

# ネットワークハプティックコントローラの開発

Development of Networked Haptic Controller

橋本渉, 森田大輔

Wataru HASHIMOTO and Daisuke MORITA

大阪工業大学 情報科学部

〒573-0196 大阪府枚方市北山 1-79-1

**Abstract :** Haptic controller plays a role in managing and handling a haptic device. Generally the combination of a haptic controller and single computer is well-matched pair. This implies that each haptic device need the same number of computer. However the combination is hazard to utilize many number of haptic devices such as distributed shared haptic environment. Then we developed a new haptic controller that is independent of computer. The controller equips network interface and can provide the information of haptic device via TCP connection.

**Key Words:** haptic controller, network, distributed environment

## 1. はじめに

計算機によって力覚呈示をおこなうには、人間の動作をセンサで取り込み、その結果に基づいてアクチュエータなどの駆動信号を発生させる仕組みがほとんどである。これらの処理において、計算機と力覚呈示装置の中間に位置する制御器をハプティックコントローラと呼ぶことがある。

ハプティックコントローラは通常、ホストとなる計算機に対して接続されるのが一般的である。たとえば PHANTOM では計算機の平行ポートからコントローラに接続されており、計算機と力覚呈示装置の組み合わせではじめて力覚呈示が可能となる<sup>1</sup>。SPIDAR-G では USB 接続を用いており、ほぼ同様のスタイルである。ホストとなる計算機は、力覚呈示の情報を処理するほかに、視覚情報を提供するという重要な役割もあり、これらは自然な構成であるといえる。

ホスト計算機と力覚呈示装置は密接なつながりがある反面、複数の装置を同時に動かす場合、同じ数の計算機が必要になるという問題が生じる。また、装置の数に対して利用者が圧倒的に多いと、管理が非常に難しくなる。これは学生数の多い教育現場では深刻な問題である。

本研究では、複数の力覚呈示装置を利用できる環境として、ネットワークに指向したハプティックコントローラ (NHC) を提案する。概念図を図 1 に示すように、コントローラを LAN に接続することによって、力覚呈示装置毎に計算機を接続する必要がなくなる。各計算機の利用者は、どの装置にも等しくアクセスすることができるため、装置の利用性が高まることが期待できる。また、複数の装置を同時にアクセスすることも容易である。本稿ではこのコントローラ

とその応用例について報告する。

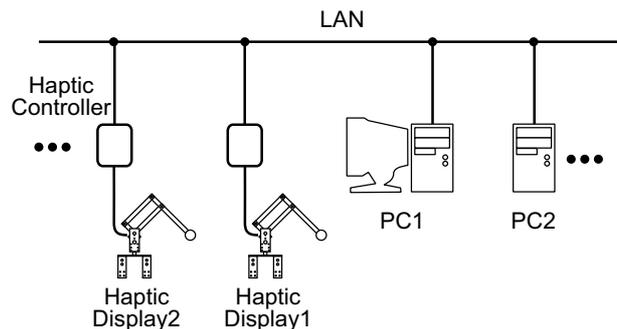


図 1: ネットワークハプティックコントローラ概念図

## 2. ネットワークハプティックコントローラ

ハプティックコントローラに求められる能力は場合によって異なるが、基本的には力覚呈示装置のセンサ系の入力処理と、アクチュエータ系の出力処理、そしてホストとの通信機能が必要である。これらの機能をネットワークのノードとして扱うためには、ホストとの通信機能にネットワークインタフェースを用いればよいことになる。コントローラに固有の IP 番号を与えることによって、以下のメリットが生まれる。

- ネットワーク上の計算機が等しくアクセス可能  
力覚呈示装置を個別の計算機に供することがなくなるため、利用者や利用形態に縛られない。これは多数の装置利用者がある環境で、装置を共有したり、同時

<sup>1</sup>IEEE-1394 接続のタイプもある

利用するといった用法につながる。

- 複数の力覚呈示装置を同時制御するのが容易  
1台のホストPCが管理するバーチャル空間に、複数の力覚呈示装置を同時に参加させるような作業空間の構築が容易となる。各コントローラに固有のIPを割り当てると、各装置をIP番号で識別することができるため、自由度の高いアプリケーションの作成が可能となる。
- TCP/IPによる通信  
イーサネットは今やありふれた基盤技術となっている。どこでも接続できるのはもちろん、無線LANや遠距離通信などのイーサネット技術の恩恵を受けることが可能となる。IP番号さえあれば、無数の呈示装置を接続することもできる。

