

SOFT ROBOTIKA

Václav Pospíšil

Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické Brno
Ústav automatizace a informatiky
Technická 2896/2, Brno 616 69, Česká republika
193241@vutbr.cz

Abstrakt: Práce se zabývá základním poznáním Soft robotiky a následným popsáním již existujících typů měkkých robotů.

Klíčová slova: soft robotika, soft gripper, octo-bot, ant-roach, robotická ryba

1 Úvod

Biologie je již dlouho inspirací pro techniku a díky tomu se vyrábějí stále schopnější zařízení. Několik poznatků ze studia biologických systémů vyvrcholilo vytvořením nové třídy zařízení, které se označují jako měkké roboty. Z toho vyplývá i nové odvětví robotiky, Soft robotika. Soft robotika neboli měkká robotika je část robotiky, která se zabývá roboty tvořenými měkkými materiály. To jsou především vysoce pružné materiály, podobné těm, které se nacházejí v živých organismech. Vůbec první měkký robot byl vyvinut v roce 2011 na Harvardské univerzitě [7, 8].

Tradiční roboti s tuhým tělem se dnes hojně využívají ve výrobě a lze je naprogramovat tak, aby účinně plnili jeden úkol, ale často s omezenou přizpůsobivostí. Kvůli jejich stavbě z pevných článků a kloubů nejsou bezpečné pro interakci s lidmi. Běžně se v praxi oddělují lidské a robotické pracovní prostory, aby se zvýšila bezpečnost na pracovišti. Měkká robotika přináší příležitost překlenout propast mezi těmito prostory a sloučit je. Díky měkkým materiálům mohou tak roboti deformovat a absorbovat velkou část energie vznikající při srážce. Soft roboti mají potenciál vykazovat vysokou přizpůsobivost, citlivost a hbitost. Od soft robotů se slibuje [7, 8, 10]:

- pohyb se schopností s možností ohybu a krutu s vysokým zakřivením (využití ve stísněných prostorech)
- neustálá deformace těla robota k dosažení pohybu podobnému tomu biologickému
- přizpůsobení tvaru prostředí pomocí vyhovujícímu pohybu a při tom manipulovat s objekty nebo se pohybovat po nerovném terénu
- provádět rychlé a obratné manévry



Obr.1: Měkký robot

Klíčové při vytváření měkkých robotů je vytvořit spojení kontrolovatelných měkkých těl s využitím materiálů, které integrují senzory, aktuátory (akční členy) a výpočty, které umožňují tělu dosáhnout požadovaného chování. Klasické přístupy k řízení robota předpokládají tuhost ve struktuře, tudíž je potřeba nových algoritmů [10].

Tab.1: Porovnání základních charakteristik tuhého a měkkého robotu

	Tuhý	Měkký
DOF (stupně volnosti)	pár	nekonečně mnoho
Aktuátory	diskrétní	plynulé
Materiál	kov, plast	guma, elektroaktivní polymer
Napětí materiálu	žadné	velké
Přesnost	velmi vysoká	nízká
Nosnost	vysoká	nízká
Bezpečnost	nízká	vysoká
Obratnost	nízká	vysoká
Pracovní prostředí	pouze strukturované	strukturované i nestrukturované
Variabilita objektů	pevná velikost	variabilní velikost
Přizpůsobivost překážkám	žádná	vysoká
Ovladatelnost	lehká	náročná
Plánování cesty	lehké	náročné
Snímání polohy	lehké	náročné

2 Mechanismy měkkých robotů

V této kapitole bude podrobněji rozebráno ovládání, senzorika a zdroje energie měkkých robotů.

2.1 Ovládání

Existují dva základní způsoby ovládání soft robotů. V prvním případě v měkkých segmentech mohou být zabudovány šlachy s proměnnou délkou (ve formě napínacích kabelů nebo aktivátorů slitiny s tvarovou pamětí) k dosažení robotických ramen, např. u modelu chobotnice. Další běžný přístup používá pneumatické ovládání k nafouknutí kanálů v měkkém materiálu, které způsobí požadované deformace.

U pneumatických umělých svalů (PAM), známých také jako McKibben ovladače, se objevují jako vyhovující lineární měkké pohony elastomerové trubky ve vláknitých pouzdrech.

Fluidní elastomerové pohony (FEA) jsou novější typ vysoce rozšiřitelného a adaptibilního pohonu s nízkou spotřebou. Tyto pohony obsahují syntetické elastomerové filmy ovládané expanzí zalitých kanálů pod tlakem. Po natlakování si drží svou polohu s nízkou nebo žádnou spotřebou energie. Dají se ovládat pneumaticky nebo hydraulicky [9, 10].

