV補完値の設定手順を示すフローチャートである。

[図5]本発明を適用したネットワーク制御システムの他の実施形態を示す機能ブロック図である。

[図6]本発明を適用したネットワーク制御システムの更に他の実施形態を示す機能ブロック図である。

[図7]本発明を適用したネットワーク制御システムの更に他の実施形態を示す機能ブロック図である。

[図8]従来のネットワーク制御システムの構成例を示す機能ブロック図である。

[図9]パケットロスが発生した場合の応答特性の悪化を示す特性図である。

[図10]MV補完値の従来の設定手順を示すフローチャートである。

符号の説明

[0023] 100 プラント側

101 制御対象プラント

102 センサ

102a PVバッファ手段

103 アクチュエータ

103a MVバッファ手段

104 MV補完手段

200 コントローラ側

201 コントローラ

201a MVバッファ手段

201b PVバッファ手段

201c MV補償手段

202 PV補完手段

202a プロセスモデル

300 ネットワーク

発明を実施するための最良の形態

[0024] 以下、本発明を図面により詳細に説明する。図1は、本発明を適用したネットワーク制御システムの一実施形態を示す機能ブロック図である。基本構成は、図7で説明した従来システムと同一である。

[0025] プラント側100における制御対象プラント101の物理量を測定するセンサ102から、PVがネットワーク300を介してコントローラ側200のコントローラ201へ送信される。コントローラ201は、送信されたPVと設定されているSVの偏差を例えばPID演算した

MVを計算し、ネットワーク300を介してプラント側100のアクチュエータ103へ送信する。アクチュエータ103は、受信したMVを制御対象プラント101に入力する。

[0026] パケットロスにより、コントローラ201がPVを受信できなかった場合には、MV計算に必要なPVを、PV補完手段202からのPV補完値により補う。同様に、パケットロスにより、アクチュエータ103がMVを受信できなかった場合には、制御対象プラント101に入力するMVを、MV補完手段104からのMV補完値により補う。

[0027] コントローラ201内にMVバッファ手段201aを設置する。このMVバッファ手段201aは、現在のサンプリングからm個前のサンプリングまでの各サンプリングにおいてコントローラが計算したMVからなるm＋1個の情報を持ったトレンドデータを保持する。

[0028] 同様に、アクチュエータ103内にMVバッファ手段103aを設置する。このMVバッファ手段103aは、現在のサンプリングからm個前のサンプリングまでの各サンプリングにおいてアクチュエータ103が実際に制御対象プラント101に入力したMVからなる(m＋1)個の情報を持ったトレンドデータを保持する。

[0029] アクチュエータ103は、MVバッファ手段103aに保持するm＋1個の情報を持ったトレンドデータを、ネットワーク300を介してコントローラ201に送信してアンサーバックする。

[0030] パケットロスにより、アクチュエータ103がコントローラ201より送信されるMVを受信できなかった場合には、MV補完手段104のMV補完値で補うが、この際、コントローラ201が計算したMVと実際に制御対象プラント101に入力するMVとが異なる。

[0031] このMVの乖離は、コントローラ201の内部状態を狂わせ、以後の応答を悪化させる要因となる。そこで、コントローラ201は、アクチュエータ103からのアンサーバックで受信したMVトレンドデータと、自身のMVバッファ手段201aが保持するMVトレンドデータを比較し、異なっている場合にはMV補償手段201cによりアンサーバックされたMVトレンドデータを利用して補償動作を行い、自身の内部状態を補正する。

[0032] センサ102内にPVバッファ手段102aを設置する。このPVバッファ手段102aは、現在のサンプリングからm個前のサンプリングまでの各サンプリングにおいてセンサ102が測定したPVからなるm＋1個の情報を持ったトレンドデータを保持する。

[0033] 同様に、コントローラ201内にPVバッファ手段201bを設置する。このPVバッファ手

段201bは、現在のサンプリングからm個前のサンプリングまでの各サンプリングにおいてコントローラ201がMVの計算に用いたPVからなるm＋1個の情報を持ったトレンドデータを保持する。

[0034] センサ102は、PVバッファ手段102aに保持するm＋1個の情報を持ったトレンドデータを、ネットワーク300を介してコントローラ201に送信する。

[0035] パケットロスにより、コントローラ201がセンサ102より送信されるPVを受信できなかった場合には、PV補完手段202のPV補完値で補うが、この補われた値は、真のPVとは異なる。

[0036] 次に、MV補償手段201cの補償演算の実施例を説明する。コントローラ201がPVとSVの偏差をPID演算した操作量un(＝MV)は、(1)式で表記される。

[0037] [数1]

$$u_n = K_P\left[e_n + \frac{\Delta t}{T_I}\sum_{i=1}^{n} e_i + \frac{T_D}{\Delta t}(e_n - e_{n-1})\right] \quad n = 1,2,3,\cdots \qquad (1)$$

ここで、e_n: 偏差 $(= r_n - x_n)$
r_n: ＳＶ
x_n: ＰＶ
Δt: サンプリングタイム
K_P: 制御ゲイン
T_I: 積分時間
T_D: 微分時間

[0038] MV補償手段201cは、アンサーバックされたトレンドデータとコントローラ201側で保持されているトレンドデータに基づいて、パケット送信のエラー発生時のサンプリングから現在のサンプリングまでの操作量値が、アンサーバックされたトレンドデータの値に一致するような仮想SV値を計算し、この仮想SV値によりコントローラ201のMVを修正計算する。この仮想SV値は、(2)式で与えられる。

[0039] [数2]

$$r_{n-k} = \frac{\frac{u_{n-k}}{K_P} - \frac{\Delta t}{T_I}\sum_{i=1}^{n-k-1} e_i + \frac{T_D}{\Delta t} e_{n-k-1}}{1 + \frac{\Delta t}{T_I} + \frac{T_D}{\Delta t}} + x_{n-k} \qquad (2)$$

[0040] 図2は、コントローラのMV計算を補償する手順を示すフローチャートである。ステップS1で、コントローラで計算したMVと実際にプラントに入力したMVとが異なっていることが判明した場合、ステップS2で、コントローラが内部に保持しているMV(コントローラが計算したMVまたは補償動作により更新されたMV)と、実際にプラントに入力したMVとが異なるのが最大何サンプリング前かを調べ、これをkとする。

[0041] 現在のサンプリングをnとすると、補償動作は、コントローラが内部に保持しているMVと実際にプラントに入力したMVが初めて異なったサンプリングである、n－k番目のサンプリングからスタートする。

[0042] ステップS3では、補償対象サンプリングであるn－k番目のサンプリングに実際にプラントに入力したMVを、(2)式のun－kに代入して、そのMVに見合う設定値rn－kを計算する。

[0043] ステップS4では、求まったrn－kをn－k番目のサンプリングの設定値であったと考えて、n－k番目のサンプリングの偏差およびn－k番目のサンプリングまでの積分値を計算し直す。

[0044] 続いてステップS5では、k＝k－1、つまり補償対象サンプリングを次サンプリングにずらして、同様の作業を行い、n－k番目のサンプリングの偏差およびn－1番目のサンプリングまでの積分値が求まるまでこれを繰り返す。

[0045] ステップS7では、コントローラが内部に保持しているMVを、補償に用いた実際にプラントに入力したMVに更新し、ステップS8で補償処理を終了する。

[0046] コントローラ201は、図2では位置型のPIDコントローラを対象としたが、位置型のPIDコントローラに限らず、速度型のPIDコントローラも対象とする。速度型のPIDコントローラは、コントローラ201が(3)式のようなMVの差分△unをアクチュエータ103に送信する。

