

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA POČÍTAČŮ



Lenka Houdková

**Tvorba zpětnovazebních her pro realizaci
neurofeedback terapie**

(Development of PC-Games for Neurofeedback
Therapy)

Bakalářská práce

Praha 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně, a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne

.....

Podpis

Anotace

V této práci se zabývám tvorbou her pro systém neurofeedbackové terapie, který vyvíjí skupina Biodat na fakultě elektrotechnické, ČVUT. V úvodu jsou popsány části a některé vlastnosti lidského mozku, způsoby měření pomocí elektroencefalografu, metody analýzy výsledných signálů a také proces a idea neurofeedbackové terapie. V další části popíšu již vyvinutý systém pro terapii a rozhraní pro vývoj her. Dále budu vysvětlovat návrh a implementaci jednotlivých her. První dvě hry jsou zaměřené hudebně s doplňující grafickou vizualizací. Poslední hra využívá robotickou kouli Sphero. Všechny hry jsou programovány, tak jako celý systém, v programovacím jazyce Java. Dále je popsáno testování her s vyhodnocením výsledků. Na závěr je vše shrnuto a jsou zmíněny klady i nedostatky jak her, tak celého systému.

Klíčová slova: neurofeedback, biofeedback, EEG, elektroencefalogram, elektroencefalograf, neuron, operativní podmiňování, Emotiv EPOC, Sphero, Biodat, Java, Swing, MP3SPI, VorbisSPI.

Annotation

This work deals with the creation of games for the system neurofeedback therapy, which develops Biodat group at the Faculty of Electrical Engineering. The introduction describes the components and characteristics of the human brain, methods of measurement with electroencephalograph, methods of analysis of the resulting signals. It also describes process and idea of neurofeedback therapy. In the following section there is described the system for therapy and interfaces for game which are already developed. Next, I will explain the design and implementation of individual games. The first two games are musically oriented with additional graphical visualization. Last game uses Sphero which is the robotic ball. All games are programmed in the Java programming language like the entire system. Further is described the testing of games with the results evaluation. In conclusion, everything is summed up and are mentioned strengths and weaknesses of games and the whole system.

Keywords: neurofeedback, biofeedback, EEG, electroencephalogram, electroencephalograph, neuron, operant conditioning, Emotiv EPOC, Sphero, Biodat, Java, Swing, MP3SPI, VorbisSPI.

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Radimu Bělobrádkovi a celému týmu, který stojí za vývojem systému. Díky jejich radám a konzultacím mohla vzniknout tato práce.

Obsah

Úvod	13
1 Oblast působení	14
1.1 Mozek	14
1.2 Elektroencefalogram	15
1.2.1 Historie	16
1.2.2 Měření	17
1.2.1 Analýza	19
1.3 Biofeedback	20
1.4 Neurofeedback	20
2 Software a implementace	23
2.1 Systém neurofeedbackové terapie	23
2.1.1 Software	23
2.1.2 Herní rozhraní	24
2.1.3 Hardware	26
2.2 Smiley song game	27
2.2.1 Návrh	27
2.2.2 Implementace	28
2.3 Band game	31
2.3.1 Návrh	31
2.3.2 Implementace	32
2.4 Sphero simple game	35
2.4.1 Návrh	35
2.4.2 Implementace	35
3 Testování	37
3.1 Výsledky	37

3.1.1	Smiley song game	37
3.1.2	Band game	38
3.1.3	Sphero simple game.....	38
Závěr		40
Budoucí směr.....		41
Použitá literatura.....		42
Seznam příloh.....		43
Příloha A – Popis použitých knihoven		44
AWT.....		44
Swing.....		45
MP3SPI		46
VorbisSPI.....		47
Příloha B – Uživatelský návod.....		48
Smiley song game		48
Band game		54
Sphero simple game.....		60
Příloha C – Příloha na CD.....		62
Obsah CD.....		62