2.2 Senzorika

V souladu s tvarem měkkých robotů je vyloučeno použití většiny tradičních senzorů, včetně kodérů, kovových nebo polovodičových tenzometrů a inerciálních měřících jednotek (IMU). Měkká, roztažitelná elektronika může umožňuje nové způsoby snímání. Základem proprioceptivních senzorů pro měkkého robota jsou obvykle buď bezkontaktní senzory, nebo elastomery v kombinaci s materiály v kapalně fázi.

K rozšíření aplikací měkké robotiky lze ke snímání signálů prostředí použít kompatibilní chemické a biologické senzory. Tyto senzory mohou být více kompatibilní s měkkými roboty než optické a zvukové rekordéry, které se obvykle používají v robotice [9, 10].

2.3 Zdroje energie

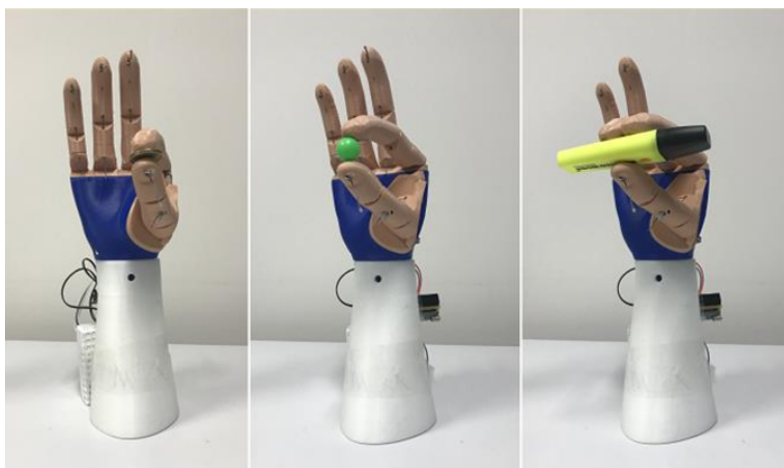
Velkým problémem měkkých robotů je skladování energie. Ta se dá uložit do baterií a kondenzátorů. Tyto součástky mohou být velice rozměrné a tím i problémové zařadit do měkké robotiky. Přesto se dají tyto součástky vyrobit i poměrně ohebné, ale jsou těžce dostupné. Kvůli ohybu mají součástky nízkou energetickou hustotu a nevydrží dodávat robotu potřebnou energii po dlouhou dobu [9, 10].

3 Využití Soft robotiky

Potenciál využití soft robotiky v praxi je opravdu vysoký. Soft robotika se stává řešením od lékařských technologií po skladování a distribuci.

Laboratoř Harvard Biodesign Lab pomocí měkké robotiky pomáhá pacientům se srdečním selháním vyvinutím stolního simulátoru srdce a zařízení pro přímou srdeční kompresi využívající měkké aktuátory.

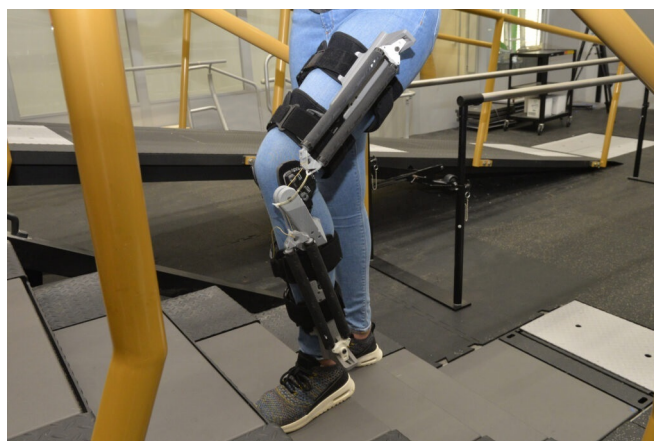
Ve skladu a distribuci bylo zvednutí balzámu na rty oproti čistícím prostředkům hádankou k vyřešení. Společnost Soft Robotics z Cambridge v Massachusetts staví chapadla a řídicí systémy pro úkoly typu pick and place [2].