[0047] [数3]

$$\Delta u_n = K_P\left[(e_n - e_{n-1}) + \frac{\Delta t}{T_I}e_n + \frac{T_D}{\Delta t}(e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2})\right] \quad n = 1,2,3,\cdots \qquad (3)$$

[0048] これがパケットロスにより欠損したとすると、アクチュエータ103は何らかの△unを補うことになる。例えば、前サンプリングのMVをそのまま維持するとすれば、△un＝0である。

[0049] すると、コントローラが計算したMVの差分と、実際にプラントに入力したMVに適用された差分とが異なり、位置型の場合と同様に、コントローラの内部状態が狂う。そこで、位置型の場合と同様に補償を行う。補償式は(4)式で与えられる。

[0050] [数4]

$$r_{n-k} = \frac{\frac{\Delta u_{n-k}}{K_P} + e_{n-k-1} + \frac{T_D}{\Delta t}(2e_{n-k-1} - e_{n-k-2})}{1 + \frac{\Delta t}{T_I} + \frac{T_D}{\Delta t}} + x_{n-k} \qquad (4)$$

[0051] 図3は、速度型のPIDコントローラのMV計算を補償する手順を示すフローチャートである。ステップS1～S8は、図2のステップS1～S8に対応する。この補償は、位置型の場合と同様に、コントローラが計算したMVの差分と、実際に制御対象プラント101に入力したMVに適用された差分との異なりの原因を、SVが変わっていたと置き換えることにより、コントローラの内部状態の狂いを解消し、応答の悪化を防ぐ。

[0052] 実際に制御対象プラント101に入力したMVに適用された差分ではなく、実際に制御対象プラント101に入力したMVが得られるような場合には、このMVからMVの差分を計算すればよい。

[0053] ここで、位置型の場合には前記(1)式に偏差と積分が入っているのでこの2つを補償するが、速度型の場合には(3))に積分が入ってこないので偏差のみを補償する。速度型の場合には、アクチュエータ103がMVの偏差からMVを計算するので、実質的にアクチュエータ103が積分値を持つと考えることができる。

[0054] アクチュエータ103は、パケットロスに関わらず毎サンプリングで実際に制御対象プ

ラント101に入力したMVに適用された差分で状態を更新するので、状態に異常は生じない。

[0055] 次に、MV補完手段104のMV補完値の設定手順につき説明する。図10は、MV補完値の従来の設定手順を示すフローチャートである。ステップS1では、各サンプリングにおいて、コントローラ201は操作量U(=MV)を算出し、ステップS2でネットワークを介してこの操作量Uをアクチュエータに送信する。

[0056] ステップS3で、アクチュエータ103は、操作量Uを受信できた場合には、この操作量Uをステップ S4で制御対象プラント101に入力する。パケットロスにより、操作量Uを受信できなかった場合には、ステップS4で何らかの値を補って制御対象プラント101に入力する。

[0057] 値の補い方として、次の2つの手法がある。1つは、現在制御対象プラント101に入力している操作量をそのまま維持する前回値保持(前回もパケットロスしている場合には前々回値)、もう1つは、制御対象プラント101に何も入力しない(操作量をゼロとする)ことである。

[0058] 前回値保持の手法では、例えば、設定値変更があると、そのサンプリングだけ操作量が非常に大きな値となる可能性がある。この時、次サンプリングでパケットロスが発生すると、この非常に大きな操作量が保持されることになり、応答を乱す。

[0059] 操作量をゼロとする手法では、これまでプラントに何らかの操作量を入力していたものを、急にゼロとすることになり、これも応答を乱す。

[0060] 図4は、本発明を適用したMV補完値の設定手順を示すフローチャートである。ステップS1において、コントローラ201は、各サンプリングにおいて、操作量を次の2つに分けて計算する。1つは次回保持分である第1の操作量U1、もう1つは次回保持分以外である第2の操作量U2である。U1及びU2は、(5)式及び(6)式で表記される。

[0061] [数5]

$$U1_n = K_p\left[e_n + \frac{\Delta t}{T_I}\sum_{i=1}^{n} e_i - \frac{T_D}{\Delta t}(x_n - x_{n-1})\right] \quad n = 1,2,3,\cdots \qquad (5)$$

[0062] [数6]

$$U2_n = K_P \frac{T_D}{\Delta t}(r_n - r_{n-1}) \quad n = 1,2,3,\cdots \tag{6}$$

[0063] ステップS2で、ネットワークを介してこのU1とU2をアクチュエータ103に送信する。ステップS3において、アクチュエータ103は、これらU1とU2を受信できた場合には、ステップS4で(U1＋U2)を制御対象プラント101に入力する。

[0064] パケットロスにより、U1とU2を受信できなかった場合には、ステップS5で前回受信した(前回もパケットロスしている場合には前々回受信した)U1とU2のうち、U1分だけを制御対象プラント101に入力する。

[0065] このように、U2を微分動作内のSV変更分、U1をそれ以外の分とすれば、従来手法の問題点である、設定値変更時に出る大きめの操作量が保持される問題はなくなる。これは、設定値変更時に大きめの操作量が出るのは微分動作内のSV変更分によるものなので、これをU2とすることにより、次サンプリングにパケットロスが発生したとしても、設定値変更時に操作量が大きくなる要因である微分動作内のSV変更分が制御対象プラント101に入力されないからである。

[0066] 図5は、本発明を適用したネットワーク制御システムの他の実施形態を示す機能ブロック図である。図1の構成との相違は、アクチュエータ103に送受信成否検出手段103bを追加した点にある。

[0067] アクチュエータは103は、毎サンプリングにm＋1個の情報を持ったMVトレンドデータを送信するのではなく、パケットロスによりアクチュエータ103がMVを受信できなかった場合にMV補完器で補った値のみから構成されるデータを送信するとしてもよい。これにより、アクチュエータからコントローラに送信される情報量を減らし、通信負荷を軽くできる。

[0068] この場合、アクチュエータ103がMVバッファ手段103aに保持するMVデータは、MVを受信できなかった場合にMV補完手段104で補ったMV補完値のみから構成される。したがって、アクチュエータ103は、MVを受信できなかった場合のみ、MVバッファ手段103aにMV補完値を格納する。

[0069] また、このMVバッファを手段103aのMV補完値をMVトレンドデータアンサーバックとしてコントローラ201に送信するが、この送受信の成否を送受信成否検出手段103は検出し、確実に送信できたと確認できた場合のみMVバッファ手段103aを空にする。

[0070] これは、コントローラ201に一度値が届けば、その値は不要となるからである。この手法は、アクチュエータ103が単純にm＋1個のデータを送信する場合に比べて、アクチュエータ側の処理が増える。従って、アクチュエータ103にある程度の処理機能が要求される。

[0071] 更に、コントローラ201は、アクチュエータ103からのトレンドデータまたは補完値のアンサーバックを取得するまで、MVのアクチュエータ103への送信を一時的に停止する機能を備えることも可能である。

[0072] 図6は、本発明を適用したネットワーク制御システムの更に他の実施形態を示す機能ブロック図である。図1の構成との相違は、センサ102に送受信成否検出手段102bを追加した点にある。

