

BIONICKÉ PROTÉZY

Author Name (Marek Firla)

Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology
Institute of Automation and Computer Science
Technicka 2896/2, Brno 616 69, Czech Republic
200793@vutbr.cz

Abstract: *Práce se zabývá stručným popisem historie protetiky, jejím rozdělením do skupin podle konstrukčního řešení a následně detailněji rozebere několik používaných či experimentálních řešení využívající poznatky z robotiky, automatizace a strojového učení.*

Keywords: *Aktivní protéza, protetiky, EMG, Utah Bionic Leg, Open bionics, Touch Bionics, Össur*

1 Úvod

Protetika je obor, který se vyznačuje jak náhradou defektu, tak i samotné funkce postižené části těl. Pasivní jednoduché protézy souzící především pro estetické účely byly postupně nahrazeny konstrukčně stále složitějšími a sofistikovanějšími zařízeními a systémy, umožňující pacientovi stále větší škálu aktivit i přes své postižení. Moderní systémy jsou pak nejčastěji založeny na elektrických servopohonech, které jsou ovládány procesorem s pokročilým softwarem.

2 Historie

Protézy lze dělit z hlediska konstrukce do dvou tříd, a to konkrétně do starších pasivních protéz a moderních aktivních protéz. Práce se zabývá především aktivními (řízenými) protézy avšak pro úplnost zde uvedu i krátkou definici pasivních protéz.

2.1 Pasivní protézy

Jedná se konstrukčně a technologicky nejjednodušší a historicky nejstarší typy protéz. Jsou to především kosmetické náhrady, které nemají pohyblivé části. Neumožňují tedy uživateli běžné aktivity jako je uchopování předmětů, ale plní pouze přidržovací funkci. Za příklady můžeme považovat některé jednoduché historické dřevěné náhrady, popřípadě novější plastové náhrady. (viz. Figure 1) I v dnešní době se lze s tímto druhem setkat především kvůli nižší ceně a vyšší odolnosti oproti jiným řešením. Tyto protézy nejsou řízené ani nikterak ovládané či automatizované. [1][2]

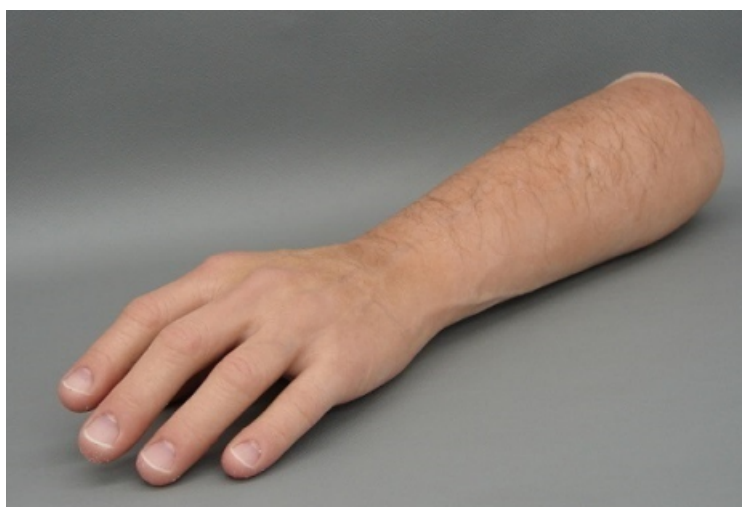


Figure 1: Kosmetická protéza [1]

2.2 Aktivní protézy

Druhým typem protéz, které již používají poznatky z robotiky, automatizace a strojového učení, jsou aktivní protézy. Jedná se současně o nejrozšířenější typ. Konstrukčně je skládají s pohyblivých částí, jenž dovolují uživateli základní pohyby. [2] U prvních aktivních protéz, taktéž se nazývají tahové, se stále používala síla vlastního těla, přenášena například pomocí systému táhel, to však umožňovalo pouze omezené množství pohybu a činností. Historickou tahovou protézu si můžeme prohlédnout na Figure 2.[1]



Figure 2: Terminální pomůcka tahové protézy od firmy Otto Bock [1]