Obr.2: Ukázka precizní uchycení různých předmětů

Mezi další příklady využití měkkých robotů patří [1]:

- **Robotické svaly** - je vyvíjeno několik typů měkkých robotů sloužících jako robotické svaly. Čerpají z origami a konstrukce může zvednout až tisíce násobek své vlastní hmotnosti. Délka je škálovatelná od milimetrů do metrů.
- **Horolezecké roboty** - možnost aplikace od inspekce a údržby terénu a budov až po pátrací a záchranné mise. Příklad použití robota se stavbou těla jako housenka, který umožňuje pohyb po velkých stavbách nahoru a dolů.
- **Poživatelné roboty** - tento typ robotů je biologicky odbouratelný a mohou například bezpečně dodávat léky do různých částí těla.
- **Nositelné roboty** - lze využívat u pacientů procházejících fyzickou rehabilitací. Robot napodobuje přirozený pohyb těla a pomáhá obnovit základní motorické funkce.
- **Protetické roboty** - využití k vytvoření protetiky chybějící končetiny. Například při nahrazení horní končetiny se používají na konci chapadla pro jemnější a přesnější uchopení předmětů.



Obr.3: Protetická noha

3.1 Soft Gripper

Použití Soft Gripperu je ideální pro potravinářský, nápojový, kosmetický a farmaceutický průmysl. Snadno a bezpečně zvládá manipulaci s předměty s širokým rozsahem velikostí a tvarů - včetně křehkých a jemných potravin. Nepotřebuje externí přívod stlačeného vzduchu a nevzniká tak prach ani hluk. Maximální užitečné zatížení je 2,2 kg, ale závisí na tvaru, měkkosti a tření předmětu, s nímž je manipulováno [3].

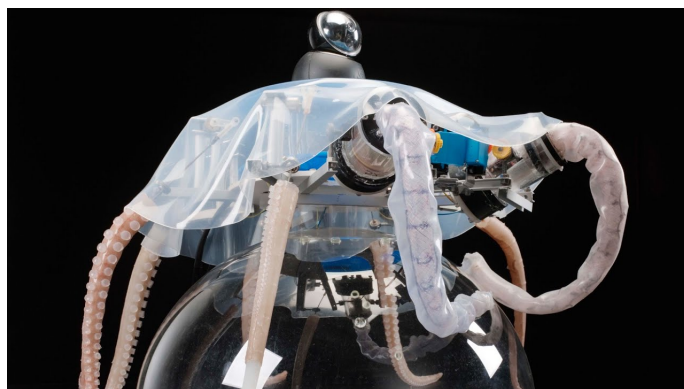


Obr.4: Soft Gripper

4 Druhy měkkých robotů

4.1 Octo-bot

Jedná se o první typ vodního robota, který se inspiroval v živočišné říši. Snaží se napodobit chobotnici a její pohyb pod vodou. Zvládá také flexibilní manipulaci s předměty. Tento robot je výtvozem BioRobotics Institute sídlícím v italské Pise. Octo-bot má 8 chapadel, které tvoří měkkou část robota, zbytek je kovový. Pohon robotu imituje chobotnici tím, že nasává okolní vodu a rychle ji vypouští, takže využívá primitivní reaktivní pohon v součinnosti s osmi chapadly, které šplhají po mořském dnu. Tato chapadla se dokáží ohnout v jakémkoliv směru, umí se obtočit kolem objektů a také je uchopit [11].



Obr.4: Octo-bot

4.2 Ant-roach

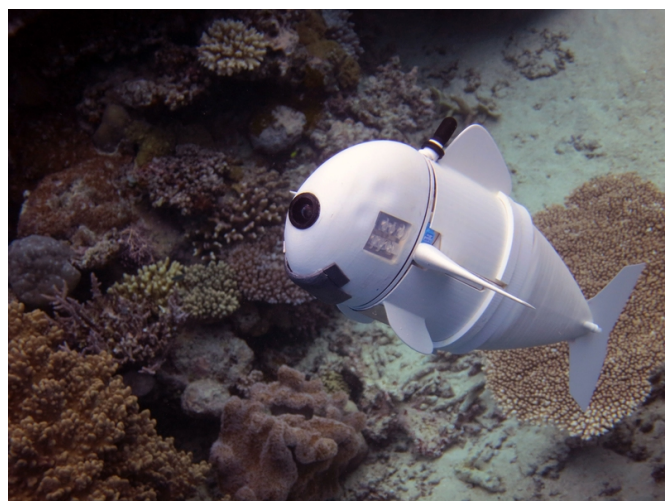
Měkký robot uvedený na Obr. 5 se nazývá Ant-roach, jedná se o spojení mravenečnicka se švábem (ant-eater a cockroach). Robot je kompletně nafukovací. Váží přibližně 30 kg, tudíž je lehce přenositelný. Zvládá unést váhu až 450 kg. K pohybu je používáno čtyřech ovladatelných pneumatických vaků, a díky připojení těchto vaků ke končetinám robotu je robot schopen postupným nafukováním a vypouštěním těchto vaků pohybovat, otáčet a plavat [4].



