

# Využití EEG a BFB pro návrh a realizaci rozhraní člověk-stroj

Tomáš Štula, Bohumil Horák

Katedra Měřicí a řídicí techniky, FEI, VŠB – Technická Univerzita Ostrava  
17. listopadu 15, 708 33, Ostrava-Poruba  
tomas.stula@vsb.cz, bohumil.horak@vsb.cz

**Abstrakt.** Vzruchy živých tkání lze snímat jako elektrické impulsy velmi nízkých potenciálů. Technologie poznání jejich artefaktů je dlouho využívaná v oblasti diagnostických metod v medicíně. Komerční nabídka produktů zaměřených na poznání stavu mysli, soustředění, učení se soustředění a jako pomůcky při nácviku chování a soustředění u vrozených dysfunkcí člověka navodila myšlenku aplikace těchto biomedicínských technik v oblasti techniky a specificky v oblasti tvorby rozhraní člověk-stroj. Tato myšlenka není nová, nicméně není dosud rozšířená jako standardní metoda ovládaní strojů a zařízení. Příspěvek si klade za cíl seznámit zájemce se současným stavem problematiky implementace přístupů BFB při tvorbě rozhraní člověk-stroj a popsat návrh jednoduché aplikace řízení a navádění do polohy laboratorního mobilního robota.

**Klíčová slova:** EEG, BioFeedBack, HMI (human-machine interface), mobilní prostředek

## 1 Úvod

Princip činnosti EEG a současně zařízení BFB je založen na snímání elektrických signálů z živých tkání elektrodami a po jejich zesílení a zpracování elektronickými obvody zobrazeny na monitoru. Vizualizovaný signál je porovnán s činností, kterou tkáň či jejich skupiny vykonávají a na základě těchto znalostí jsou pomocí zrakové zpětné vazby přenášeny zpět do pacienta. Na základě apriorních znalostí o spektrální reprezentaci mozkové aktivity lze provádět trénink mozkové aktivity a tím sebe samého učit být soustředěn. Průkazné výsledky přináší množství prací především u dětí, kde je teprve dozrávající Centrální nervová soustava značně flexibilní. Jako příklad lze uvést efekt metody u skupiny dětí s různými formami lehké mozkové dysfunkce (LMD). S mimořádným efektem byla tato technika aplikována pro terapii hyperaktivity, poruch pozornosti a specifických poruch učení. V technické oblasti, zaměříme-li se na myšlenku využití této techniky pro ovládaní strojů – obdobně jako je tomu např. při ovládaní zařízení hlasem či významem slov, je nutno se zaměřit na fundamentální filozofii řízení stroje nebo na skupinu artefaktů, jejichž nezaměnitelnost ve snímaném signálu by umožnila jednoznačný popis k následnému vykonání příslušné funkce stroje. Technika rozhraní člověk-stroj (HMI-Human machine interface) vychází z technologie BFB. Člověk se pomocí svého myšlení snaží ovládat chování určitého zařízení-stroje, v našem případě mobilního robota. Tedy pomocí vizuální zpětné vazby koordinuje pohyb robota jedl konstatní rychlostí –

jeď vyšší rychlostí. Podobně je tomu u klacického EEG Biofeedbacku s tím rozdílem, že se člověk snaží ovládat pomocí svého myšlení počítačovou hru na obrazovace monitoru.

## 2 Technika biofeedback

Technika biofeedback (tedy biologická zpětná vazba) byla poprvé použita v klinické praxi přibližně před dvaceti lety. Jedná se o nebolestivou, neinvazivní, hravou metodu, částečně terapii, částečně trénink a částečně sebeučení. Umožňuje člověku koordinovat mozkovou aktivitu na základě vizuální informační zpětné vazby. Mozková aktivita je reprezentována signály ve frekvenční oblasti. Činnost mozku lze popsat na základě existence signálů odpovídající výskytu v určitém frekvenční pásmu. Mozková aktivita se dělí do těchto základních kategorií:

1. **DELTA** – (0-4Hz) – amplituda 100 $\mu$ V
2. **THETA** – (4–8Hz) – amplituda 15 $\mu$ V
3. **ALFA** – (8–13Hz) – tlumí se otevřením očí a duševní činností. Amplituda 20-50 $\mu$ V, může být značně ovlivněna vůlí
4. **SIGMA** – (periodicky rytmus s kmitočtem kolem 14Hz) – amplituda 30 $\mu$ V
5. **BETA** – (13 – 30Hz) – rytmus typický pro soustředění na vnější podněty. Obvykle se netlumí pozorností či zrakovým vjemem, amplituda 30 $\mu$ V

