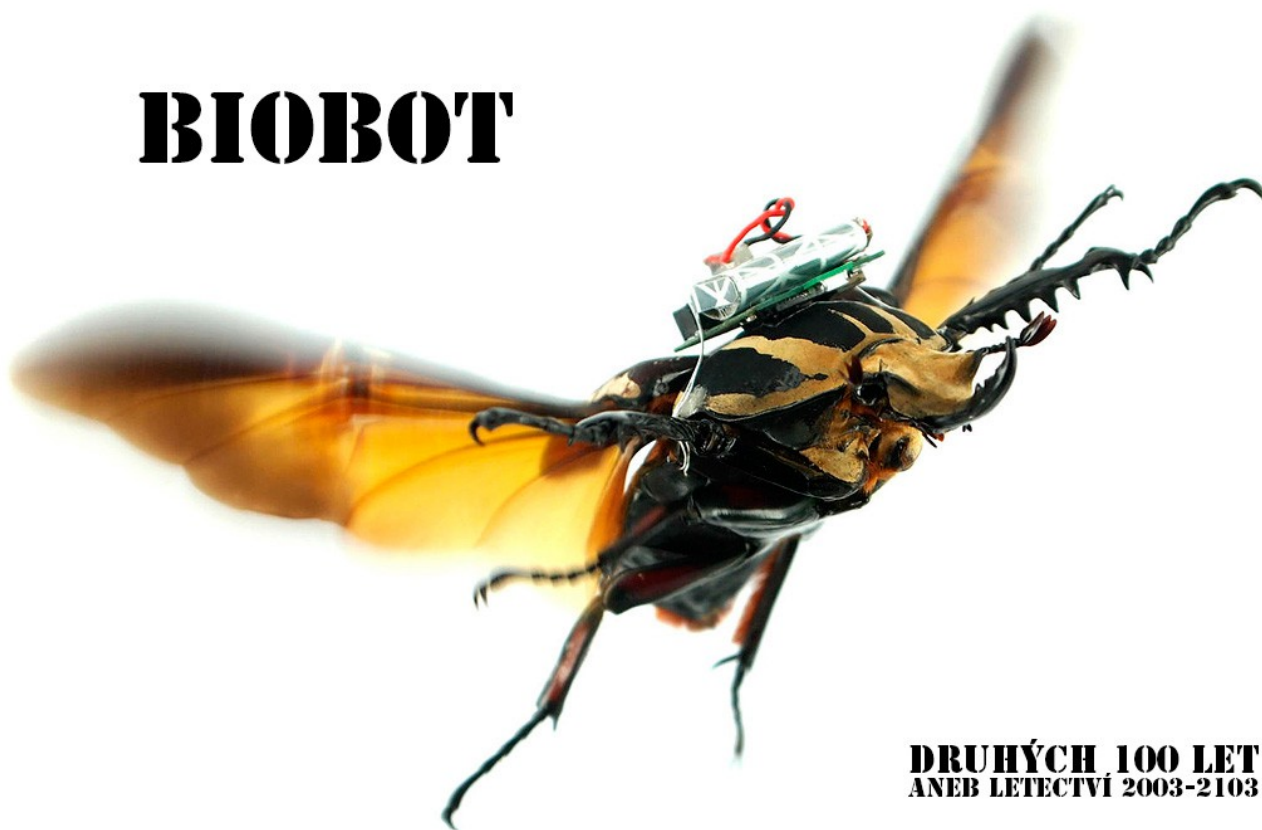


BIOBOT



**DRUHÝCH 100 LET
ANEB LETECTVÍ 2003-2103**

68. díl – Biobot aneb hmyz na dálkové ovládnání

Let hmyzu má v sobě určitou magičnost, protože se výrazně liší od letu všech ostatních živočichů. Záhadě fyzikální podstaty hmyzího letu a jejího aplikování na uměle zkonstruovaný robotický hmyz jsme se věnovali v jednom z prvních dílů (viz 8. díl). Snahy o vytvoření umělého hmyzu jsou ale navzdory pozornosti a financím do výzkumu vložených zatím stále v poměrně rané fázi, takže prakticky použitelný létající robotický brouk je nadále záležitostí budoucnosti. A protože létající prostředky velikosti hmyzu by mohly přinést velice užitečné aplikace, rozhodli se badatelé vyzkoušet i paralelní cestu. Vytvořili tak zařízení, jež dovoluje ovládat živý hmyz na dálku podobně jako rádiem řízený model letadla. Tímto propojením živé tkáně s elektronikou vznikl biobot.