Další již modernější a automatizované řešení je založeno na hydraulickém či pneumatickém přizpůsobení pevnosti kloubu. Protézy jsou vybaveny gyroskopickými a akcelerometrickými senzory a hydraulickým pohonem kloubu. Data ze senzoru jsou vyhodnocovány mikroprocesorem a díky hydraulickému pohonu toto umožňuje adaptivní úpravu pružnosti a tlumení což zlepšuje chůzi v terénu. Jedno z řešení od firmy BioDapt si můžeme prohlédnout na Figure 3. [3]



Figure 3: BioDapt protéza pro sportovní účely [9]

Díky technologickému pokroku v oblasti mikroprocesorů a řídicí techniky se postupem času vytvořila skupina externě napájených aktivních protéz. Toto řešení využívá baterie, které napájí nejčastěji jeden či více servopohonů které hýbají příslušnými mechanickými částmi. Samotné servopohony jsou pak řízeny mikroprocesorem s příslušným softwarem. Nejčastěji se pro ovládání uživatelem používá senzorů pro snímání EMG (Elektromyografický) signálů, tj. svalových bioelektrických signálů, které se poté zpracovávají mikroprocesorem a dochází k spouštění servopohonů a pohybu. Zjednodušené funkční schéma ze pak vidět na Figure 4. Tyto protézy se též nazývají myoelektrické protézy.[2]

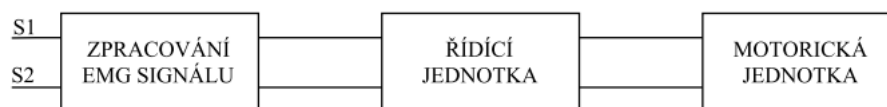


Figure 4: Zjednodušené blokové schéma protézy [1]

3 Současná řešení

V následující kapitole si popíšeme několik současných řešení, které spadají do kategorie externě napájených aktivních protéz.

3.1 Össur

Össur, dříve Touch Bionics, je islandská firma, která je považovaná za nejlepší firmu vyrábějící technologicky nepokročilejší protézy. Je to díky tomu, že každá pohyblivá část např. prst je poháněn vlastním servopohonem což poskytuje velikou škálu možností pohybů, jako je například úchop pouze palcem a ukazovákem. Díky této možnosti můžeme zvedat a přenášet drobné předměty jako například šachové figurky. Dále je možné separátně pohybovat i se zápěstím. Protéza také funguje na principu snímání EMG (myoelektrických signálů), pomocí speciálních senzorů, které jsou dále zpracovány pomocí mikroprocesoru, který řídí jednotlivé servopohony. Protéza disponuje také velmi rozšířenou podporu mobilních aplikací, kde si lze nastavit profily pro různá prostředí, sílu stisků a mnoho dalšího. Avšak tyto funkce se poté promítají do ceny a dostupnosti zařízení. Jedno z řešení, které firma nabízí, si můžeme prohlédnout na Figure 5. [4]



Figure 5: I-limb od firmy Össur, vyráběné velikosti [4]

3.2 Open bionics

Open Bionics je firma sídlící ve Velké Británii a nabízí jedinečné řešení na míru kompletně realizované pomocí 3D tisku plastu. Díky této metodě výroby došlo k znatelnému snížení hmotnosti a ceny finálního produktu. Taktéž je možné na míru upravovat libovolnou část zařízení jak po funkční, tak po designové stránce zařízení. Samotný systém je semi-aktivní, což znamená že je zde přítomen pouze jediný servopohon, který ovládá pouze stisk a uvolnění částí, které jsou na základě výběru uživatele odemknuté. Samotný výběr pohybu je řešen zámkovým systémem článků prstů. Díky tomuto řešení je zařízení méně náročné na výpočetní výkon a na energetickou náročnost, avšak uživatel je nucen se naučit ovládat zámkový mechanismus což prodlužuje čas adaptace. Celý projekt je open source a autoři detailně popisují postup výroby a implementaci zařízení. [2][5][6]



Figure 6: Open Bionics protéza, Star Wars design [10]

