ロボットアーム通信プロトコル

1. 概要

今回試作したロボットアームは，TCP/IP通信によって外部PCなどから制御することができます．  
外部制御により「ステータスの取得」や「アーム・グリッパーの駆動」が行えます．  
通信は，ロボットアーム側をサーバとする，一般的なソケット通信で行います．

1. 基本的な仕様

通信方式： イーサネット(TCP/IP)

サーバIPアドレス： 192.168.128.32

ポート番号： 12468

プロトコル： 独自のバイナリプロトコル（後述）

同時接続クライアント数： 1

1. 通信の手順
2. クライアントアプリケーションは，ネットワーク回線を通じてロボットアームに接続します．  
   「Raspberry Pi」上でロボットアームのプログラムが稼働中であれば，いつでも接続は受け入れられます．
3. 接続が確立したら，クライアントは希望する機能に応じた「リクエストパケット」をサーバ  
   （ロボットアーム）に送信します．
4. サーバは，受信した「リクエストパケット」を解析し，必要な処理を行った後，要求のあったクライアントに対して「レスポンスパケット」を送出します．
5. クライアントは「レスポンスパケット」を受信します．  
   レスポンスパケットを正常に受信できたらクライアントは次のリクエストを開始することができます．
6. クライアントは，いかなるタイミングでも接続を切断することができます．
7. 接続可能なクライアントは１つに限られます．  
   同時に2つ以上のクライアントを接続することはできません．
8. ネットワーク通信による遠隔制御は，コンソール（タッチパネル）の操作をオーバーライドしません．  
   クライアントの接続に関わらずタッチパネルからの操作は常時有効ですので，動作の競合などには注意してください．
9. パケットフォーマット

ロボットアームで扱うすべての「リクエストパケット」および「レスポンスパケット」は，以下のような構造を持ったバイナリパケットとして定義されます．

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| オフセット | データ長 (バイト) | 内容 |
| 0 | 1 | パケットの開始を表す1バイトの制御コードで 常に STX(0x02) を指定する． |
| 1 | 1 | コマンドID |
| 2 | 1 | パケットシリアルNo. リクエストパケットに対しては，クライアント側で自由な値を指定することができる．対応するレスポンスパケットでは同じシリアルNo.が返される． |
| 3 | 1 | データボディ長さをバイト単位で指定する． ここで言う「ボディ長」とは，後続する「コマンド固有のデータ」の長さを示す．（チェックサムやETXは含まれない） |
| 4 | 可変 | コマンド固有のデータ 多バイトデータを指定する場合は必ず「リトルエンディアン」で格納すること． |
| 可変 | 1 | チェックサム． データ部（先頭の4バイトは含まない）のバイトデータの総和を8bitに丸めた値で指定する． |
| 可変 | 1 | パケットの終端を表す1バイトの制御コードで 常にETX(0x03)を指定する |

サーバは，接続されたクライアントからの受信データにおいて，先頭のSTXの到着を待ちます．  
STXを受け取るまではサーバはすべてのデータを読み捨てます．

サーバはSTXを受信した時点でパケットの受信フェーズに入り，上記フォーマットに従って受信データを随時解析します．パケットの受信途中でチェックサムの不整合や終端コードの不一致などを検出した場合，サーバは受信済みのすべてのデータを破棄し，STXの到着待ちを再開します．

クライアントから複数のコマンドを連続して実行する場合，必ず先行するリクエストの「レスポンスパケット」を完全に受け取ってから次のリクエストを送出するようにしてください．  
レスポンスを受け取らずに新しいリクエストを送出した場合，コマンドの正常な実行は保証されません．

1. コマンドの解説

5.1 モータの励磁

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| コマンドID | 0x00 | | |
| リクエストデータ | オフセット | サイズ (byte) | 内容 |
| 0 | 2 | 軸指定  0: BASE  1: SHOULDER  2: ELBOW |
| 2 | 2 | 動作指定  0: 励磁を切る  それ以外: 励磁を入れる |
| レスポンスデータ | オフセット | サイズ (byte) | 内容 |
| 0 | 1 | コマンド実行ステータス  0: 正常終了  1: コマンドを実行できない  2: リクエストパラメータが不正 |

詳細

モータの励磁をON/OFFします．  
指定した軸が動作中である時や，アラームが発生している時は，このコマンドは実行できません．

5.2 アラーム解除（リセット）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| コマンドID | 0x01 | | |
| リクエストデータ | オフセット | サイズ(byte) | 内容 |
| 0 | 2 | 軸指定  0: BASE  1: SHOULDER  2: ELBOW  それ以外: すべての軸 |
| レスポンスデータ | オフセット | サイズ(byte) | 内容 |
| 0 | 1 | コマンド実行ステータス  0: 正常終了  2: リクエストパラメータが不正 |

詳細

アラームが発生している場合，アラームを解除します．  
軸が動作中の場合は何も起こりません（ステータス0を返す）  
アラームが解除されると，軸は「原点復帰未完了」状態となります．

5.3 停止

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| コマンドID | 0x02 | | |
| リクエストデータ | オフセット | サイズ(byte) | 内容 |
| 0 | 2 | 軸指定  0: BASE  1: SHOULDER  2: ELBOW  それ以外： 全軸を同時に停止 |
| 2 | 2 | 停止方法指定  0: 減速せずに即時停止  それ以外: 所定の減速度で減速して停止 |
| レスポンスデータ | オフセット | サイズ(byte) | 内容 |
| 0 | 1 | コマンド実行ステータス  0: 正常終了  1: コマンドを実行できない  2: リクエストパラメータが不正 |