S nápadem vytvořit hmyz propojený s elektronickými součástkami přišla v roce 2006 americká Agentura pro výzkum pokročilých obranných projektů (DARPA) v rámci programu HI-MEMS (Hybrid Insect Micro-Electro-Mechanical Systems, propojení hmyzu s malými elektromechanickými systémy). Cílem bylo propojit hmyz s takovým zařízením, aby následně dokázal uskutečnit let na vzdálenost sto metrů s přesností na pět metrů, a to buď ovládaný na dálku, anebo prostřednictvím autonomního letu za pomoci satelitní navigace. Základem výzkumu tak bylo vyvinout rozhraní mezi živou tkání a elektronikou, které by zprostředkovalo řízení hmyzu, což by poté vedlo k opravdovému člověkem ovládanému hmyzímu letu. Za perspektivní cestu se již od samotného začátku jevila aplikace elektroniky do zakukleného hmyzu. Hmyz totiž prochází během

vývoje značnými proměnami, od larvy přes kuklu až po dospělého jedince, přičemž především prostřední stádium se vyznačuje vysokým stupněm regenerace. Díky tomuto faktu se tělo v kukle po implantování elektrod prakticky zcela zahojí, takže se elektronika stane téměř přirozenou součástí brouka, což až tak neplatí v případě implantace do dospělého. Díky tomu se později pro hmyz s elektrodami v těle vžilo označení biobot, což je složenina slov BIOlogický roBOT.

Výzkumu se chopilo hned několik univerzit. Nejlépe si vedl tým složený z badatelů z Kalifornské univerzity v Berkeley a z Michiganské univerzity, který vedl Hirotaka Sato. Vůbec prvním problémem, který museli řešit, byla volba „nosného“ brouka. I když je dnešní elektronika skutečně miniaturní, z hlediska hmyzu se stále jedná o nezanedbatelnou zátěž. Takže byla potřeba brouk poměrně velký, jenž něco unese. Volba proto padla na brouky z čeledi vrubounovitých a podčeledi zlatohlávků. Nejprve na menší severoamerický *cotinus texana*, ten však nedokázal s elektronikou na zádech létat, proto jej vystřídali výrazně větší afričtí zlatohlávkové *mecynorhina polyphemus* a *mecynorhina torquata*. Samci těchto druhů dorůstají délky až 8 cm při hmotnosti od 5 do 10 gramů. Výzkumníci sestrojili „batůžek“, jenž se skládá z antény a přijímače rádiového signálu, prostřednictvím kterého posílá člověk hmyzu povely ke změně letu, dále z mikroprocesoru zpracovávajícího zasílané povely na signály přenášené skrze elektrody do hmyzího těla, a napájecího akumulátoru. Celková hmotnost tohoto zařízení činila 1331 mg, tedy 1,3 gramu. Je to sice úctyhodně malé číslo, ale vzhledem k malé hmotnosti brouků samotných bylo zatížení poznat. Zlatohlávci si s ním však dokázali poradit. Během letových testů uskutečňovali dálkově řízení brouci ve většině případů lety trvající 45 sekund, nejdelší let však trval 30 minut. Dosah dálkového řízení byl v místnosti kolem 10 metrů, v exteriéru se pohyboval od 20 do 50 metrů. V současnosti se Hirotaka Sato věnuje dálkově řízenému hmyzu na Nanyangské technické univerzitě v Singapuru.

Další ze zúčastněných institucí byla Corneliova univerzita ze státu New York. V tomto případě pracovali badatelé s lišajem *manduca sexta*. Důvodem byla především velikost larev a kukel, s nimiž se velice dobře pracuje a implantace elektrod je tak značně usnadněna. Byl to právě tento tým, který nejvíce přispěl poznatky ohledně nejvhodnější doby k zabudování elektroniky do těla hmyzu. Co se týče samotné elektroniky, „batůžek“ měl hmotnost pouhých 500 mg. Zajímavostí na tomto výzkumu bylo, že kromě ryze elektronického způsobu ovládní hmyzu zkoušeli badatelé i ovládní prostřednictvím chemického přenosu, kdy namísto stimulace svalů elektrickými vzruchy se do těla uvolňovaly chemické látky (neuropřenašeče), které dráždily danou oblast stejně jako elektrický potenciál. Řízení letu hmyzu každopádně u obou univerzitních výzkumných týmů fungovalo na stejném principu, kdy elektrody v těle stimulují většinou svaly ovládající křídla, přičemž když operátor chce, aby hmyz zatočil doleva, elektroda podráždí svaly na pravé straně těla, čímž toto křídlo zvětší rozsah (či intenzitu) kmitu a brouk zatočí doleva. Vyslat lze samozřejmě

i povel vedoucí k zastavení letu či opětovnému vzletnutí. Na Cornellovu univerzitu později navázala svým výzkumem Státní univerzita Severní Karolíny, jež pokusy s lišaji nadále rozvíjí.