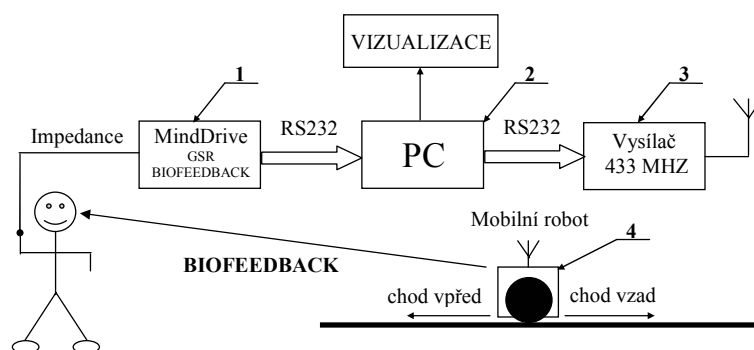
Metoda BioFeedBack stimuluje mozek ke generování mozkových potenciálů o dané frekvenci, charakteristické pro soustředění. Tento stav je narušen např. u poruchy pozornosti nadměrně zvýšenou aktivitou theta a relativně nízkou aktivitou beta. Terapeutický efekt metody spočívá v učení se být soustředěný a vnímavý tedy v udržení pozornosti co nejdéle dobu. Tento stav je důležitý pro čerpání nových informací a jejich následné zapamatování. Technika využívá seberegulující a sebeučící potenciál spontánní mozkové aktivity na základě učení operantním podmínováním (zpětnou vazbou). Terapie je prováděna formou hry - subjekt se zapojuje myšlením do činnosti a má za úkol hrát videohry, vizualizované na displeji. Aktivita mozku je snímána EEG zařizováním a na základě "úspěšnosti" herní aktivity je mozek zpětně informován formou odměny (hra se daří) nebo inhibice (hra se zastaví). Tím je mozek učen optimálnímu způsobu fungování.

## 3 Návrh

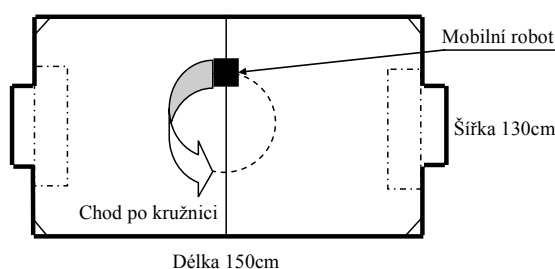
1. Zařizování pro snímání elektrického odporu pokožky MindDrive GSR-BFB
2. PC + aplikační software pro vizualizaci a analýzu signálu ze zařizování MindDrive
3. Bezdrátová komunikační linka pro přenos řídicích povelů k mobilnímu robotu
4. Mobilní robot

Laboratorní úloha se skládá z počítače PC na jehož rozhraní je připojen snímač BFB. Současně je na rozhraní PC připojen vysílač povelů mobilního robotu. Mobilní robot

je napájen akumulátory a umožňuje volný pohyb po hrací ploše omezené mantinely (Obr. 2). Programové vybavení rozlišuje stavy, kdy je na snímač BFB připojen člověk, aby bylo zabráněno kolizním situacím při pohybu mobilního robota bez obsluhy. V případě, že je ke snímači BFB připojen člověk, jsou snímány signály a po jejich zpracování v počítači je dán vysílačem povel mobilnímu robotu ke změně pohybu.



**Obr. 1.** Základní blokové schéma návrhu řešení.

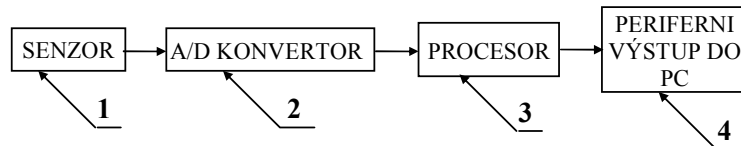


**Obr. 2.** Hrací plocha s vyznačení pohybu mobilního robota.

Předpokládáme, že je člověk v normálním stavu – nesoustředěný. Mobilní robot se pohybuje po kružnici konstantní rychlostí. Pomocí vizuálního kontaktu a vizuální zpětné vazby se snažíme mobilní prostředek přinutit změnit rychlost pohybu po kružnici. V aplikačním programu se nastaví, jakou mozkovou aktivitu (rytmus) reprezentovanou změnou impedance kůže chceme detekovat, či-li trénovat. Robot zrychlí pohyb po kružnici v okamžiku, kdy jeho mozek začne generovat tento rytmus. Naopak, dojde-li k zániku tohoto rytmu, mobilní prostředek zpomalí na původní rychlost. Tímto způsobem může člověk koordinovat svou mozkovou aktivitu na základě vizuální informační zpětné vazby tak, aby byl soustředěný.

