B207

人工筋肉を用いた力触覚デバイスの開発

菊池 智[○](東海大学), 濱本 和彦(東海大学)

Development of Force-Feedback Device using Artificial Muscle
Satoru KIKUCHI and Kazuhiko HAMAMOTO

ABSTRACT

It is difficult to operate 3D virtual world by using commonly-used interface, keyboard and mouse, which is designed for operating 2D world. Glove device with Force-Feedback system is one of the most effective device. Using that system, user can "touch" and "grab" virtual objects and move them easily to a place as they like. So user can intuitively understand how to operate 3D world. But it is heavy and takes time to put on, especially Force-Feedback part for reasons of motor-powered system. We propose a new Force-Feedback system using Artificial Muscle in order to improve heaviness and complication to put on. Artificial Muscle is one of an actuator mainly used on robotics. In this study we used Artificial Muscle featured lightness in weight and simple structure for active.

Keywords: Glove device, Force-Feedback, Haptic, Artificial Muscle

1. はじめに

3次元空間を操作する際にマウスやキーボードといった従来型の入力装置は2次元空間の操作を前提として作成されているために、直感的な操作が難しい。そこで五感情報を伝えるインタフェースを用い「五感への可視化の実現」し、現実世界と同様の直感的な操作を行い問題の解決を図る試みがある。現在までに手に直接グローブ状の装置を装着して手の動きをセンシングするグローブ型デバイスと、バーチャルな物体を把持する際に力触覚を手に提示する反力提示装置が提案されている。このようなシステムにおいて様々なアクチュエータや機構で装置が提案されてきた^{1) 2) 3)}。しかし、従来の装置の問題点として、重量と装着作業の煩雑さという問題点がある。この原因として、反力を発生するアクチュエータにモータや空気圧などを使用しているため装置自体が大きくなってしまいうという事がある。そこで本研究では、従来のアクチュエータに替えて人工筋肉を使用して、軽量で装着時の手間を軽減した反力提示装置の開発を目指す。

2. 人工筋肉

人工筋肉とはバイオテクノロジーにより動物的な筋肉の構造を模した物や、電気的・化学エネルギーを消費して動力を発生させるアクチュエータのことで、高分子を用いたものや形状記憶合金、空気圧式など様々なものがあり、特徴として素材自体が動力源となるため装置の小型化が期待できる。

本研究では形状記憶合金の一種である BMX (BioMetal Helix) という SMA (Shape Memory Alloy)

素材のアクチュエータを使用した⁴⁾。これは通電すると収縮する素材をコイル状に巻いたもので、通電時には伸張した状態から約50%の操作量を取り出せる。長所に小ささ、軽量さ、機構の簡易さ、音や振動が発生しない、事があるが、短所に反応速度が遅いということがある。

3. 提案システム

3.1 反力提示機構

反力提示装置の機構として、人差し指のみの部分を作成した。まず手の甲に支点となるレール状の物体を装着。そして、指先に取り付けられた物体がレールの上を指の動きと連動して前後に動くという構造である。この指と連動して動く物体にストッパーのようなものでロックをかけてロックがかかったときに、指を曲げようとしても指先へ反力が返る仕組みとなる。このストッパーを動かすアクチュエータとして BMX を使用した。装着時の図と基本的な構造図を以下の Fig.1 と Fig.2 に示す。

Fig. 1 Picture of Device

Fig. 2 Basic structure of Force-Feedback system

3.2 予測アルゴリズム

バーチャルな手とバーチャルな物体が触れた瞬間から、最終的に指先に力加わるまでの時間を計測したところ、平均して 300ms 程度の触覚提示の遅れが観測された。人間の視覚と触覚の入力時間のずれに関して、最悪 100ms を超えると違和感が大きくなることがわかっているため^{51, 61}、少なくとも 200ms 程度はタイムラグを短縮する必要がある。そこで、指先と物体表面の距離を常時計測して、100ms 前の位置と現在の位置の差を測りその数値を使用して約 200ms 先の指の位置を予測する。そして接触すると予測された場合はアクチュエータを駆動させた。過去 100ms のデータを利用する根拠は、実際にバーチャルな環境で把持動作を行い指と物体の距離データを取得し、予測アルゴリズムのパラメータとしてその数値を解析した際に安定していた数値であったためである。この時間が長すぎると過去の数値に影響を受けてしまい最新の指の動きの変化に対応できなくなり、逆に短すぎると細かな変化のために動作が安定しなくなる。

4. 評価

製作したデバイスについて、装置の規模と性能面での評価を行った。

装置の規模に関して、今回製作したものは人差し指のみに反力を返すものであり従来の装置と直接比較を行うことが難しいが、目安として従来の装置と比較した。

Table 1 Differences on size

	Heaviness	Assist device	Wearing complicate
Proposed system	20g	Nothing	By oneself
CyberGrasp	350g	Actuator	Difficult
The Rutgers Master II	Less than 100g	Air compressor	By oneself

性能評価は、物体把持操作において違和感を与える要素の一つである、反力提示の遅れ時間を計測した。

条件 1 : 通常(no)

条件 2・4 : 物体の接触判定領域を拡大(3段階 p1-3)

条件 5 : 予測アルゴリズム(pre)

そしてそれぞれの条件について、何も意識しないで把持動作を行った場合(f**)と、ゆっくり近づいて把持を行

った場合(s**)の2通り、計 10 (5 * 2) 条件で調べた結果を以下の Table2 に示す。(横軸 : 時間, 縦軸 : 条件)

Table 2 Time delay of Force-Feedback system.

結果として、何も手を加えていない状態では 300ms 程度の遅れが発生したが、物体の接触判定領域を拡大するにつれ、タイムラグの平均値は改善していった。そして、予測アルゴリズムについては自然に把持した場合、早めに接触が予想されるので予めアクチュエータを駆動でき 100ms を切る結果となったが、ゆっくり手を動かした場合は、接触するかどうか予測をするのが遅れてしまうため、100ms を超える結果となった。

5. まとめ

今回、人差し指を拘束するという条件に限定した、軽量で装着が容易な反力提示装置を開発した。

アクチュエータや機構を考慮するとタイムラグが懸念材料ではあったが、予測アルゴリズムを利用することにより許容範囲内まで改善が可能ということがわかった。今後の課題として、予測アルゴリズムの手速度による結果のばらつきの改善と、多種類の反力提示、全ての指に反力を提示する装置の実装がある。

参考文献

- 1) "CyberGrasp™ Exoskeleton", Immersion Corporation, http://www.immersion.com/3d/products/cyber_grasp.php, (accessed 2008-05-10)
- 2) Mourad, Bouzit., Grigore, Burdea.: The Rutgers Master II - New Design Force-Feedback Glove, IEEE/ASME TRANSACTION ON MECHATRONICS, Vol. 7, No. 2 (2002) pp. 256-263.
- 3) 田中豊, 山内久幸, 雨宮賢一: 空気圧を用いた装着型力触覚提示装置, 山梨講演会講演論文集, Vol. 2001 (20010928) pp. 171-172.
- 4) "BioMetal Helix", TOKI Corporation, <http://www.toki.co.jp/biometal/BMX/index.html>, (accessed 2008-05-10)
- 5) 宮里勉, 岸野文郎: 視覚情報と触覚情報の間の遅延知覚に関する主観評価, テレビジョン学会誌, Vol. 49, No. 10 (1995) pp. 1353-1356
- 6) 引地謙治, 森野祐直: 触覚を含む仮想環境共有システムの提案と評価, 電子情報通信学会論文誌 B, 通信, Vol. J86-B, No. 2 (20030201) pp. 268-278