Prozatím uskutečněné výzkumy naznačují, že i v tomto případě zůstává nejslabším článkem technika, neboť omezujícím faktorem biobotů není jejich biologická část, ale technologická. Především pak zdroje energie pro dlouhodobé napájení řídicí elektroniky. Nosnost hmyzu není ani zdaleka neomezená, přičemž akumulátory mají stále poměrně velkou hmotnost, takže doba fungování biobota je stále relativně krátká. Této skutečnosti si byla vědoma již v samotném začátku DARPA, jež jako jeden z dílčích cílů navrhla prozkoumat možnosti čerpání energie pro elektroniku přímo z hmyzího těla. Toto řešení se ale doposud nedočkalo nějakého uspokojivého výsledku. Ovšem v porovnání s hmyzem ryze robotickým, který je závislý na zdroji energie, k němuž musí být připojený kabelem i během letu, poskytuje už i současný dálkově řízený živý hmyz výrazně lepší vlastnosti. Rovněž samotný mechanismus ovládní hmyzu má daleko k dokonalosti, a to i navzdory tomu, že nervový systém těchto tvorů je relativně primitivní, což přispívá k porozumění jeho funkcím. Přesto se zatím nedaří převádět vysílané signály do nervové soustavy hmyzu natolik přesně, jak by si výzkumníci přáli, takže celkové řízení je poměrně hrubé.

Dálkově řízený hmyz, byť „pouze“ ten nelétající, se stal předmětem zájmu vzdělávací instituce Backyard Brains (volně přeložitelné jako neurověda na dvorku), za níž stojí skupina studentů Michiganské univerzity. Ti se snaží propagovat výzkum mozku a nervové soustavy mezi dětmi a mladými lidmi, k čemuž vyvinuli celou řadu relativně jednoduchých, ale dostatečně efektivních sad experimentů, které si může kdokoli zakoupit a doma provést. Mezi nimi se objevil i RoboRoach. Tedy dálkově řízený šváb. Konkrétně středoamerický disco šváb (*blaberus discoidalis*), který se hojně využívá jakožto krmivo pro plazy a pavouky chované v teráriích. Experimentální sada se skládá z řídicího počítače, který se švábovi přilepí na záda, a elektrod, které musí „mladý badatel“ umně dle návodu implantovat uspanému švábovi do zad a tykadel. Následně prostřednictvím aplikace v telefonu může řídit směr, kterým se brouk pohybuje. RoboRoach se stal okamžitým hitem na crowdfundingovém serveru Kickstarter, kde jej podpořilo téměř dvě stě lidí. Výuková sada ale nijak levná není, balení obsahující veškeré potřebné vybavení přijde na 160 dolarů (4 100 Kč). Samotný bařůžek s elektronikou lze zakoupit za cenu sto dolarů (2 500 Kč). Nejedná se sice o létající hmyz, ale pro případné zájemce jde o poučný vzdělávací vynález.

Vcelku nepřekvapivě vyvolal dálkově ovládaný hmyz s implantovanými elektrodami v těle pohoršení, znechucení a odmítnutí. A pokud snad lze přimhouřit oči nad využitím biobotů pro striktně vědeckovýzkumné účely, odsouzeníhodné je využití pro zábavu, jak se tomu dělo v případě RoboRoache. Na první pohled to skutečně působí jako nemístné týrání zvířat, ovšem ti stejní lidé, kteří vynášejí káravé soudy vůči badatelům pracujícím s robotickými brouky, se současně

neostýchají rozplácnout dotěrnou mouchu novinami či zavolat deratizátora, aby je zbavil otravných švábů či mravenců, kteří se jim uhníždili v domě. Nikdo se taktéž nevyjádřil k faktu, že titíž brouci jsou oblíbeným krmivem jiných zvířecích mazlíčků. Podobně se kritici nepozastavují nad každodenními genocidami páchanými na hmyzu dopravními prostředky. Takže výpady odpůrců působí poněkud pokrytecky.

Ve skutečnosti nejsou zděšená reakce a pohoršení ze strany veřejnosti způsobené tím, že se na hmyzu provádějí experimenty, ale tím, že se zasahuje do jejich „svobodné vůle“. Zděšení pramení z toho, že pokud se zasahuje do chování hmyzu tím způsobem, že živočich jen otrocky vykonává člověkem zadávané příkazy, pak jestliže je možné ovládat hmyz, alespoň principiálně by mělo jít ovládat i člověka. Jinak řečeno, obavy nevycházejí z nějaké přehnané péče o hmyz samotný, ale z čistě sobeckých důvodů. A těm výše popsané pokusy zavání orwellovským Velkým bratrem. Dle mého soudu je ale taková obava zbytečná. Vytvářet složitý a pracný technický nástroj k ovládnutí lidí je přehnaně komplikované. Jak několikrát názorně a barvitě předvedly dějiny, lidstvo lze mnohem snadněji ovládat prostřednictvím prostých ideologií. K manipulaci lidí není třeba složitý vynález, který je napřed nutné vpravit do mozku, když lze toho samého dosáhnout slovně (s případnou dopomocí fyzické síly).

