

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UMA PRÓTESE DE MÃO HUMANA ROBÓTICA DE BAIXO CUSTO PARA CRIANÇAS

**L. Sundfeld^{1j}, J. L. C. Nogueira¹, S. V. Arêdes²,
L.S. Júnior³, L. F. W. Barbosa³**

¹Estudantes de Engenharia Elétrica - UNIVAP/FEAU/LRA, leonardosundfeld@gmail.com

²INPE/LIT/MEQ, Av. dos Astronautas 1.758 - Jardim Granja – CEP 12227-010
São José dos Campos – SP – Brasil

³UNIVAP/FEAU/LRA, Av. Shishima Hifumi, 2.911 - Bairro Urbanova – CEP 12244-000
São José dos Campos – SP – Brasil
landulfo@univap.br e wiltgen@univap.br

Resumo- Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma prótese robótica microcontrolada infantil de baixo custo. A pesquisa está em sua fase inicial, onde foi construído um protótipo de PVC para simulações de controle dos movimentos de uma mão e antebraço infantil. Tal prótese deverá desempenhar as atividades rotineiras de um ser humano com idade entre cinco e seis anos. O controle será efetuado por um microcontrolador comercial de baixo custo, que acompanhará a prótese em todas as suas fases de desenvolvimento, não sendo necessário à troca do controle e atuadores que geram os movimentos. Características antropomórficas ainda não foram empregadas, mas fará parte do estudo e desenvolvimento dos próximos protótipos da mão robótica.

Palavras-chave: Microcontroladores, prótese mão humana, mão robótica, reabilitação, biomecânica.

Área do Conhecimento: III Engenharias

Introdução

A mão humana (KAPANDJI et. al., 2000), ferramenta de sobrevivência, é fundamental para a manipulação de alimentos e objetos. Com sua complexibilidade e versatilidade, ajudou na criação de inovações, auxiliando os seres humanos a se desenvolverem.

Não é difícil encontrar uma pessoa que não possua essa ferramenta essencial, seja por má formação ou por acidente que gere uma amputação natural ou cirúrgica. Visando auxiliar essas pessoas, surgiram próteses estéticas, que têm a função de apenas ocultar a deficiência, aliviando desconfortos psicológicos, porém não obtém nenhuma função mecânica.

As próteses humanas referentes à mão se tornaram realmente úteis há poucos anos, com o desenvolvimento de próteses integradas a sistemas de controle analógico (ENGELHARDT et. al., 1971) e recentemente digitais (Chappell et. al., 1991) e (LAKE et. al., 2003). Poucas são as próteses deste tipo disponíveis para crianças (LANDSBERGER et. al., 1996) e (ZAHEDI, 1998).

próprio corpo, porém o desenvolvimento de tais próteses é mais complexo, por exigirem tamanho reduzido, maior resistência mecânica e menor massa.

Diversas próteses possuem sistemas de controle e mecânica complexos (KYBERD et. al., 2001), (LIGHT et. al., 2002), (CARROZZA et. al., 2003) e (PAN et. al., 2004).

Neste artigo será apresentado o desenvolvimento e a construção física da prótese infantil microcontrolada. Nesta fase inicial, está sendo desenvolvido uma prótese infantil de baixo custo, para ser utilizada por uma criança de idade entre 5 e 6 anos. Será estudado um acabamento antropomórfico para melhorar seus aspectos visuais.

As próteses convencionais trazem limitações funcionais e elevado custo, sendo se tornando de difícil aplicabilidade. A mão robótica aqui proposta visa auxiliar o usuário a perda de tal membro, para isto a pesquisa foi dividida em 3 etapas:

- *Fase Inicial:*

Nesta fase será desenvolvida a parte física do protótipo, que consta na construção das partes mecânicas da prótese, alojamento dos servomotores, microcontrolador, fonte de alimentação e demais circuitos eletrônicos e de comunicação digital.

A integração dos sistemas elétricos e de controle acarretarão em testes, sendo que a

^j Bolsista de Iniciação Científica - UNIVAP

Crianças se adaptam melhor às próteses e tendem a utilizá-la como se fosse parte do seu

prótese será acionada através de um computador do tipo PC.

- **Fase Intermediária:**

O protótipo deverá ser acionado com sistema de controle embarcado e de forma autônoma. Isto possibilitará testes de fadiga e estresses mecânicos, que são necessários para apresentar a fidelidade da prótese, que em condições reais será exigida ao limite pela criança que a utilizar.