Úvod

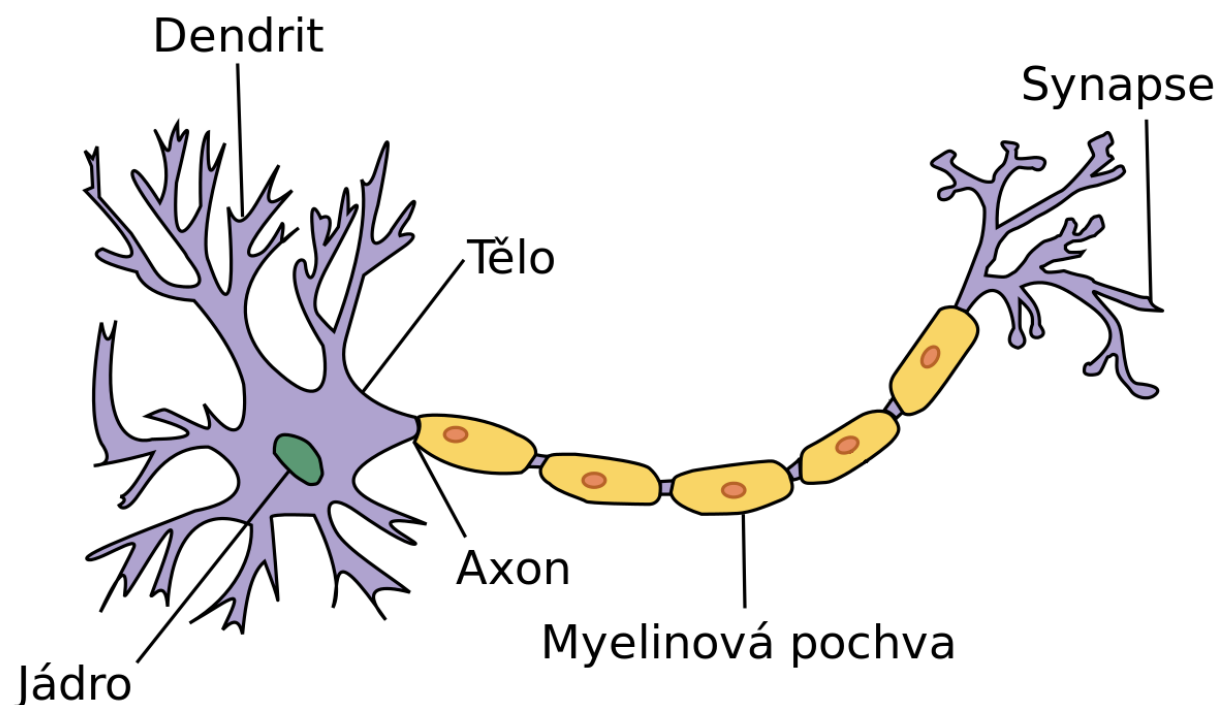
V současné době trpí ADHD neboli poruchou pozornosti a hyperaktivitou zhruba 7% dětské populace a až v polovině případů přetrvává do dospělosti. Porucha častěji postihuje chlapce. Významným rizikovým faktorem pro ADHD je dědičnost. Pokud trpí rodič touto poruchou, tak je více než padesátiprocentní pravděpodobnost, že bude touto poruchou trpět i dítě. Původ problémů může být i jinde, například v kouření a požívání alkoholu během těhotenství. Projevy lze potlačovat různými léky, ale jejich dlouhodobé účinky nejsou vědecky prokázány. Často mívají také vedlejší účinky. Alternativou, popřípadě doplňkem k medikaci, jsou EEG biofeedback terapie. Jedná se o metodu, kdy je měřena mozková aktivita postiženého a obvykle atraktivním způsobem zobrazena. Pacient je díky této zpětné vazbě schopen částečně data ovlivňovat a může se tak naučit například lepšímu soustředění. Protože uživateli takového systému jsou často děti, je třeba, aby byl systém vybaven širokou škálou her. Potom může být vybrána taková, která vyhovuje preferencím uživatele. Během sezení se obvykle vystřídá i více her tak, aby se dítě nezačalo nudit. Práce s dětmi trpícími ADHD může být často velice náročná, neboť mají tendenci být neklidné a velice rychle se při monotónní činnosti začínají nudit. Proto je při terapii důležitý individuální přístup a upravení průběhu sezení tak, aby vyhovovalo pacientovi.

Cílem této práce je navrhnout a implementovat tři vhodné hry pro neurofeedbackovou terapii. Při práci bude brán ohled na věk cílové skupiny, kterou jsou nejčastěji děti ve věku zhruba 8 – 12 let. Dvě hry budou orientovány hudebně, neboť zvukové vjemy mohou mít vliv na jiné oblasti mozku, než například podněty vizuální.

1 Oblast působení

1.1 Mozek

Mozek se skládá ze dvou stavebních částí. Mozkové buňky se nazývají neurony (viz Obrázek 1) a jejich podpůrné buňky se nazývají gliové buňky. Ty mohou mít různé funkce. Mohou například zajišťovat ochranu neuronu, jeho výživu nebo ho zbavovat škodlivých látek. Gliové buňky svým počtem mnohonásobně převyšují počet mozkových buněk. Neuron se skládá z těla (soma) a výběžků - axonu a dendritů. Tělo je v porovnání s ostatními částmi velké. Jeho velikost se pohybuje mezi 6 a 100 μm . Obsahuje obdobné orgány jako ostatní buňky. Liší se tvarem a schopností vytvářet a vést nervové impulzy. Dendrity jsou krátké výběžky, které se směrem od těla rozvětvují. Jedná se o dostředivá vlákna. Přijímají signály z ostatních buněk a vedou je do těla. Každý neuron má pouze jeden axon. Ten může mít délku i více než 1 m a může se větvit k mnoha dalším buňkám. Jedná se o odstředivý výběžek a obvykle je obalen myelinovou pochvou, která je složena z gliových buněk a chrání axon před vnějším poškozením. [4]