### 1. Popis přístroje biofeedback – MindDrive

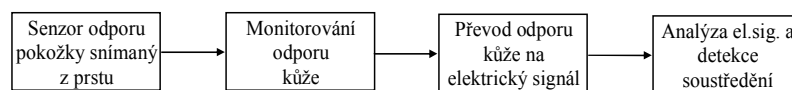
Tento přístroj je založen na metodě GSR. Tedy na metodě, která využívá změny odporu pokožky v závislosti na aktivitě mozku. Blokové schéma MindDrivu je na Obr.1. U jednotlivých blokových schémat jsou znázorněny vstupní a výstupní kroky čísly. Popis důležitých kroků je popsán v následujícím textu.



**Obr. 3.** Základní blokové schéma MindDrivu.

Popis jednotlivých částí blokového schématu MindDrivu :

1. Blok označený jako senzor slouží ke snímání změn odporu pokožky. Připevňuje se na prostředníček nebo ukazováček nedominantní ruky.
2. Blok A/D konvertor slouží ke konverzi analogového signálu na datový tok. Konkrétní A/D konvertor je v MindDrivu použit DAQi250.
3. Procesor je hlavní část MindDrivu. Z přijatých signálů vybírá ty, které jsou známkou soustředění - tedy vybírá užitečný signál.
4. Periferní výstup do PC se provádí přes sériové rozhraní RS 232.



**Obr. 4.** Blokové schéma ilustrující metodu snímání a analýzu signálu.

## 2.Konfigurace PC a operačního systému

PC Intel Pentium 4 – 1.7GHz, 512MB RAM, 80GB HDD, grafická karta ATI Radeon 7500. Použitý operační systém na platformě WIN32-Windows XP. Aplikační program vytvořen v programovacím prostředí Microsoft visual C++ 6.0.

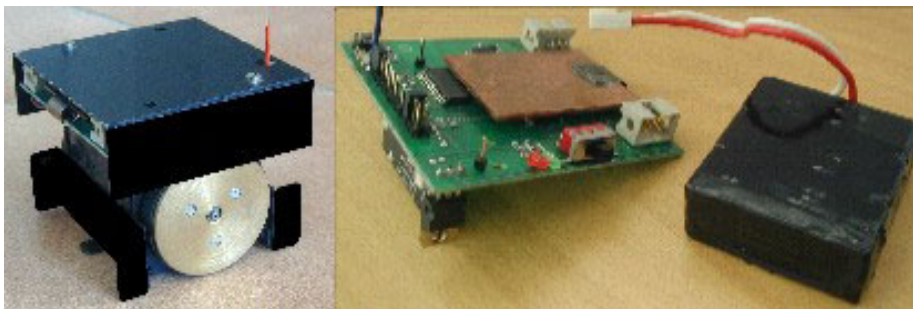
## 3.Bezdrátová komunikační linka

Pro jednosměrný přenos řídicích povelů k mobilnímu robotu je použito bezdrátového vysílacího a přijímacího modulu Radiometrix TX2 a RX2. Komunikace probíhá na homologovaném kmitočtu 433MHz, jež je v Evropě vyhrazen pro přenos telemetrických přenosů. Moduly TX2 a RX2 tvoří pár vysílač a přijímač pro jednoduchou implementaci datového spojení v pásmu UHF do rychlosti 40kbit/s na vzdálenosti 75 metrů v budovách a 300 metrů v otevřeném prostoru. Dosah modulů závisí na druhu použité antény. Dostačující variantou se jeví použití drátového dipólu celkové délky 16 cm tedy 1/4 vlnové délky na frekvenci 433MHz. Moduly jsou vyrobeny na miniaturním plošném spoji.

## 4.Mobilní robot

Robot je široký 75mm, vysoký 75mm a dlouhý 75mm. Je poháněn dvěma stejnosměrnými mikromotory Faulhaber SR 2224R006 o výkonu 4,05 W (8000ot./min. – max.otáčky) s integrovaným magnetický snímač otáček s rozlišením 512 impulzů/otáčku. Otačivý pohyb motoru je přenášen přes jednotlivé převodové ústrojí na dvě postranní kolečka o průměru 47mm. Mobilní prostředek je napájen z baterie sestávající se z 9 NiMH pryzmatických článků o celkovem napětí 10.8V a kapacitě 880mAh. Robot dosahuje maximální rychlosti 2,5 m/s s maximální akcelerace 5 m/s<sup>2</sup>. Elektronická část robota je tvořena základní deskou (Obr. 5). Ta je osazena řídicím mikrokontrolerem PIC16F876-20/SU v provedení SMD. Jedná se 8bitovou architekturu pracující rychlostí 20MHz-5mips. Kontroler disponuje 8KB

flash paměti a 256byte RAM. Mikrokontroler lze programovat pomocí programátoru mimo i v aplikaci. Pro regulaci otáček je použito PID regulátoru v integrovaném provedení LM629-SMD. Tento regulátor je opatřen speciálním vstupem, na který lze připojit snímač otáček přímo z mikromotoru. Vzorkovací frekvence PID regulátoru je 1ms. Celá elektronická řídicí část robotu pracuje v TTL logice. Výkonové buzení motorů obstarává budič L298-SMD. Motory jsou buzeny PWM signálem. Základní firmware tvoří aplikační program pro příjem řídicích povelů z PC, dále pro regulaci otáček hnaných koleček a pro výkonové buzení stejnosměrných mikromotorů.