- **Fase Final:**

Os testes serão analisados e sendo positivos os resultados será iniciado o desenvolvimento da interface homem-máquina, que ocorrerá através de sinais elétricos de baixa potência (sinais mioelétricos), colhidos das terminações nervosas da criança. A Interface deverá executar os comandos corretos, colhendo o sinal mioelétrico e executando o movimento referente àquele sinal.

Nesta etapa do protótipo, o mesmo será fixado a uma pequena parte do braço natural (coto) próximo ao cotovelo (terço medial do antebraço), isto implicará na seleção de uma criança que apresente tais características físicas.

Este artigo é dividido da seguinte forma: na próxima seção são apresentadas as características de funcionamento da mão robótica. Em seguida observa-se o detalhamento construtivo relativo ao primeiro protótipo da prótese robótica. E finalmente são apresentadas as conclusões e perspectivas para esta linha de pesquisa.

Características da Prótese Robótica

O funcionamento da prótese em estudo baseia-se no emprego de um microcontrolador que atuará nos comandos eletrônicos (BARBOSA et. al., 2006), este receberá os sinais mioelétricos humanos, captados por eletrodos fixados à pele.

O microcontrolador interpretará os sinais recebidos e acionará o servomotor responsável por tal movimento. O servomotor movimenta os tracionadores que executa o movimento de flexão ou extensão, conforme interpretação do sinal.

Nas pontas dos dedos serão colocados sensores de pressão, que auxiliarão no controle do movimento, ou seja, ele dará o retorno à prótese, dizendo a hora exata de parar de executar o movimento. Isto auxiliará os usuários a terem um maior controle de seus movimentos e a evitarem, como por exemplo, a quebra de um copo de vidro por causa da força aplicada ao mesmo.

Para a confecção das primeiras partes mecânicas, foram feitas simulações tridimensionais em computador, conseguindo executar os movimentos desejados antes de a prótese ser construída. Após os resultados positivos das simulações, os desenhos das peças foram feitos em duas dimensões e construídas.

Nas Figuras 1 e 2 são demonstrados movimentos comumente executados pela mão humana, e através das simulações computacionais, pudemos analisar que a prótese robótica desempenhou tais movimentos com grande sucesso. Os desenhos do antebraço estão sendo feitos, com ele pretendemos simular os locais de encaixe da eletrônica, localização das partes mecânicas internas e dos tracionadores e integração homem-máquina.

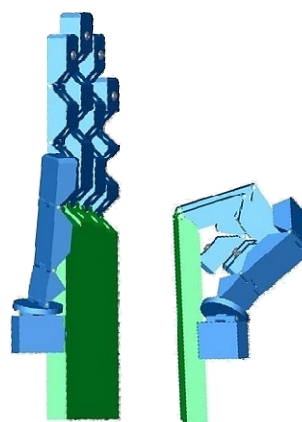


Figura 1 - Modelo tridimensional da mão robótica para a simulação dos movimentos mecânicos em computador – Vista lateral com dedos em extensão e flexão.

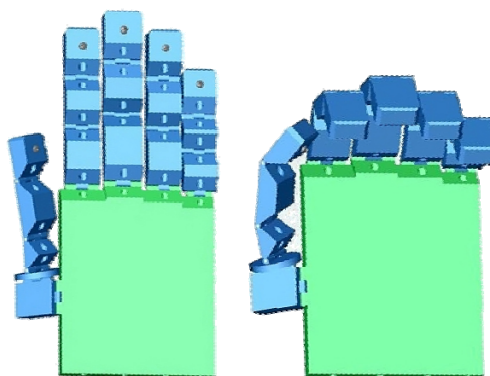


Figura 2 – Modelo tridimensional da mão robótica para a simulação dos movimentos mecânicos em computador – Vista frontal com dedos em extensão e flexão.

Resultados Experimentais

A partir dos desenhos gerados em duas dimensões, foram usinadas as peças que compõem a mão robótica. A prótese foi usinada

em material plástico, do tipo PVC. A versão final da prótese deverá ser confeccionada em alumínio, o que aumentará sua rigidez mecânica.