Obrázek 1: Neuron (zdroj: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/Neuron>)

Většina neuronů je multipolární. To znamená, že mají jeden axon a několik dendritů. Mají tedy hvězdovitý tvar. Více dendritů umožňuje komunikaci s větším počtem okolních buněk. Kromě multipolárních obsahuje mozek také bipolární neurony s jedním axonem a jedním dendritem a unipolární neurony, které mají pouze axon. Dendrity takovýchto buněk jsou přeměněny například na čichové buňky nebo čípky a tyčinky sítnice oka. Protože nekomunikují s ostatními mozkovými buňkami, nenazývají se takto přeměněné výběžky dendrity. Posledním druhem jsou pseudounipolární neurony. Jejich axon a dendrit v blízkosti těla splývají a po nějaké době se opět rozdělují. [1], [4]

Neurony mezi sebou komunikují posíláním elektrochemických signálů. Na konci dendritů jsou stejně jako na koncích axonů synapse. Ty jsou schopné vlivem vzruchu z těla neuronu uvolnit do synaptické štěrbině (prostor mezi dendritem a axonem) specifické látky – mediátory. Ty překonají prostor mezi axonem a dendritem a vážou se na presynaptickou membránu dendritu. Tam dojde k řadě chemických změn, jejichž důsledkem je otevření iontových kanálků. Ionty pronikají buď dovnitř buňky anebo ven. Na membráně tak vzniká excitační nebo inhibiční potenciál, který přispívá k vytvoření nebo utlumení akčního potenciálu. Vzniklý akční potenciál se poté šíří dendritem k tělu buňky. [1], [4]

Lidský mozek jako celek lze rozdělit podle funkcí na šest částí. Nejstarší částí je prodloužená mícha, která je společně se středním mozkiem sídlem nepodmíněných reflexů. Další částí je mozeček, který se stará o udržování rovnováhy. Mozeček spojuje s okolními částmi Varolův most neboli Pons Varoli. Poslední, evolučně nejmladší částí je koncový mozek. U člověka a savců obecně je koncový mozek zvlášť vyvinutý. Je rozdělen na hemisféry. Každá hemisféra má čtyři laloky, které se nazývají podle lebečních kostí, pod kterými zhruba leží: čelní, temenní, spánkový a týlní. [4]

1.2 Elektroencefalogram

Elektroencefalogram je záznam mozkových vln. Jedná se o časovou změnu elektrického potenciálu vzniklých v těle neuronů, měřených obvykle na povrchu hlavy. Zaznamenává se pomocí elektroencefalografu.

1.2.1 Historie

Za počátek zkoumání EEG lze považovat rok 1848, kdy německý lékař a fyziolog Emil du Bois-Reymond popsal přítomnost akčního potenciálu. Jedná se o rychlé zvýšení a následné snížení potenciálu u některých druhů živočišných buněk. Tato změna se následně šíří jedním směrem. Akční potenciál se vyskytuje například u mozkových nebo svalových buněk. Další významný pokrok v této oblasti učinil britský vědec Richard Caton, který v roce 1875 napsal článek o tom, jak pomocí galvanometru změřil elektrické impulzy na povrchu mozku u zvířat. Na jeho práce navázal německý neurolog Hans Berger, který roku 1924 vynalezl elektroencefalograf pro měření mozkových vln. Pomocí tohoto přístroje jako první zaznamenal mozkovou aktivitu člověka a nazval ji elektroencefalogram. Během svého výzkumu popsal různé vlny nacházející se v mozkové aktivitě jako například alfa vlny.

Ve 30. a 40. letech 20. století roste zájem o EEG mezi psychiatry a neurovědci. Jeho zkoumáním se zabýval například Frederic A. Gibbs, Donald B. Lindsley, William Grey Walter a další. Berger i jeho pokračovatelé používali k měření mozkové aktivity nejčastěji stříbrné elektrody, které byly zprvu umístěny pod kůži na hlavě, později připevněny k pokožce hlavy gumovou páskou. EEG začíná být považováno za nejlepší nástroj pro zjištění některých mozkových poruch jako například epilepsie. V této době v USA začal Albert Grass vyrábět první komerční přístroje, které pomocí inkoustu zaznamenávaly signál na papírovou roli.

Během druhé světové války výzkum a vývoj částečně ustal. EEG našlo využití při neurologických a psychologických studiích spojených s úrazy hlavy. Dr. Reginald Bickford sestrojil přenosné EEG, které bylo využíváno při leteckých haváriích.