Obr. 5. Mobilní robot.

#### 4 Závěr

V laboratoři byl sestaven řídicí počítač s bezdrátovou komunikační linkou pro ovládání pohybových funkcí malého laboratorního mobilního robotu. Mobilní robot s dvoukolovým poháněným podvozkem a opěrnými ploškami je napájen akumulátorem, což mu umožňuje úplnou pohybovou volnost po ploše ohraničené mantinely. Snímací zařízení BFB je k počítači připojeno k rozhraní RS232 a reaguje na stavy změny vodivosti pokožky. V současnosti je odladěno programové vybavení nadstavby ovládání pohybů robotu a přenosu dat k robotu. Je vytvořen firmware robotu. Je připravováno programové vybavení, které umožní demonstrovat základní principy ovládání pohybu robotu technikou BFB. Tento soubor programů by měl umožňovat nejen podporu spolupráce zařízení BFB s PC a robotem, ale také umožňovat snímané signály archivovat, umožňovat jejich automatizovanou analýzu na artefakty a k nim zpárované parciální pohyby robotu.

#### Literatura

1. Chmelař, M.: Lékařská přístrojová technika I., fakulta elektrotechniky a informatiky VUT, Brno 1995
2. Svatoš, J. : Biologické signály I, ediční středisko ČVUT, Praha 1995

3. Svárovský, J.: Využití metod Bio-Feed-Back pro ovládnání laboratorního robotu, diplomová práce VŠB-TU Ostrava, 2001
4. Biofeedback institut, Asociace pro aplikovanou psychofyziologii a biofeedback ČR, <http://www.eegbiofeedback.cz>
5. Šelong, D.: Měření polohy a navádění do polohy laboratorního robotu. Diplomová práce, VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 2001

## Publikace

1. Bernatík, R., Horák, B., Srovnal, V., Štula, T.: Mobile Robots Control Using of Multi-agent Technology, Agent days 2002, Belfort, France, 2002
2. Horák, B., Bernatík, R., Štula, T.: Transformation of image coordinates by using of adaptive mesh, FIRA Robot World Congress 2003, Vienna, Austria, 2003
3. Štula, T., Penhaker, M., Ožana, Š., Bernatík, R.: Využití MATLABu ve výuce Signálů a Soustav a v biomedicínckém inženýrství na Katedře měřicí a řídicí techniky na VŠB - TU Ostrava. Sborník příspěvků 10. ročníku konference MATLAB 2002, Praha, 2002, vol. II, 419-425, HUMUSOFT s.r.o., ISBN 80-7080-500-5
4. Štula, T., Penhaker, M.: Vyhodnocení variability srdečního rytmu ze záznamu EKG. Sborník, Ostrava, příloha časopisu úrazová chirurgie č.3, ročník 10, Traumatologické centrum FNŠP Ostrava, 2002, 99-100, ISSN 1211-7050
5. Štula, T., Penhaker, M.: EVALUATION OF HEART RATE VARIABILITY FROM ECG SIGNAL, Programmable devices and systems – PDS 2003, Ostrava, 2002, vol. I a II, str. 419-425, HUMUSOFT s.r.o., ISBN 80-7080-500-5
6. Štula, T., Horák, B.: Využití EEG a BFB pro návrh a realizaci rozhraní člověk-stroj, Měřicí a řídicí technika v biomedicině 2003, Rožnov pod Radhoštěm, 2003, ISBN 80-248-0432-8

**Řešené granty:** FRVŠ 1734-G1-a/2003: Využití metod EEG a BFB pro návrh a realizaci rozhraní člověk-stroj.

### Annotation:

It's possible to sense a live tissue shock as a very low voltage electrical impulse. Understanding technology of their artefact is a long time used in the diagnostic method area in medicine. Commercial products offer fixate to knowledge state of mind, concentrations, learning of concentrations and such as instrument for training behaviour and concentrations into small children an adults congenital dysfunction evoked the idea to application these biomedical techniques in the human-machine interface developing area. This idea isn't new, nevertheless till this time it isn't extended like a standard method for machine and equipment controlling. Target of this report should be inform interested person about state of present problems with implementation BFB access at human-machine interface creation. It should be also describe a simple design application - controlling end navigation a laboratory mobile robot to position.