As dimensões de cada falange dos dedos e também da palma da mão são mostradas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Dimensões dos dedos

Dedo	Falange	Comp. (mm)	Larg. (mm)	Espess. (mm)
Polegar	Proximal	34	18	10
	Distal	25	18	10
Indicador	Proximal	35	18	10
	Medial	30	18	10
	Distal	27	18	10
Médio	Proximal	41	20	10
	Medial	31	20	10
	Distal	28	20	10
Anelar	Proximal	35	18	10
	Medial	30	18	10
	Distal	27	18	10
Mínimo	Proximal	26	14	10
	Medial	22	14	10
	Distal	26	14	10

Tabela 2 – Dimensões da palma da mão

	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
Palma	102	81	10

As dimensões da prótese foram feitas a partir da mão de um adulto, devido ao seu tamanho, ficaria mais fácil fazer os ajustes, se necessários.

As peças foram integradas e juntas compõem a mão da nossa prótese. Através do interior da palma da mão e de cada dedo, passa um tracionador, que será fixado à falange distal de cada dedo. O outro lado do tracionador será fixado ao servomotor daquele respectivo dedo. Este tracionador, que também pode ser chamado de tendão mecânico, é um elemento do tipo mola e é responsável por flexionar e extender os dedos.

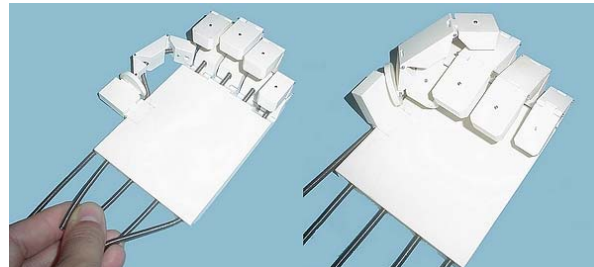
Na Figura 3 são mostradas as peças integradas juntamente com os tracionadores.

Na Figura 4 é mostrada a mão robótica em semiflexão e flexão total, para mostrar a ação dos tracionadores.

Atualmente está sendo desenvolvido o modelo tridimensional do antebraço mecânico, para ajustarmos a alocação de todos os componentes do primeiro protótipo, que são as baterias recarregáveis, componentes eletrônicos, microcontrolador e servomotores. Esta parte servirá também de interface mecânica que promove o acoplamento do ser humano a máquina. Este acoplamento deverá ser feito para o encaixe via pressão, com acolchoamento interno e sistema simples de pressão.

Na Figura 5 pode ser visto um esquema simples mostrando como deverá ser o conjunto completo do primeiro protótipo.

Figura 3 - Fotografia do primeiro protótipo da mão para a prótese robótica – Controle manual dos



tracionadores realizando flexão dos dedos.

Figura 4 - Fotografia do primeiro protótipo da mão para prótese robótica – Vista lateral e frontal.

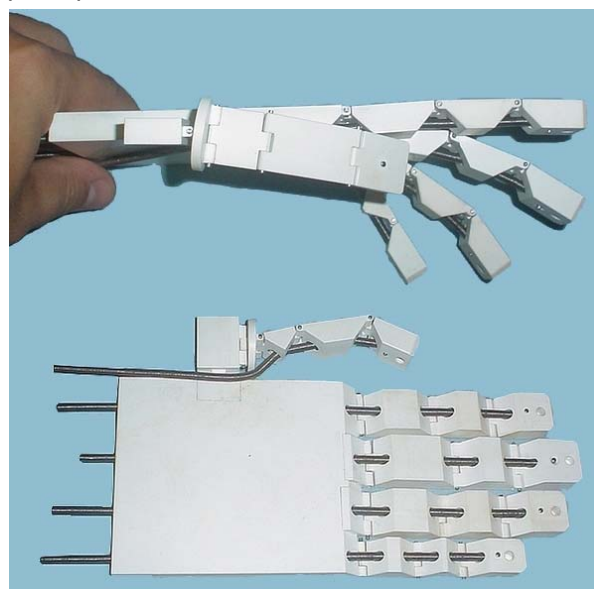
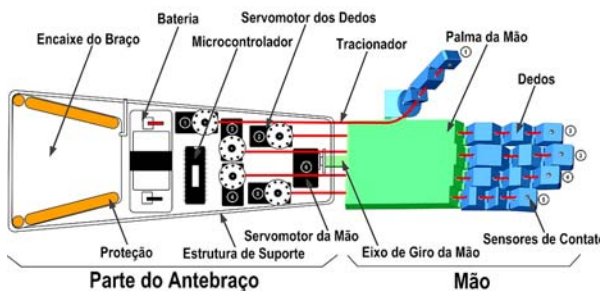


Figura 5 - Esquema do conjunto completo do



primeiro protótipo da prótese robótica.