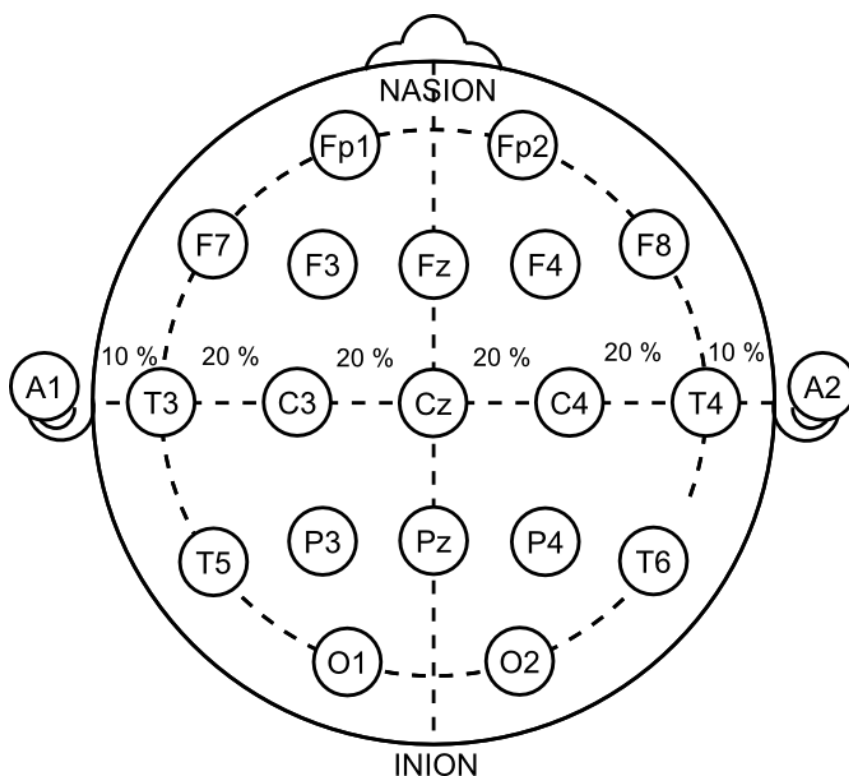
S příchodem počítačů v 60. a 70. letech se zvyšuje přesnost a dostupnost měření EEG. Na rozdíl od lidského oka jsou počítače schopny přesněji a rychleji zpracovávat naměřená data. Ross Adday propagoval kvantitativní EEG (qEEG). Jedná se o využití počítače k analýze EEG a získání mnoha dat a určení vzorů, které se rozdělují jako normální a abnormální. Počítač může v reálném čase provádět Fourierovu transformaci a zjišťovat tak spektrální obsah signálu. V této době vznikají specializované laboratoře například na měření spánkového EEG. I v současné době je otázka vývoje ohledně EEG stále živá a společnosti, které zařízení vyvíjejí, se snaží přidávat různá vylepšení, aby se odlišili od ostatních. [1], [2]

1.2.2 Měření

Elektroencefalografie je obvykle povrchová neinvazivní metoda měření EEG. Během EEG snímáme změnu elektrického potenciálu neuronu. Kvůli velikosti neuronu, nejsme schopni měřit aktivitu jednotlivých neuronů. Místo toho snímáme sdruženou aktivitu několika tisíc až několika milionů neuronů. Dalším problémem je, že mozek je obklopen mozkomíšním mokem, který složí jako vodič a komplikuje nahraný signál. Celou situaci komplikuje také fakt, že měřící elektrody přijímají signál z více zdrojů. Kromě mozkové aktivity, snímá elektroda také svalovou aktivitu, srdeční aktivitu a další, které jsou v signálu nežádoucí. [1], [5]

Jak bylo již zmíněno, pro měření se používají elektrody. Mohou být povrchové, podpovrchové nebo mikroelektrody. Poslední zmíněné se používají pro měření potenciálu jednotlivých neuronů. Podpovrchové elektrody se buď implementují pod lebku nebo jsou podkožní. Povrchové elektrody jsou suché nebo plovoucí. U plovoucích se pro lepší kontakt mezi elektrodou a povrchem hlavy používá vodivý gel. Na rozhraní mezi elektrodou a povrchem hlavy vzniká rozdíl potenciálů z důvodu povrchů s rozdílným typem vodivosti. Zatímco neurony a lidské tělo obecně vede proud pohybem nabitých iontů, z elektrody je proud odváděn v podobě nabitých elektronů. Plovoucí se proto vyrábějí buď kovové pokryté kationty stejného kovu, nebo jako elektrody pokryté vrstvou hydroxidu nebo soli. [5]