[0073] センサ102は、毎サンプリングにm＋1個の情報を持ったPVトレンドデータを送信するのではなく、最新のPVと以前コントローラに届かなかったPVのみから構成されるデータを送信するとしてもよい。これにより、センサ102からコントローラ201に送信される情報量を減らし、通信負荷を軽くできる。

[0074] この場合、センサ102のPVバッファ手段102aが保持するPVデータは、最新のPVとコントローラに送信できていない過去のPVのみから構成される。センサ102はPVバッファ手段102aのデータをコントローラ201に送信するが、送受信成否検出手段102bはこの送受信の成否を検出し、確実に送信できたと確認できた場合のみPVバッファ手段102aを空にする。

[0075] これは、コントローラ201に一度値が届けば、その値は不要となるからである。この手法は、センサ102が単純にm＋1個のデータを送信する場合に比べて、センサ側の処理が増える。したがって、センサ102にある程度の処理機能が要求される。

[0076] 図7は、本発明を適用したネットワーク制御システムの更に他の実施形態を示す機能ブロック図である。この実施形態の特徴は、コントローラ201がセンサ102と一体化

されており、コントローラ201とアクチュエータ103間の情報伝達のみがネットワーク300を介して行われる。

[0077] この場合、PVがパケットロスすることはないので、PV補完手段、センサ102内にあるPVバッファ手段、コントローラ201内にあるPVバッファ手段は不要となる。また、センサ102からコントローラ201へ伝えられる情報は、PVトレンドデータではなく、最新のPVのみとなる。

[0078] PV補完手段202aによるPV補完値は、PVトレンドデータの推移により予測される値を計算して設定する手法が一般であるが、プロセスモデル202aを備えることにより、MVのトレンドデータからPVを予測してPV補完値を補正することも可能である。

本出願は2007年10月29日出願の日本特許出願(特願2007－280543)に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

請求の範囲

[1] 制御対象プラントの物理量を測定するセンサからの制御量と目標値との偏差を所定のサンプリング周期で演算するコントローラの操作量を、前記制御対象プラント側に設けたアクチュエータにネットワークを介してパケット送信し、前記アクチュエータより前記制御対象プラントに前記操作量を入力するネットワーク制御システムにおいて、

前記パケット送信のエラー発生時に、前記アクチュエータに操作量の補完値を与えるMV補完手段と、

前記アクチュエータより前記制御対象プラントに入力された操作量のトレンドデータまたは前記MV補完手段から前記アクチュエータに補完された前記補完値を、前記ネットワークを介して前記コントローラにアンサーバックするMVバッファ手段と、

アンサーバックされた前記トレンドデータまたは補完値に基づいて前記コントローラの操作量計算を修正するMV補償手段と、を備えることを特徴とするネットワーク制御システム。

[2] 前記MV補償手段は、アンサーバックされた前記トレンドデータまたは前記補完値と、前記コントローラ側で保持されているトレンドデータに基づいて、前記パケット送信のエラー発生時のサンプリングから現在のサンプリングまでの操作量値が、前記トレンドデータの値に一致するような仮想SV値を計算し、この仮想SV値により前記コントローラの操作量を修正計算することを特徴とする請求項1に記載のネットワーク制御システム。

[3] 前記コントローラは、前記トレンドデータまたは前記補完値のアンサーバックを取得するまで前記操作量の前記アクチュエータへの送信を一時的に停止することを特徴とする請求項1に記載のネットワーク制御システム。

[4] 前記コントローラは、微分動作内の前記目標値変更分に係る第1の操作量及びそれ以外の変更分に係る第2の操作量に分けて前記アクチュエータに送信し、前記MV補完手段は、前記パケット送信が正常な場合には前記第1及び第2の操作量の和を補完値として前記アクチュエータに与え、前記パケット送信がエラーの場合には前記第2の操作量のみを補完値として前記アクチュエータに与えることを特徴とする請

求項1に記載のネットワーク制御システム。

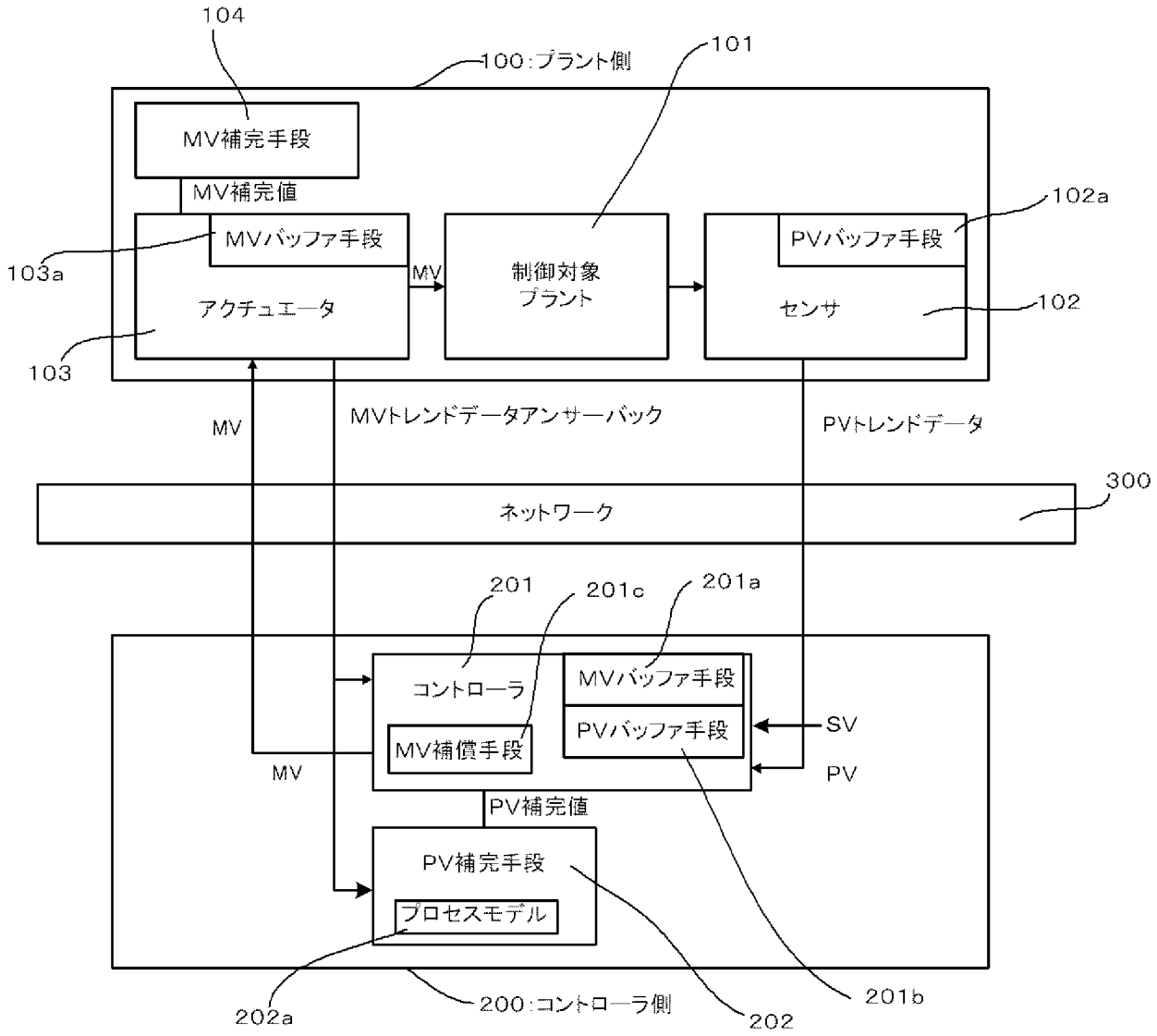
[5] 前記センサにより測定された制御量を、ネットワークを介して前記コントローラにパケット送信する場合において、