Conclusão e Perspectivas

Acredita-se que em breve o primeiro protótipo esteja totalmente montado para que possam ser iniciados os testes, em paralelo serão confeccionadas as primeiras peças referentes ao segundo protótipo. Este segundo protótipo deverá ter o tamanho físico compatível à mão de uma criança de 5 anos de idade, além de incorporar os aperfeiçoamentos mecânicos advindos do primeiro protótipo.

Durante a fase inicial os ajustes mecânicos necessários para que a mão tivesse seu funcionamento como esperado, foi o maior desafio, e foi sendo vencido com o auxílio das simulações em computador, e também, na prática.

No atual estágio de desenvolvimento do projeto, estão sendo testados os servomotores ligados aos tracionadores controlados via um computador do tipo PC. Em seguida será ligado o microcontrolador para atuar no comando dos servomotores via um programa específico escrito para movimentar os dedos da mão robótica via sinais dos sensores e outros comandos impostos pela prótese.

Isto possibilitará no futuro, fase final do desenvolvimento, a possibilidade de utilizar os sinais elétricos de baixa potência transmitidos pelas terminações nervosas humanas, com a finalidade de controlar a prótese robótica.

A fase final deverá se estender até que o protótipo seja totalmente controlado por um ser humano, via suas terminações nervosas (sinais mioelétricos) por métodos tradicionais através de eletrodos não invasivos interligados ao microcontrolador.

Isto sem dúvida será um grande desafio, pois a equipe atual não possui um especialista em neurologia para ajudar no desenvolvimento do sistema de seleção e detecção de sinal mioelétrico. Entretanto, como ainda existe muito trabalho de pesquisa em engenharia, este estudo dos sinais mioelétricos humanos ainda poderá ser integrado ao projeto no futuro.

Agradecimentos

Aos técnicos da oficina mecânica da Univap, Sr. José Underkircher, Sr. Celso Erasmo de Oliveira e Sr. Laércio César de Oliveira, que através de suas vastas experiências profissionais auxiliaram muito no desenvolvimento e construção do primeiro protótipo.

Os autores agradecem também a Srta. Marcela de Souza Rodrigues Batista, pelos desenhos mecânicos das peças referentes ao primeiro protótipo da prótese robótica.

Referências

- KAPANDJI, A.I., (2000). *Fisiologia Articular (Membro Superior) Vol I 5ª Edição*, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- ENGELHARDT, A., et. al. (1971). *Experiences in developing a bioelectric arm prosthesis*, Biomed. Tech., v16(4): 130-133.
- CHAPPELL, P. H., KYBERD, P. J. (1991). *Prehensile control of a hand prosthesis by microcontroller*, Journal Biomed. Eng., v(13): 363-362.
- LAKE, C., MIGUELEZ, J.M. (2003). *Evolution of microprocessor based control systems in upper extremity prosthetics*, Technology and Disability v15: 63-71.
- LANDSBERGER, S., et. al. (1996). *Child prosthetic hand design: no small challenge*, WESCON/96, Anaheim, October 22-24.
- ZAHEDI, S. (1998). *The intelligent prosthesis – the first 6 years and the outlook for the future*, Othopadie Technik, v(12): 952-957.
- KYBERD, P.J., et. al. (2001). *The design of anthropomorphic prosthetic hands: A study of the Southampton Hand*, Robotica v19: 593-600.
- LIGHT, C.M., et. al. (2002). *Intelligent multifunction myoelectric control of hand prostheses*, Journal of Medical Engineering & Technology, v26(4): 139-146.
- CARROZZA, M.C., et. al. (2003). *The CyberHand: on the design of a cybernetic prosthetic hand intended to be interfaced to the peripheral nervous system*, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2003), Las Vegas, October 27-31.
- PAN, T.T., et. al. (2004). *Mechatronic Experiments Course Design: A Myoelectric Controlled Partial-Hand Prosthesis Project*, IEEE Transactions on Education, v47(3): 348-355.
- BARBOSA, L.F.W., et. al. (2006). *Projeto e Construção de uma Prótese Multifuncional Microcontrolada da Mão Humana*, CBEB 2006, XX Congresso Brasileiro de Eng. Biomédica, São Pedro, outubro 22-26.