V roce 1958 navrhl Herbert H. Jasper systém rozmístění elektrod označovaný jako 10/20 (viz Obrázek 2). Toto označení znamená, že rozmezí mezi jednotlivými elektrodami v ose je 10% nebo 20% z celkové vzdálenosti mezi danými místy na hlavě. Tím je zajištěno, že se rozmístění přizpůsobí velikosti dané hlavy. Elektrody jsou označeny vždy dvojicí písmena a čísla. Čísla označují mozkovou hemisféru. Lichá čísla označují umístění na levé hemisféře a sudá označují umístění na pravé hemisféře. Písmena označují oblast hlavy. F pro čelní (Frontal), P pro temenní (Parietal), T pro spánkový (Temporal), O pro týlní (Occipital) a C pro centrální (Central). Tento systém používá 21 elektrod. 19 z nich snímá mozkovou aktivitu a 2 jsou referenční. Tedy potenciál naměřený na povrchu hlavy se porovnává s běžným tělesným potenciálem na referenčních elektrodách. Referenční elektrody jsou obvykle umístěny na ušních lalůčkách. Nevýhodou této metody je, že neexistuje ideální místo pro jejich umístění. Hrozí, že i na ušních lalůčkách zachytí elektrody EEG signál nebo zachytí rušivý signál ze srdeční aktivity. [1], [5]



Obrázek 2: Systém 10/20 pro rozmístění elektrod (zdroj: <http://en.wikipedia.org/>)

Předchozí metodě zapojení elektrod se někdy také říká monopolární. Dalším způsobem zapojení je bipolární varianta. V bipolární variantě se neporovnává potenciál mezi elektrodou na povrchu hlavy a referenční, ale jsou sdruženy po dvojicích a měří se rozdíl mezi potenciály na elektrodách v páru. Existuje i mnoho dalších způsobů zapojení různící se jak v pozicích elektrod, tak v jejich počtu. [1], [5]

Další nezbytnou částí přístroje na snímání EEG je zesilovač. Protože měřené napětí je v řádech desítek mikrovoltů, je nutné signál zesílit. To částečně komplikuje elektromagnetické rušení, které je v dnešní době všudypřítomné. Dříve se tento problém odstraňoval umístěním přístroje do drátěné klece, která sloužila jako Faradayova klec a odstiňovala zařízení od okolního rušení. Dnes se častěji používá diferenční zesilovač. Takový zesilovač má dva vstupy – aktivní a referenční. Napětí na jednotlivých vstupech se od sebe odečtou a zesílí se pouze rozdíl. Tím docílíme toho, že ze signálu byla odečtena rušivá složka. [5]

Jako každý způsob měření má i elektroencefalograf své výhody a nevýhody oproti ostatním metodám měření mozkové aktivity. Nespornou výhodou EEG je cena přístroje, která je oproti většině ostatních přístrojů na měření mozkové aktivity daleko nižší. Díky své konstrukci je přístroj často mobilní a lze ho použít i v situacích

a místech, kde jsou metody využívající veliké přístroje nepoužitelné. Je celkem tolerantní na pohyb pacienta. Je tedy vhodný k použití i u dětí. Má velmi dobré časové rozlišení. V případě potřeby lze signál snímat s frekvencí přes 20000 Hz. Naopak nevýhodou je jeho prostorové rozlišení. Kvůli rozměru a počtu elektrod je měřena vždy větší část mozku a nelze tedy přesně určit místo dané aktivity. Další nevýhodou je, že signály z neuronů, které jsou uvnitř mozku, neproniknou na pokožku hlavy. Měříme tedy pouze signály z vnější části mozku. O spodnějších vrstvách máme tak minimum informací. Příprava vyšetření může zabrat poměrně dost času. Je třeba přesně umístit elektrody a zajistit dobrý kontakt mezi nimi a povrchem hlavy například pomocí vodivého gelu. [5]

1.2.1 Analýza

Naměřený signál obsahuje řadu tzv. artefaktů neboli rušivých složek signálu, které je nutné před analýzou odstranit. Tyto rušivé signály mohou mít technický nebo biologický původ. Častým artefaktem je Síťový brum, který pochází z elektrické sítě a zapojených spotřebičů v okolí přístroje. Lze jej snadno odstranit pomocí vhodného filtru. Dalším technickým artefaktem je vlastní šum přístroje. Tento šum je bohužel náhodný a nelze jej úplně odstranit. Mezi biologické artefakty patří již zmíněné signály srdeční činnosti nebo signály vyvolané pohybem očí. Oba typy artefaktů lze odstranit souběžným měřením těchto signálů. V případě srdeční aktivity se jedná o elektrokardiografii a v případě pohybu očí se jedná o elektrookulografii. Naměřené signály pak lze jednoduše odečíst od zaznamenaného EEG. [1], [5]