前記パケット送信エラー発生時に前記コントローラに制御量の補完値を与えるPV補完手段と、

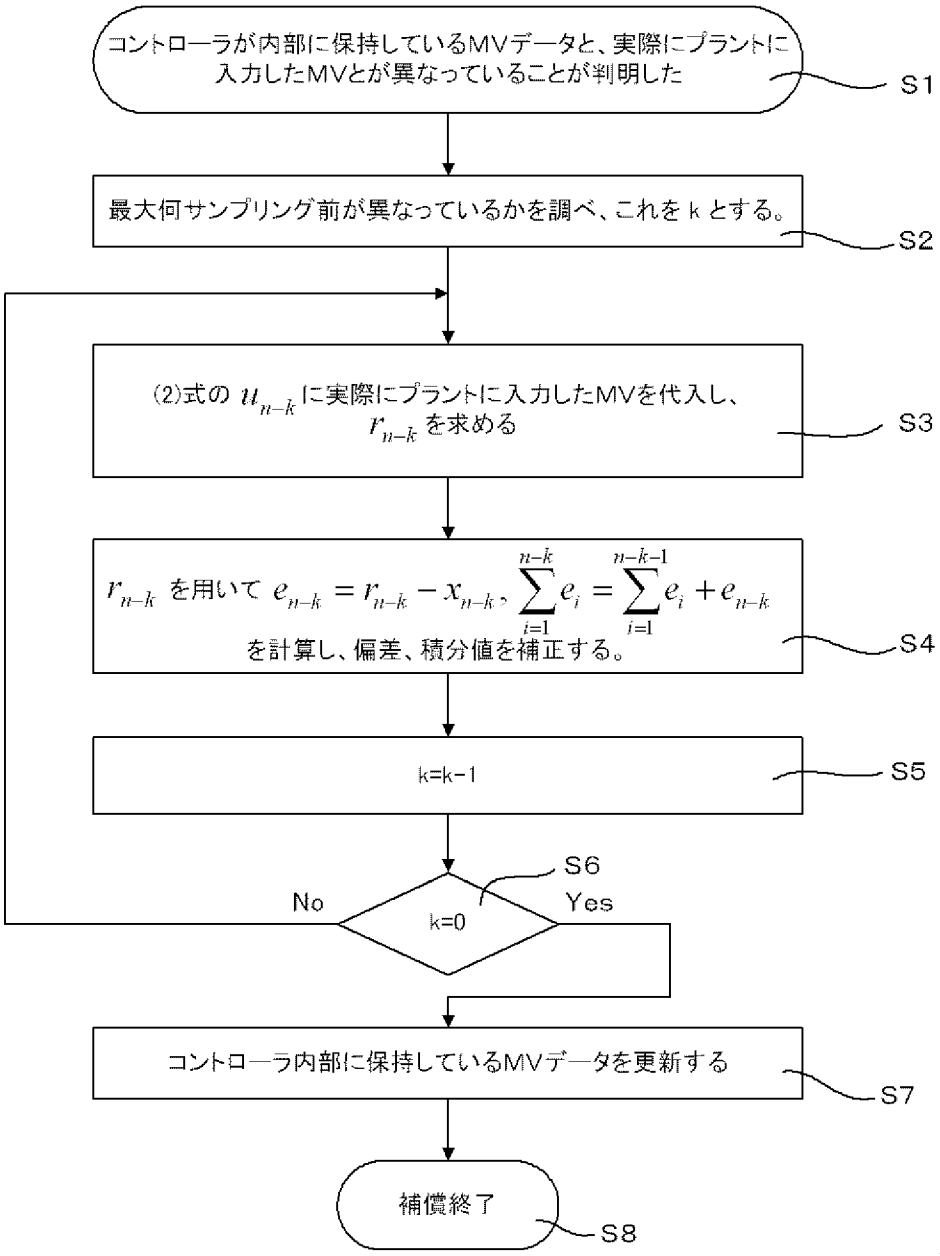
前記センサにより測定された制御量のトレンドデータを、前記ネットワークを介して前記コントローラに送信するPVバッファ手段と、を備えることを特徴とする請求項1に記載のネットワーク制御システム。

[6] 前記PV補完手段は、前記操作量のトレンドデータに基づいて前記制御量の補完値を修正することを特徴とする請求項1に記載のネットワーク制御システム。

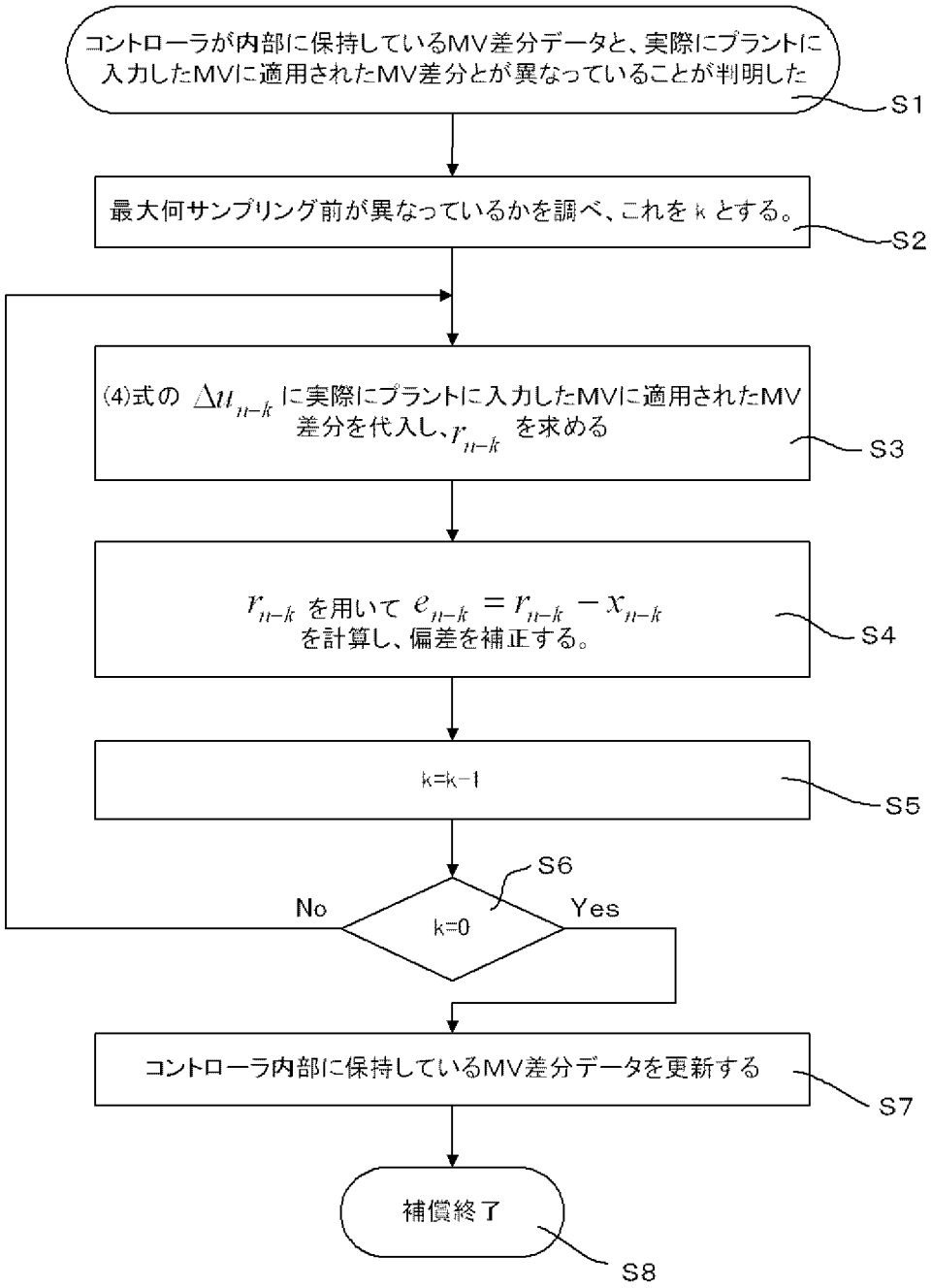
[図1]