Podobné vynálezy ale mají potenciál významně zlepšit životy tělesně postižených lidí. Dnes již běžnou lékařskou metodou je takzvaná hloubková mozková stimulace (deep brain stimulation), kdy se prostřednictvím elektrod zavedených do mozku pacienta daří odstraňovat příznaky Parkinsonovy choroby. Dlouhá desetiletí se pak využívá kochleární implantát, jehož zavedení dnes patří ke zcela rutinním lékařským zákrokům. Jedná se o protézu, která stimuluje nervy vnitřního ucha, čímž umožňuje hluchým lidem slyšet. Doposud jich bylo implantováno bezmála půl milionu. Existují i další neurostimulátory, ať už coby součást běžné medicínské praxe, tak nacházející se v nejrůznějších fázích vývoje. Rozhodně se jedná o velmi prospěšnou oblast vědy, která má šanci zlepšovat životy lidí s nejrůznějšími problémy.

Na závěr si neodpustím ještě zmínku o jednom mimořádně bizarním a zároveň fascinujícím propojení biologie a techniky, které se v minulosti v oblasti vojenství potažmo letectví objevilo. Totiž o holubem naváděné raketě. Nevšední nápad se zrodil v hlavě proslulého amerického psychologa a zastávce směru behaviorismu Burrhuse Frederica Skinnera. Ten v návaznosti na ještě slavnějšího ruského psychologa Ivana Petroviče Pavlova a jeho objev podmíněných reflexů přišel s takzvaným operantním podmiňováním. Jedná se o druh učení, kdy je žádoucí chování odměňováno, zatímco to nežádoucí trestáno. Ke svým poznatkům dospěl během experimentů se zvířaty, mimo jiné i s holubou (pomocí operantního podmiňování je naučil hrát i stolní tenis), kteří jsou obecně velmi inteligentními tvory. Toho si jsou ostatně chovatelé poštovních holubů více než

dobře vědomi. Jen tak mimochodem, ve dnech 27.–29. ledna 2017 se bude v Bruselu konat již 35. ročník olympiády poštovních holubů.

Během druhé světové války si pak Skinner uvědomil potenciál vycvičených holubů pro navádění raket. Protože se holubi vyznačují velice dobrým zrakem, rozhodl se je Skinner vycvičit coby „řídící počítače naváděných střel“. Princip spočíval v tom, že v hlavici rakety měl sedět holub, který by skrze trojici oken v přídi sledoval prostor před sebou. Dokud by raketa letěla přesně na cíl, například nepřátelskou loď, viděl by jej holub prostředním oknem a pouze sledoval další průběh. Jakmile by ale raketa začala uhýbat z kurzu, z pohledu holuba by se cíl objevil buď v levém nebo pravém okně, ten by do daného okna ihned začal klovat. Tam umístěné snímače by tyto impulzy okamžitě přenesly na ovládání řídicích ploch a ty výchylku napravily. V laboratorních podmínkách nápad fungoval výtečně. Do praxe se ale holubem naváděná střela nikdy nedostala, protože se vojenským velitelům celý nápad zdál tak trochu divný. Po krátké druhoválečné epizodě byl projekt sice znovu oživen na přelomu 40. a 50. let, ale jednalo se spíše jen o labutí píseň této koncepce, neboť se již naplno rozvíjela kybernetika a elektronické řídicí systémy.

Navzdory všem dosaženým pokrokům ve vědě a technice nadále existují oblasti, v nichž výrazně dominují živočichové. Není to příliš překvapující, uvážíme-li, že jejich schopnosti jsou výsledkem evolučních procesů trvajících stovky milionů let. Toho se pochopitelně člověk naučil využívat, takže v kontrastu s mnoha pozoruhodnými technickými vynálezy můžeme například vidět, že lidské osoby zavalené v sutinách zřícených staveb vyhledávají psi, eventuálně „neposedné“ multikoptéry loví draví ptáci (viz 65. díl). Přednostmi se vyznačuje i hmyz, což se rovněž odrazilo ve snahách využít jeho schopností, v tomto případě v podobě biobotů. Tento výzkum je teprve v plenkách, ale výhledově může přinést pozoruhodné výsledky. Jaké ale budou se teprve uvidí.

Kam dál?

Video dálkově řízených zlatohlávků: https://youtu.be/_i-1QdY2Zc

Dálkově řízený šváb RoboRoach: <https://backyardbrains.com/products/roboroach>

Díl věnovaný robotickému hmyzu: <http://airspotter.eu/Download/RoboHmyz.pdf>

Marek Vanžura

(Photo © Tat Thang Vo Doan)