Po zbavení signálu nežádoucího šumu jej lze analyzovat. V dnešní době se analýza EEG signálu provádí výhradně za pomoci výpočetní techniky. V zaznamenaném signálu se hodnotí různé parametry. Zmíním pár základních:

- Amplituda – Udává se v mikrovolttech. Počítá se jako rozdíl maximální a minimální hodnoty signálu. Obvykle se pohybuje mezi 20 a 50 μV .
- Tvar – Tvar signálu záleží na stavu pacienta, zdali je unavený, ve střehu, atd. Rozlišují se podle počtu frekvencí, které k tvaru signálu přispívají.
- Frekvence – Frekvence udává, kolikrát za sekundu se zopakuje stejná sekvence vlny signálu. V podstatě lze signál rozložit na sadu sinusoid, kde každá má svoji konkrétní frekvenci. To se nejčastěji dělá pomocí algoritmu známého jako rychlá Fourierova transformace. Tím získáme spektrum

signálu, které nám udává, jak je výkon rozložen mezi frekvence. Frekvence lze rozdělit na pásma. Tyto pásma lze pozorovat při různých činnostech a na různých částech mozku viz Tabulka 1. [1], [5]

Tabulka 1: Rozdělení frekvenčních pásem v mozkové aktivitě

Název pásma	Frekvence (Hz)	Aktivita
Delta	méně než 4	Vyskytuje se běžně u dětí. U dospělých během spánku.
Théta	4 – 7,5	V raném dětství. U dospívajících a dospělých během únavy.
Alfa	7,5– 12	Při relaxaci nebo zavřených očích.
Beta	12– 30	Při soustředění nebo při stresu
Gama	více než 30	Při činnostech, které zahrnují zapojení více smyslů, například sluch a zrak Při rozpoznávání objektů z krátkodobé paměti

1.3 Biofeedback

Jedná se o proces, kdy je pacientovi měřena určitá fyziologická veličina v reálném čase a následně je pacientovi vhodně zobrazována. Pacient je schopen pomocí této zpětné vazby hodnoty ovlivňovat a tím se je alespoň částečně naučí ovládat. Lze takto sledovat například krevní tlak, pocení, tep, teplotu nebo svalové napětí. [1]

1.4 Neurofeedback

Již od začátku zkoumání a práce s elektroencefalogramem se ví, že abnormální aktivita v EEG značí duševní poruchu. Z toho vyplývá teorie, že pokud upravíme mozkovou aktivitu (například chemickou cestou), upraví se i určité chování. EEG lze ovšem přetrénovat i za pomoci klasického nebo operativního podmiňování. S touto metodou pracuje EEG biofeedback neboli neurofeedback. Klasické podmiňování je proces změny chování, který zpopularizoval ruský psycholog Ivan Pavlov. Jedná se o proces, kdy se vrozený biologický podnět stane reakcí na neutrální podnět. Toho lze dosáhnout opakovaným párováním neutrálního podnětu a biologického podnětu. Operativní podmiňování neboli učení úspěchem. Tuto metodu popsal americký psycholog Burrhus Frederic Skinner. Subjekt je za požadované chování odměněn, čímž docílíme častějšího výskytu požadovaného chování. Další metodou posílení

chování je negativní posílení, kde častější výskyt požadovaného chování plyne z potřeby vyhnout se nepříjemným podnětům. Metodu operativního podmiňování lze využít například u pacientů trpících poruchou pozornosti, alkoholismem, chronickým únavovým syndromem nebo u pacientů po mrtvici. [1], [4], [6]

Pacient se učí pomocí operativního podmiňování skrze hru, která nějakým způsobem zobrazuje stav určitého parametru EEG, například amplitudy. Pacient se tak snaží pomocí zpětné vazby ovlivnit svou mozkovou aktivitu a dosáhnout „správné“ hodnoty, za kterou bude odměněn nějakou akcí ve hře. Můžeme si představit například závodní hru a za sledovaný parametr amplitudu EEG. Pokud má pacient jinou, než je požadovaná amplituda, jede závodní auto pomalu a ostatní vozidla ho předjíždějí. Pokud se amplituda dostane na požadovanou hodnotu, auto jede rychle a předjede ostatní. Hodnota může být měřena na různých oblastech mozku. „Správná“ nebo požadovaná hodnota je hodnota, která byla za pomoci qEEG stanovena jako hodnota odpovídající normálnímu stavu pro dané frekvenční pásmo a oblast mozku. Pacient chodí opakovaně na sezení a hraje neurofeedbackové hry se snahou dosáhnout požadované hodnoty. Během jednoho sezení pacient hraje několik tzv. kol jedné nebo více her. Jedno kolo trvá zhruba dvě minuty a na jeho konci je průběh kola uložen a pacient může hrát další kolo stejné nebo jiné hry. Díky tréninku se pro pacienta stává snazším udržení požadované úrovně. Je třeba dávat pozor, aby požadovaná hodnota byla nastavena s ohledem na věk pacienta. Jak bylo zmíněno dříve, některé hodnoty, které jsou u dospělého člověka abnormální, mohou být u dítěte normální a naopak. Pokud by hodnota nebyla nastavena s ohledem na věk, mohl by se pacient natrénovat na hodnotu odpovídající abnormálním a psychopatologickým stavům. Také je třeba brát ohled na rušivé elementy, například pokud sledujeme beta pásmo mozkové aktivity, mohou nám do měření zasahovat drobné posuny očí, jejichž signál má frekvenci ve stejném pásmu a vyskytuje se obzvlášť v čelní oblasti. Zanedbání tohoto faktu by opět mohlo vést k nevhodnému nastavení požadované hodnoty. [1]