104
100:プラント側
101
MV補完手段
MV補完値
102a
MVバッファ手段
103a
MV
制御対象
プラント
PVバッファ手段
アクチュエータ
センサ
102
103
MV
MVトレンドデータアンサーバック
PVトレンドデータ
300
ネットワーク
201
201c
201a
コントローラ
MVバッファ手段
PVバッファ手段
SV
MV補償手段
MV
PV
PV補完値
PV補完手段
プロセスモデル
202a
200:コントローラ側
202
201b

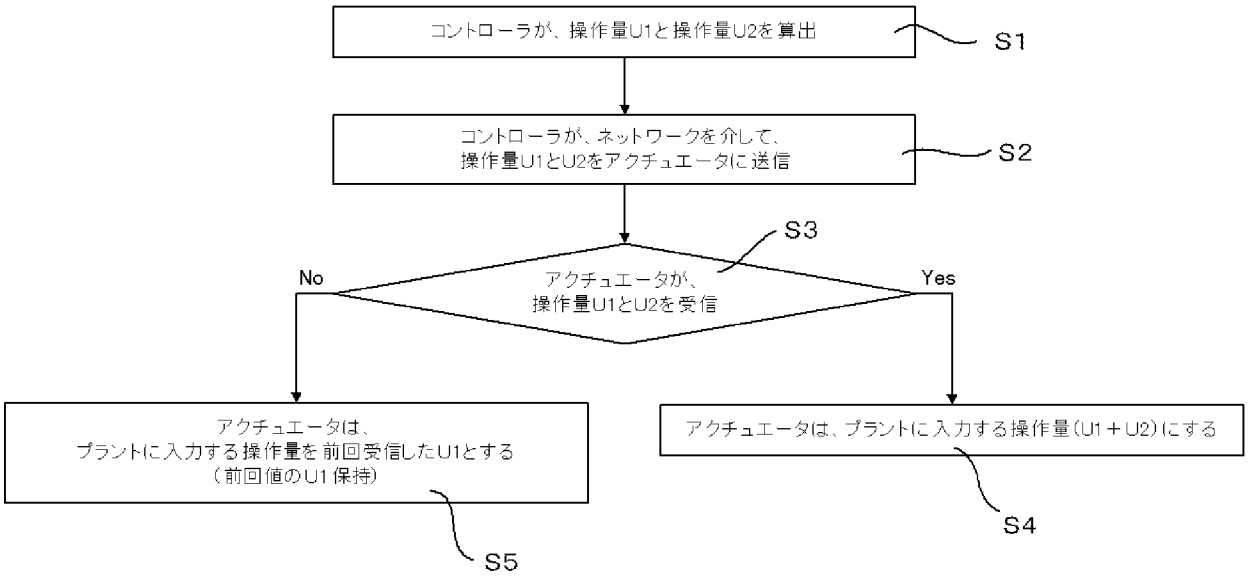
[図2]


コントローラが内部に保持しているMVデータと、実際にプラントに入力したMVとが異なっていることが判明した
S1
最大何サンプリング前が異なっているかを調べ、これをkとする。
S2
(2)式の u_{n-k} に実際にプラントに入力したMVを代入し、r_{n-k} を求める
S3
r_{n-k} を用いて $e_{n-k}=r_{n-k}-x_{n-k}$, $\sum_{i=1}^{n-k} e_i = \sum_{i=1}^{n-k-1} e_i + e_{n-k}$ を計算し、偏差、積分値を補正する。
S4
k=k-1
S5
S6
No
k=0
Yes
コントローラ内部に保持しているMVデータを更新する
S7
補償終了
S8

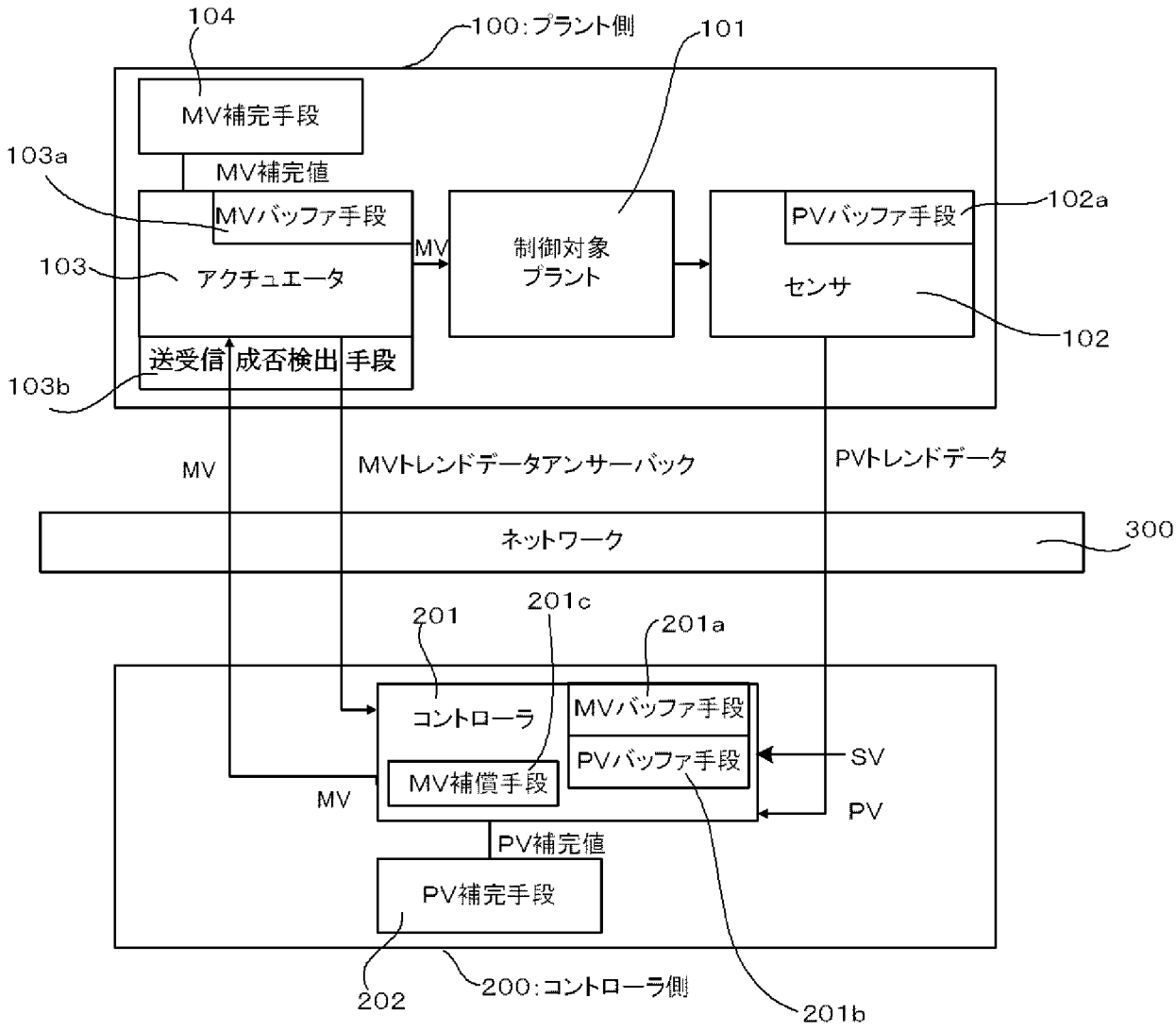
[図3]