詳細

指定した軸の，回転中のモータを停止します．  
アラームが発生している時は，このコマンドは実行できません．  
モータの励磁が切れている状態でこのコマンドを実行すると，励磁が入りますので注意してください．

5.4 原点復帰

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| コマンドID | 0x03 | | |
| リクエストデータ | オフセット | サイズ(byte) | 内容 |
| なし | | |
| レスポンスデータ | オフセット | サイズ(byte) | 内容 |
| 0 | 1 | コマンド実行ステータス  0: 正常終了  1: コマンドを実行できない |

詳細

全体原点復帰動作を開始します．  
軸が動作中の場合や，アラームが発生している時は，このコマンドは実行できません．  
それ以外の場合は，このコマンドを受信すると，サーバは原点復帰動作を開始し，直ちにレスポンスを返送します．  
（レスポンスの返送タイミングは原点復帰完了時ではありません．原点復帰動作が完了したかどうかを知るには，別途「5.6 ステータス取得」コマンドを使ってロボットアームの状態を監視する必要があります）

5.5 PTP動作を開始

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| コマンドID | 0x05 | | |
| リクエストデータ | オフセット | サイズ(byte) | 内容 |
| 0 | 4 | BASE軸の移動先位置(pulse単位) |
| 4 | 4 | SHOULDER軸の移動先位置(pulse単位) |
| 8 | 4 | ELBOW軸の移動先位置(pulse単位) |
| レスポンスデータ | オフセット | サイズ(byte) | 内容 |
| 0 | 1 | コマンド実行ステータス  0: 正常終了  1: コマンドを実行できない  2: リクエストパラメータが不正 |

詳細

アームを指定された位置へ移動させます．  
移動先位置は各モータの指令位置（pulse単位，32bit符号付き整数）で与える必要があります．  
速度・加速度は所定のパラメータによって決定されます．但し，できる限り３軸の動作時間を揃えるために，所定の最高速度を超えない範囲で各軸の最高速度は都度適切に変更されます．  
軸が動作中の場合や，アラームが発生している時は，このコマンドは実行できません．  
それ以外の場合は，このコマンドを受信すると，サーバは各軸の動作を開始し，直ちにレスポンスを返送します．  
（レスポンスの返送タイミングは動作完了時ではありません．動作が完了したかどうかを知るには，別途「5.6 ステータス取得」コマンドを使ってロボットアームの状態を監視する必要があります）

5.6ステータス取得

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| コマンドID | 0x09 | | |
| リクエストデータ | オフセット | サイズ(byte) | 内容 |
| なし | | |
| レスポンスデータ | オフセット | サイズ(byte) | 内容 |
| 0 | 1 | コマンド実行ステータス  0: 正常終了  1: コマンドを実行できない |
| 1 | 1 | 現在のグリッパーの開度（パーセント単位）  0が完全に閉じている状態で100が全開の状態 |
| 2 | 16 | BASE軸のステータス |
| (2） | 4 | 現在の軸位置 (pulse) |
| (6) | 4 | 現在の速度 (pulse/sec) |
| (10) | 1 | モータの励磁状態．  励磁していれば0xFF，切れていれば0x00 |
| (11) | 1 | 動作中なら0xFF，停止中なら0x00 |
| (12) | 1 | 原点復帰が完了していれば0xFF， 未完了なら0x00 |
| (13) | 1 | 下限リミットセンサの現在の状態． 検出していれば0xFF，未検出なら0x00 |
| (14) | 1 | 原点センサの現在の状態（同上） |
| (15) | 1 | 上限リミットセンサの現在の状態（同上） |
| (16) | 1 | アラームフラグの値（ビット1でアラーム発生）  Bit0: 電圧低下ロックアウト  Bit1: 未使用  Bit2: サーマル警報  Bit3: サーマルシャットダウン  Bit4: 過電流検出  Bit5: A相ストール検出  Bit6: B相ストール検出  Bit7: 未使用 |
| 17 | 1 | 予約済（常に0x00） |
| 18 | 16 | SHOLUDER軸のステータス |
| 34 | 16 | ELBOW軸のステータス |

※レスポンスデータのオフセット2以降は，3軸の各データが16バイト単位で格納される．

詳細

現在のロボットのステータスを返します．

5.7 グリッパー操作

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| コマンドID | 0x0A | | |
| リクエストデータ | オフセット | サイズ(byte) | 内容 |
| 0 | 2 | グリッパーの開度(0～100)  0が閉じた状態，100で全開にする． |
| レスポンスデータ | オフセット | サイズ(byte) | 内容 |
| 0 | 1 | コマンド実行ステータス  0: 正常終了  2: リクエストパラメータが不正 |

詳細

グリッパーを指定された開度まで動かします．  
サーボモータの特性上，指定した開度と実際の到達開度には誤差が生じることがあります．  
このコマンドはアームの動きやアラームの有無に関係なく実行できます．また，グリッパー自身が目標の開度に向かって動作中であってもコマンドを受け付けます（後述）．  
このコマンドによってグリッパーを動かす際「グリッパーの開度変更は，開度の変位量に応じた有限の時間を要する」という点に注意すべきです．グリッパーの動作はコマンドの送受信とは非同期に実行され，開度0から開度100への変更でおおむね200～300ミリ秒の時間を要します．  
このコマンドを受け取ると，サーバは直ちにグリッパーを動かし始めます．従って，このコマンドを非常に短い間隔で連続して実行した場合，指定されたすべての開度状態を経ずに，最後に指定された開度に到達する可能性があります．