Jak bylo již zmíněno, někdy se při neurofeedbacku používá klasické podmiňování. Klasické metody podmiňování se využijí k pozměnění opakujících se vzorů v EEG signálu a tím se ovlivní i chování pacienta. Multimodální podněty z okolí ovlivňují pozadí EEG, neboli hlavní frekvenci, která je viditelná v EEG dospělého člověka v bdělém stavu. Pomocí zařízení modulujeme podněty prostředím dalšími podněty,

jinak řečeno ovlivňujeme charakter stimulů z prostředí. Opakováním kombinace smyslových vjemů z okolí a modulujících vjemů lze ovlivnit pozadí EEG, čímž dostaneme hodnotu odpovídající normálnímu stavu. Některé oblasti mozku lépe reagují na určité typy stimulů. Například spánková oblast mozku reaguje lépe na zvukové vjemy než na vizuální. Opět je třeba dát pozor na to, že hodnoty pozadí EEG souvisejí s věkem pacienta. [1]

2 Software a implementace

V praktické části této práce jsem navrhovala a implementovala hry pro systém neurofeedbackové terapie využívající operativní podmiňování.

2.1 Systém neurofeedbackové terapie

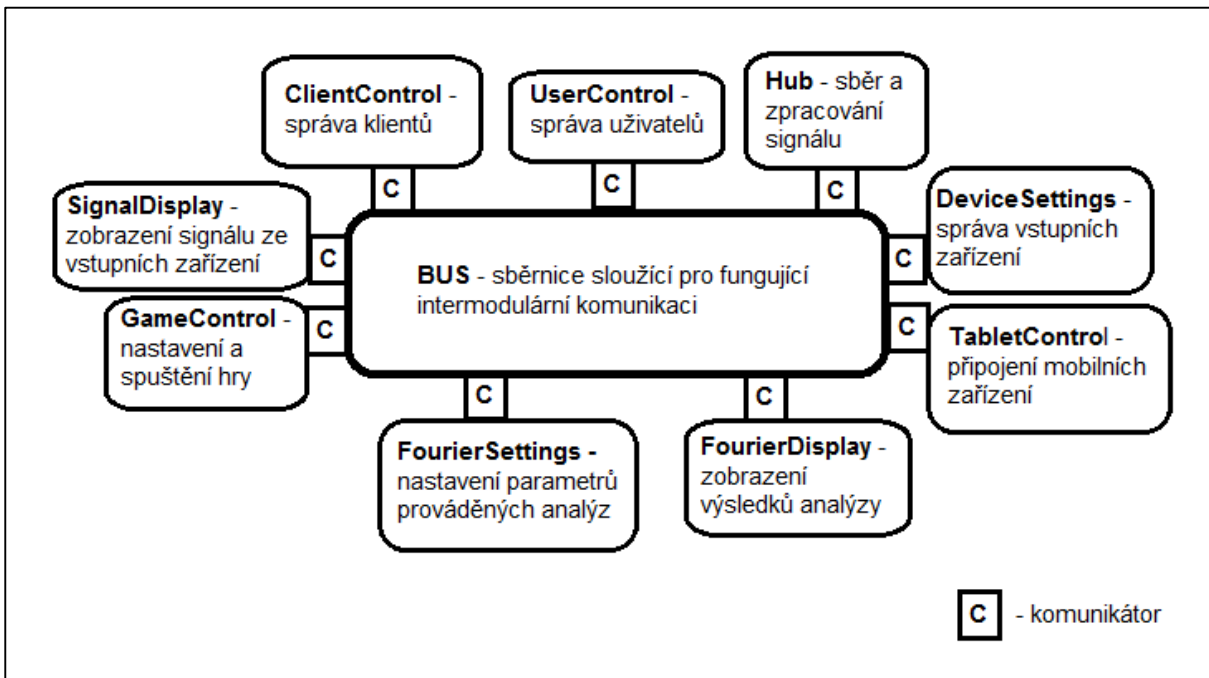
2.1.1 Software

Systém pro neurofeedbackové terapie vytvořen skupinou Biodat na fakultě elektrotechnické má sloužit především jako pomůcka při terapiích dětí trpících ADHD neboli poruchou pozornosti a hyperaktivitou. Ideou projektu je nabízet software bezplatně terapeutickým centřům, že naměřená data budou využita k dalšímu výzkumu. [7]