### 3. 試作環境と性能

ハプティックコントローラにネットワーク機能を付加させる方法としては、可能であればプリントサーバなどの変換器を利用するのがもっとも簡単である。本研究ではモータドライバと一体化した装置を開発した。試作機の構成を図2に示す。

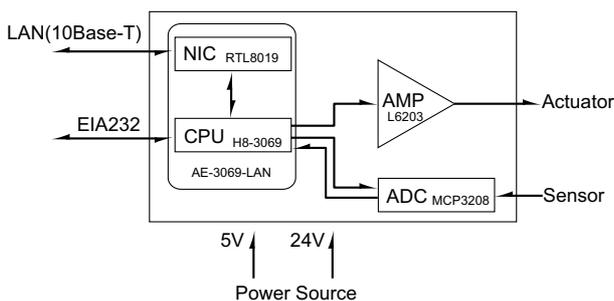


図2: 制御信号のブロック図

この試作機は市販のH8マイコンキットと、モータドライバ回路から構成されている。H8マイコンキットにはH8-3069FとLAN通信チップRTL8019を搭載しており、LANによるデータの送受信をおこなうことが可能である。また、モータドライバ回路には12ビットのA/D変換器とモータアンプが実装されている。

力覚の呈示には図3のような3自由度力覚呈示装置を使用する。これにはセンサーとアクチュエータがそれぞれ3つ付いており、操作者は先端のグリップを握り操作する。また、モータの電源には24V、6.5Aを使用する。まず、センサーの出力した電圧値はアームの位置データとして、A/D変換によりデジタル値に変換している。次に変換されたデジタル値のデータはシリアル通信により、H8マイコンに渡される。H8マイコンでは、LAN通信によりこのデータをPCへ送信し、PCでトルク計算を行う。そして、送られてきたトルク情報を元にPWM信号を生成する。ハプティックコントローラはアンプを介し、PWM信号により力を

発生させる。ハプティックコントローラの制御はこのフィードバックループにより行われる。

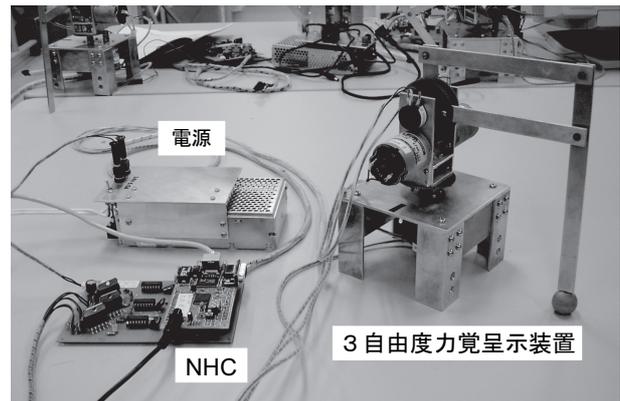


図3: NHCの写真

IP番号の設定やコントローラの制御プログラム書き換えなどのメンテナンス時にはEIA232を使用する。

この試作コントローラを計算機と通信する場合、センサ情報と出力トルク情報をやりとりする。計算機とコントローラを1対1で接続したところ、通信速度は往復で190Hz程度であった。計算機1台に対して、コントローラ4台で接続実験を試みたところ、通信速度が190Hzであったため、この数字はコントローラ側の限界であると見られる。

### 4. 現状の問題と展望

コントローラ側で反力計算をおこなっていないので、通信速度は力覚呈示装置の応答速度に直接影響する。190Hzという更新速度は、繊細な力覚呈示をおこなう十分な速度ではないが、反力計算などをコントローラ内で処理すれば、高い応答速度が期待できる。

現在、本コントローラと3自由度力覚呈示装置を10セット量産し、多数の装置を同時に動作させるためのソフトウェア環境を構築中である。利用者規模が大きくなった場合の力覚呈示方法について模索したい。一方、現時点のコントローラは、1台の計算機から接続要求があると、通信速度の問題から、他の接続要求を受け付けられないようにしている。2台以上の計算機から同時にアクセスがある場合の処理方法についても検討してみたい。

謝辞 本装置の開発に携わった卒業生の目雅文氏、力覚呈示装置の量産にご協力いただいた機械工作センターの小川直樹先生に感謝する。

### 参考文献

- [1] <http://www.sensable.com/>
- [2] Seahak KIM, Shoichi HASEGAWA, Yasuharu KOIKE and Makoto SATO: Tension Based 7-DOF Force Feedback Device:SPIDAR-G; Virtual Reality 2002 Conference, pp.283-284,2002