コントローラが内部に保持しているMV差分データと、実際にプラントに入力したMVに適用されたMV差分とが異なっていることが判明した
S1
最大何サンプリング前が異なっているかを調べ、これをkとする。
S2
(4)式の Δu_{n-k} に実際にプラントに入力したMVに適用されたMV差分を代入し、r_{n-k} を求める
S3
r_{n-k} を用いて $e_{n-k} = r_{n-k} - x_{n-k}$ を計算し、偏差を補正する。
S4
k=k-1
S5
S6
No
k=0
Yes
コントローラ内部に保持しているMV差分データを更新する
S7
補償終了
S8

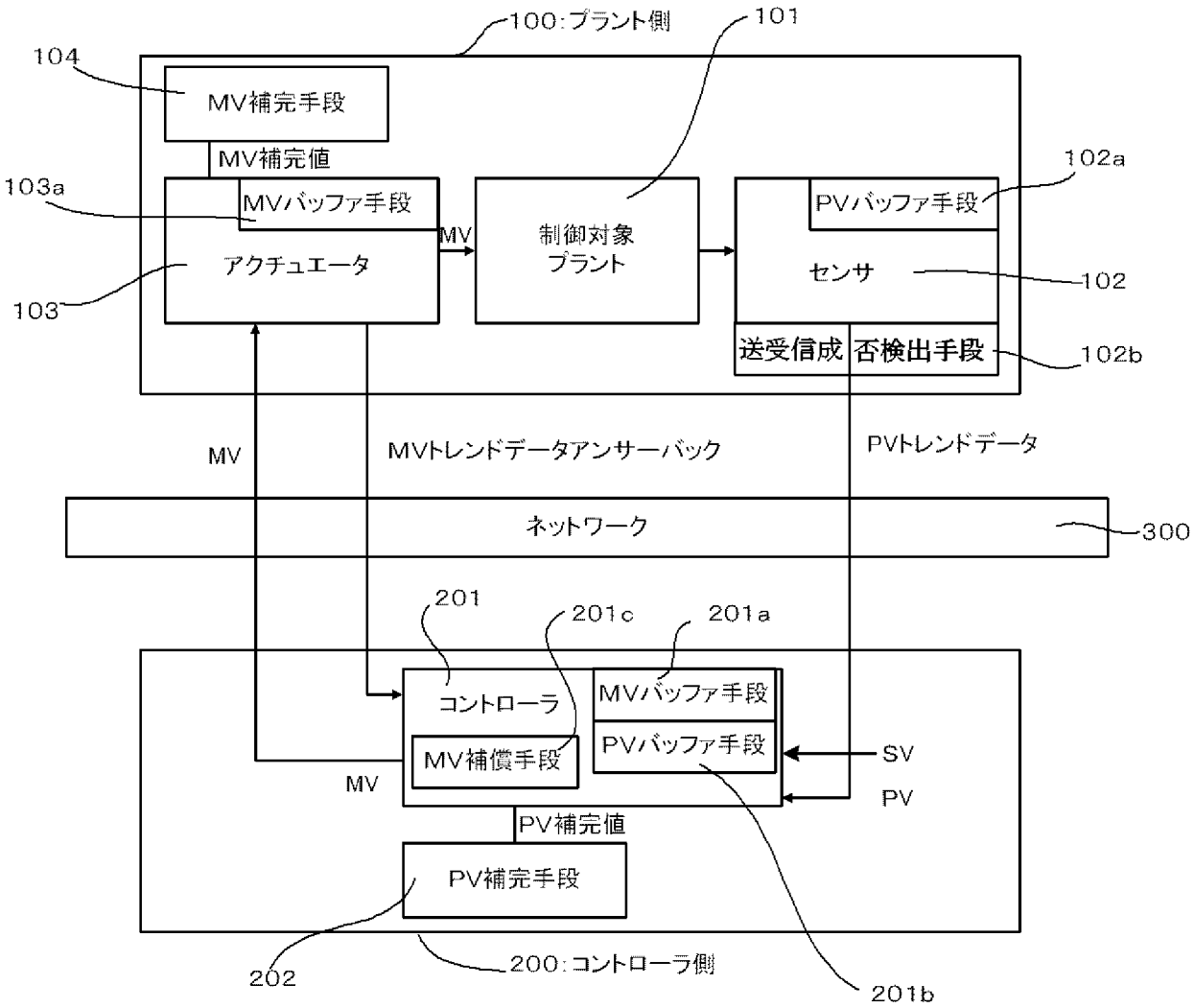
[図4]


コントローラが、操作量U1と操作量U2を算出
S1
コントローラが、ネットワークを介して、
操作量U1とU2をアクチュエータに送信
S2
S3
アクチュエータが、
操作量U1とU2を受信
No
Yes
アクチュエータは、
プラントに入力する操作量を前回受信したU1とする
（前回値のU1保持）
S5
アクチュエータは、プラントに入力する操作量（U1＋U2）にする
S4