3.3 Utah Bionic Leg

Na univerzitě v Utahu se vyvíjí Utah Bionic Leg, která je jedinečná díky svému řídicímu adaptivnímu softwaru. Noha využívá speciálně navržené snímače síly a točivého momentu, stejně jako akcelerometry a gyroskopy, které pomáhají určit polohu nohy v prostoru. Tyto senzory jsou připojeny k procesoru, který interpretuje signály k určení zamýšlených pohybů uživatele. Na základě těchto dat v reálném čase pak procesor řídí servopohony, aby pomohl uživateli se zamýšlenou činností. Běžné robotické protézy obvykle používají předem naplánované pohyby nebo se používá strojové učení, které aktualizuje protézu pouze jednou za každý krok, avšak žádné dva kroky nejsou identické u biologických končetin díky změnám prostředí (změna stoupání, překážky atd.). K vyřešení tohoto problému vyvinul tým nový software, který neustále sleduje pohyb uživatele a 1000krát za sekundu a pomocí strojového učení aktualizuje trajektorii robotické nohy, aby replikovala chování biologické nohy za podobných podmínek. Tento prototyp je zatím pouze experimentální, avšak jej už vyzkoušelo několik desítek s pozitivními výsledky.[7][8]



Figure 7: Utah Bionic Leg [8]

4 Závěr

Tato seminární práce obsahuje obecné informace o historii a současném stavu protéz a zároveň obsahuje stručné informace o vybraných projektech, které spojují oblasti robotiky, automatizace a řízení s oblastí biomedicínského inženýrství. Každý z projektů pak přináší unikátní řešení problému. První z projektů od firmy Össur přináší nejsofistikovanější a nejpokročilejší řešení, to se však odráží i v ceně a dostupnosti pro širší okruhy lidí. Naopak projekt od Open bionics, který je řešen jako open source má právě za cíl co nejnižší cenu a největší dostupnost. Taktéž díky využití 3D tisku je možnost zařízení na míru upravovat podle funkčních nebo estetických požadavků. Poslední z projektů z univerzity v Utahu pak dle mého názoru má největší potenciál, jelikož samotné zařízení se učí, jak se má chovat v daných situacích a není pouze na uživateli, aby se ovládání zařízení zvládl. Tento přístup by se pak eventuálně mohl, dle mého názoru promítnout i do dalších odvětvích robotiky mimo biomedicínské použití.

References

- [1] VAŘEČKA, Martin. AKTIVNÍ PROTÉZA RUKY [online]. BRNO, 2016 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_race_soubor_verejne.php?file_id=126597.
- [2] BRÁZDIL, Štěpán. ŘÍZENÍ AKTIVNÍ PROTÉZY HORNÍ KONČETINY [online]. BRNO, 2020 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_race_soubor_verejne.php?file_id=207283.
- [3] BULVA, Ondřej. AKTIVNÍ PROTÉZA DOLNÍ KONČETINY [online]. BRNO, 2017 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_race_soubor_verejne.php?file_id=146926.
- [4] Össur [online]. ossur, 2022 [cit. 2022-03-06]. Dostupné z: <https://www.ossur.com/en-us/prosthetics/touch-solutions>
- [5] Heroarm [online]. Bristol : Openbionics, 2022 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://openbionics.com/hero-arm/>
- [6] KONTOUDIS, George P., Minas V. LIAROKAPIS, Open-source, anthropomorphic, underactuated robot hands with a selectively lockable differential mechanism : Towards affordable prostheses. 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems ISBN 978-1-4799-9994-1.
- [7] Utah bionic leg [online]. Salt Lake City : University of Utah, 2022 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://www.mech.utah.edu/utah-bionic-leg/>
- [8] Intuitive Lightweight Lower-Limb Prostheses [online]. Salt Lake City : University of Utah, 2022 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://www.mech.utah.edu/intuitive-lightweight-lower-limb-prostheses/>
- [9] Intuitive Lightweight Lower-Limb Prostheses [online]. Saint Cloud : BioDapt, 2022 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://www.biodaptinc.com/products/vf2hd.html>
- [10] Star Wars Bionichand. Wikimedia commons [online]. 2015 [cit. 2022-03-06]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:StarWarsBionichand.jpg>