Obr.5: Ant-roach robot

4.3 Robotická ryba

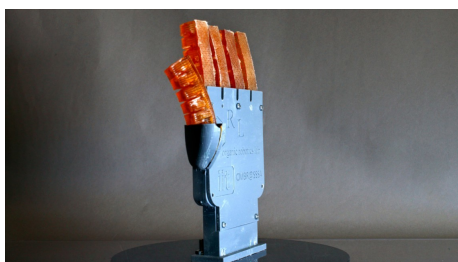
Detailní průzkum podmořského života potřebuje nové formy interakce s využitím tvorů, kteří jsou schopni rychlých plaveckých manévřů. Jsou vybaveny kamerami a ovládány člověkem. Tyto robotické ryby mohou plavat ve třech rozměrech. Díky miniaturizovanému modulu akustické komunikace může člověk vysílat příkazy ke změně rychlosti, úhlu natočení a vertikálního potápění. Dokáže se pohybovat v hloubkách až do 18 m. Měkkou část robotu tvoří ocas, který realisticky napodobuje zvlněný pohyb ryb [6].



Obr.6: Robotická ryba

4.4 Potící se robot

Aby zcela autonomní a výkonní roboti mohli pracovat po delší dobu samostatně, je nutné vyřešit jejich termoregulaci. Vědci z Cornellovy univerzity vytvořili měkký robotický sval, který se dokáže ochlazovat pocením. Samochladící robot je tvořen robotickou rukou s aktuátory ve tvaru prstů. Tyto prsty jsou složeny ze dvou materiálů, které dokážou zadržovat vodu a zároveň reagovat na teploty. Základní vrstva reaguje na teploty vyšší 30°C smrštěním, které vypudí vodu na horní vrstvu. Při snížení teploty pod 30°C se opět horní vrstva zatáhne. Vypařování vypuzené vody sníží povrchovou teplotu aktuátoru za půl minuty o 21°C. Tento chladicí proces je tak třikrát účinnější než u člověka. Doba ochlazování je zhruba šestkrát kratší než při chlazení větráky [5].



Obr.7: Robotická ruka s měkkými prsty

5 Závěr

Práce byla zaměřena na poznání světa soft robotiky. Objasnila základní mechanismy měkkých robotů a více přiblížila již vytvořené druhy měkkých robotů. Soft robotika má širokou škálu využití a její potenciál ještě není zdaleka vyčerpaný.

References

- [1] 5 innovative applications of soft robotics. *2018*, <https://www.robotics.org/blog-article.cfm/5-Innovative-Applications-of-Soft-Robotics/109>.
- [2] The many uses of soft and flexible robots. *2013*, <https://www.a3automate.org/many-uses-soft-flexible-robots/>.
- [3] Soft gripper. *2021*, <https://onrobot.com/cs/products/soft-gripper>.
- [4] ACKERMAN, E. Inflatable ant-roach robot is big enough to ride. *2011*, <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/diy/inflatable-antroach-robot-is-big-enough-to-ride>.
- [5] BÍLEK, P. Robot se dokáže sám potit, aby se nepřehřál. *2020*, <https://www.orobotice.cz/robot-se-dokaze-sam-potit-aby-se-neprehral/>.
- [6] DELPRETO, J., AND RUS, D. Exploration of underwater life with an acoustically controlled soft robotic fish. *2018*, <https://www.csail.mit.edu/research/sofi-soft-robotic-fish>.
- [7] FRAS, J., AND ALTHOEFER, K. Soft biomimetic prosthetic hand: Design, manufacturing and preliminary examination. In *2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (2018), IEEE, pp. 1–6.
- [8] IIDA, F., AND LASCHI, C. Soft robotics: Challenges and perspectives. *Procedia Computer Science* *7* (2011), 99–102.
- [9] RUS, D., AND TOLLEY, M. T. Design, fabrication and control of soft robots. *Nature* *521*, 7553 (2015), 467–475.
- [10] TRIVEDI, D., RAHN, C. D., KIER, W. M., AND WALKER, I. D. Soft robotics: Biological inspiration, state of the art, and future research. *Applied bionics and biomechanics* *5*, 3 (2008), 99–117.
- [11] VÍTEK, J. Robotí chobotnice se dokáže sama pohybovat ve vodě. *2016*, <https://www.svethardware.cz/roboti-chobotnice-se-dokaze-sama-pohybovat-ve-vode/42885>.