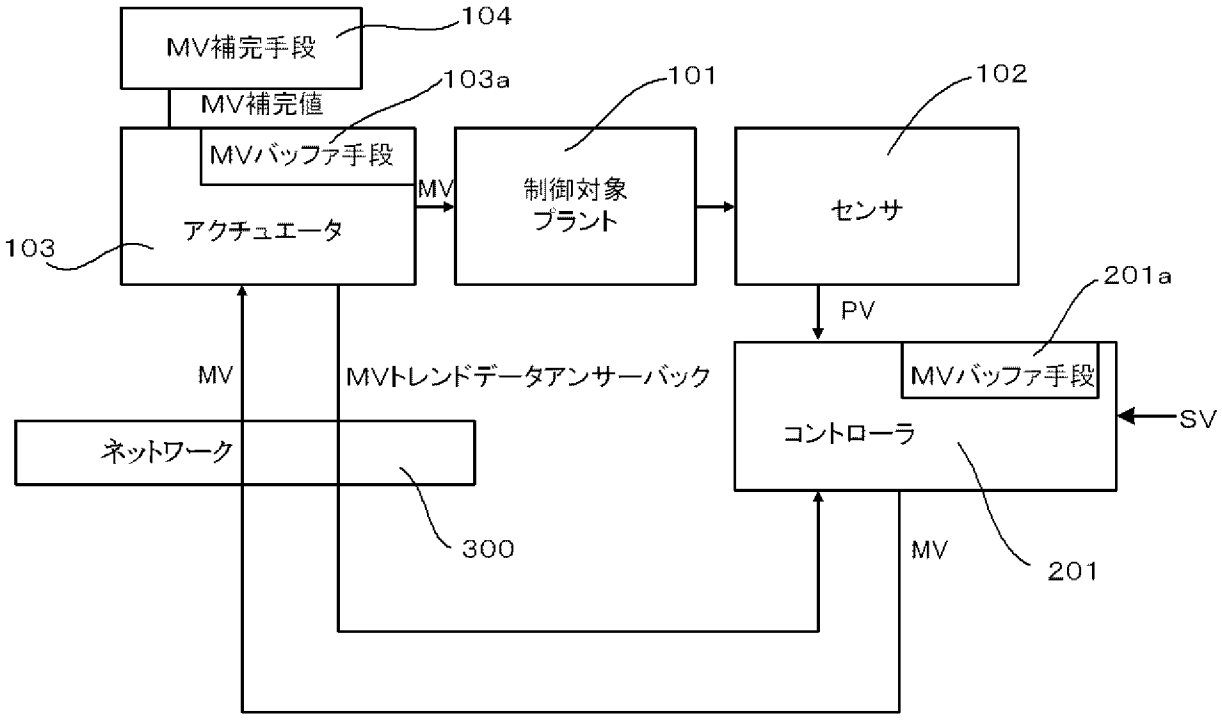
[図5]


104
100:プラント側
101
MV補完手段
103a
MV補完値
MVバッファ手段
MV
制御対象
プラント
PVバッファ手段
102a
103
アクチュエータ
センサ
102
送受信
成否検出
手段
103b
MV
MVトレンドデータアンサーバック
PVトレンドデータ
ネットワーク
300
201
201c
201a
コントローラ
MVバッファ手段
PVバッファ手段
SV
MV補償手段
MV
PV
PV補完値
PV補完手段
202
200:コントローラ側
201b

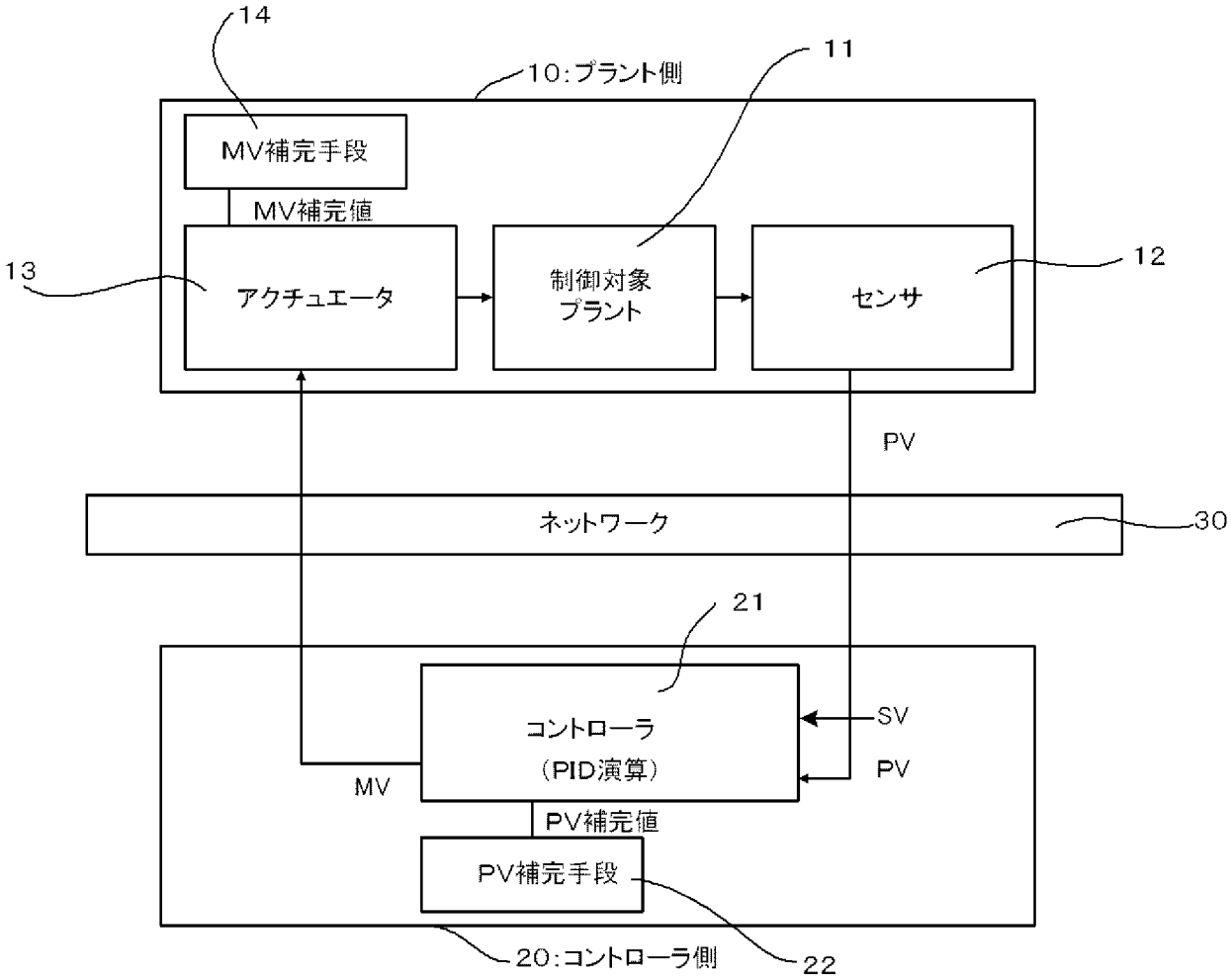
[図6]


100:プラント側
101
104
MV補完手段
MV補完値
103a
MVバッファ手段
MV
制御対象
プラント
102a
PVバッファ手段
アクチュエータ
センサ
103
102
送受信成否検出手段
102b
MV
MVトレンドデータアンサーバック
PVトレンドデータ
ネットワーク
300
201
201c
201a
コントローラ
MVバッファ手段
MV補償手段
PVバッファ手段
SV
MV
PV
PV補完値
PV補完手段
202
200:コントローラ側
201b

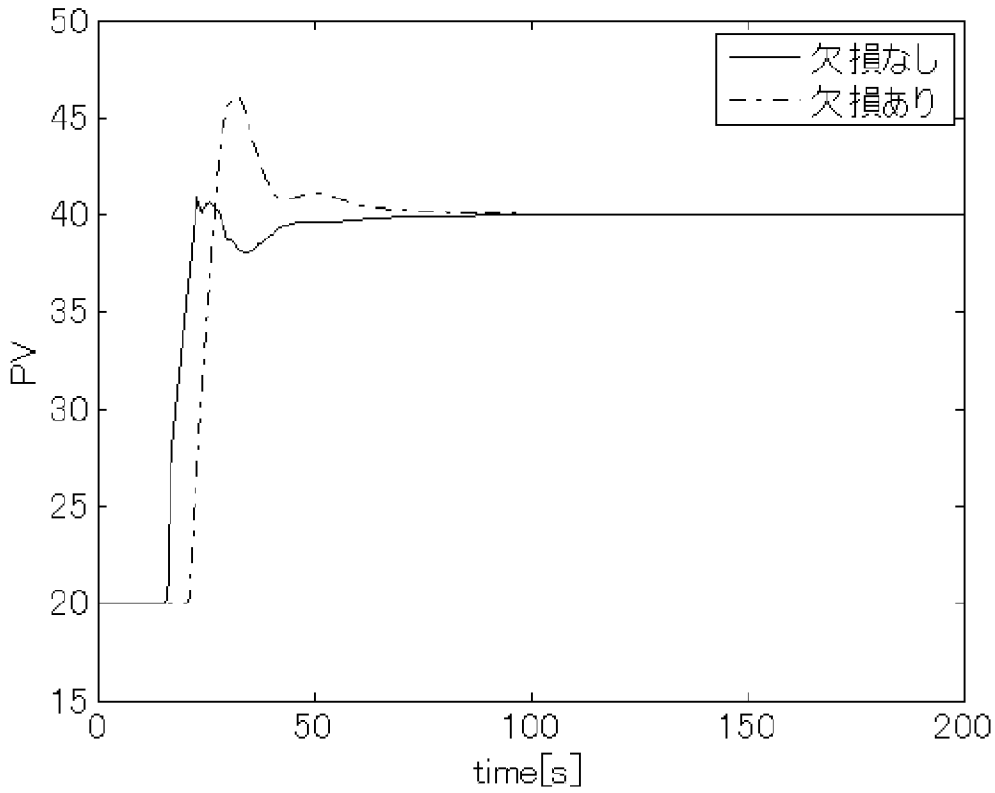
[図7]


MV補完手段
104
MV補完値
103a
101
102
MVバッファ手段
MV
制御対象
プラント
センサ
アクチュエータ
103
201a
PV
MV
MVトレンドデータアンサーバック
MVバッファ手段
SV
ネットワーク
コントローラ
300
MV
201

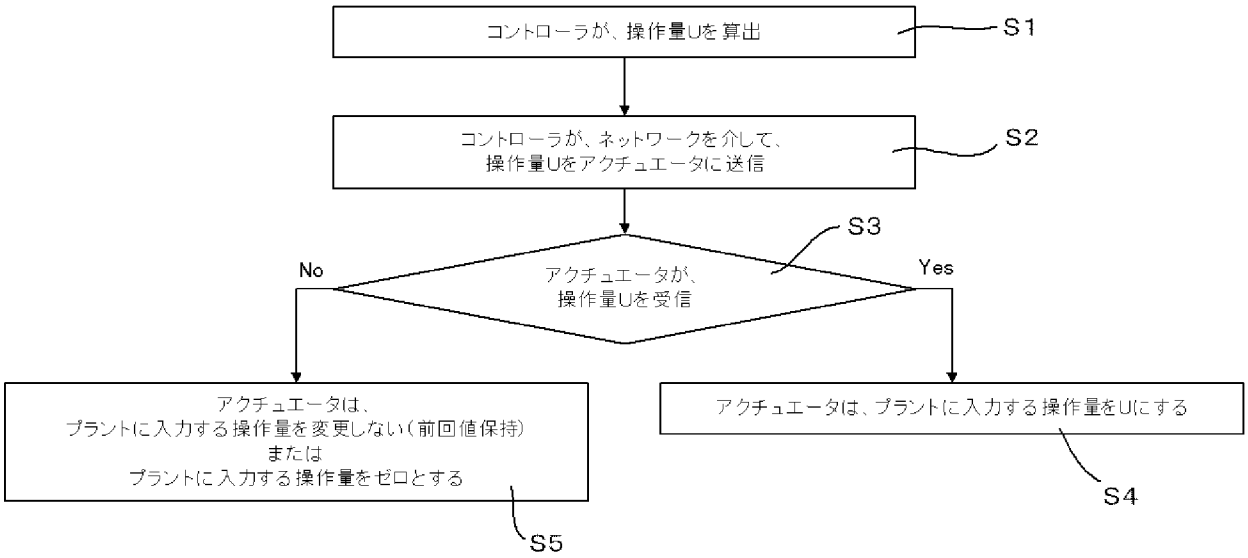
[図8]


14
10:プラント側
11
MV補完手段
MV補完値
13
アクチュエータ
制御対象
プラント
センサ
12
PV
ネットワーク
30
21
コントローラ
(PID演算)
SV
PV
MV
PV補完値
PV補完手段
20:コントローラ側
22

[図9]


50
45
40
35
30
25
20
15
PV
0
50
100
150
200
time[s]
欠損なし
欠損あり

[図10]


コントローラが、操作量Uを算出
S1
コントローラが、ネットワークを介して、
操作量Uをアクチュエータに送信
S2
S3
アクチュエータが、
操作量Uを受信
No
Yes
アクチュエータは、
プラントに入力する操作量を変更しない（前回値保持）
または
プラントに入力する操作量をゼロとする
S5
アクチュエータは、プラントに入力する操作量をUにする
S4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/067681

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G05B9/02(2006.01)i, *G05B23/02*(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)
G05B9/02, G05B23/02

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 1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008

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.
A	JP 2000-311016 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 07 November, 2000 (07.11.00), Par. Nos. [0023] to [0026] (Family: none)	1-6
A	JP 3874785 B1 (Nintendo Co., Ltd.), 02 November, 2006 (02.11.06), Claim 6 (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
02 December, 2008 (02.12.08)	16 December, 2008 (16.12.08)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

In claim 1, a passage that "when an error of packet transmission occurs" is written. However, the definition of what specific abnormality the error specifically refers to about a network control system is unclear even if the whole claims are taken into consideration. For example, the error includes a network abnormality or a controller abnormality.

Contrarily, the description discloses, within the meaning of PCT Article 5, only "the packet loss", and the claims are not supported within the meaning of PCT Article 6.

Therefore, the search has been conducted on the scope supported and disclosed by the description, namely, assuming that the error is referred to the packet loss specifically mentioned in the description.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００８／０６７６８１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G05B9/02(2006.01)i, G05B23/02(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.　G05B9/02, G05B23/02

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	１９７１－２００８年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００８年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００８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	関連する請求の範囲の番号
A	JP 2000-311016 A（石川島播磨重工業株式会社）2000.11.07, [0023]-[0026]（ファミリーなし）	１－６
A	JP 3874785 B1（任天堂株式会社）2006.11.02, 請求項６（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 ０２．１２．２００８	国際調査報告の発送日 １６．１２．２００８
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）　３Ｕ　３１１８ 二階堂　恭弘 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３２４

請求の範囲１には「パケット送信のエラー発生時」と記載されているが、該エラーが具体的にネットワーク制御システムに関する、どのような異常を表すのか、同請求の範囲全体をみてもその定義が明らかでなく、例えば、上記エラーとして、ネットワークの異常やコントローラの異常をも包含するものである。

一方、ＰＣＴ第５条の意味において開示されているのは、明細書に記載されている「パケットロス」のみであり、ＰＣＴ第６条の意味での裏付けを欠いている。

よって、明細書に裏付けられ、開示されている範囲、すなわち、上記エラーについては明細書に具体的に記載されているパケットロスのことを表すものとして、調査を行った。