Celý systém je napsán v programovacím jazyce JAVA a je rozdělen do několika modulů (viz Obrázek 3), aby mohl být provozován jako aplikace typu klient-server, kde hlavní část programu (server) by byla provozována skupinou Biodat a uživatelská část (klient) by byla provozována terapeutickými centry. Některé moduly důležité pro hry popíši podrobněji:

- Bus – Jedná se o sběrnici, přes kterou spolu komunikují jednotlivé moduly. Pokud má některý modul data pro ostatní, pošle je do této sběrnice. Každá část systému, která tato data potřebuje a má na jejich zpracování správné nástroje, si data ze sběrnice pomocí komunikátoru přečte. Pokud by komunikace nebyla řešena pomocí sběrnice, musel by mít každý modul instanci na tu část, s kterou chce komunikovat a celý systém by se stal komplikovanějším. Pomocí sběrnice dochází k většímu oddělení dílčích částí a celý systém je tak přehlednější. Další výhodou je způsob, jakým se přidá nový modul. Pokud nová část potřebuje stejná data, která jsou už po sběrnici posílána, jednoduše si vytvoří komunikátor, napojí se na sběrnici a data si přečte. Není tedy potřeba upravovat stávající kód.
- Hub – Tato část pracuje s EEG signálem ze zařízení. Data upravuje, analyzuje a výsledky posílá do výše zmíněné sběrnice. Také komunikuje s datovým úložištěm. Původně jádro aplikace.

- GameControl – Jedná se o hlavní ovladač hry. Tento modul hru nastavuje, spouští a po odehrání kola hru ukončuje. Také čte data od Hubu ze sběrnice a předává je hře.



Obrázek 3: Schéma systému – znázornění komunikace mezi moduly (zdroj: Autor)

2.1.2 Herní rozhraní

Každá nová hra je v modulu GameControl v balíčku games. Hlavní třída se musí jmenovat Core, mít konstruktor bez parametrů a musí implementovat rozhraní IGame. Toto rozhraní má několik metod. Nejdůležitější popíši podrobněji:

- `getGameSpecificSettingsPanel` – Tato metoda vrací panel dědící z `GameSpecificSettingsPanel`. Jedná se o potomka třídy `JPanel`, který navíc implementuje metodu pro navrácení Mapy obsahující dvojice `String` a `Object`. Jinými slovy tato metoda vrací panel s možností specifických nastavení pro hru. Toto nastavení po zavolání příslušné metody vrací v podobě dvojic, kde řetězec obsahuje název dané položky nastavení a `Object` obsahuje vlastní nastavenou hodnotu této položky. Standardně se jedná o řetězec nebo číslo, ale hodnotou může být libovolný objekt.
- `setGameSpecificSettings` – Tato metoda od `GameControl` obdrží specifická nastavení, která byla nastavena ve výše zmíněném panelu.

- `setGameHandler` – Nastavení handleru, pomocí kterého může hra komunikovat s `GameControl`
- `start` – Metoda, kterou `GameControl` volá pro zapnutí hry. Pokud se jedná o desktopovou hru, měla by tato metoda vytvořit nové okno a v něm hru spustit.
- `end` – Metoda ukončující hru. Pokud bylo při startu vytvořeno nové okno, mělo by se při volání této metody zavřít.
- `getUsedChannels` – Metoda vracející pole velikosti 4 a typu `boolean` určující, který z maximálního počtu čtyř kanálů bude hra využívat. Hodnoty jsou nastaveny na `true` v případě, že hra bude daný kanál využívat a na `false` v případě opačném.
- `processGameInputDTO` – Metoda pro zpracování dat z jednotlivých kanálů. Při volání obdrží objekt `GameInputDTO`. Jedná se o pole čtyř hodnot typu `double`. Zjednodušeně lze říct, že tyto hodnoty vyjadřují úspěšnost na jednotlivých kanálech.

2.1.3 Hardware

Pro snímání signálu EEG je používáno zařízení Emotiv EPOC (viz Obrázek 4). Jedná se o bezdrátové zařízení s šestnácti plovoucími elektrodami, které ke zvýšení vodivosti využívají solný roztok, do kterého se před použitím namáčejí. Dvě z elektrod jsou referenční, ostatní jsou rozmístěné a označené podle systému 10/20. Výhodou tohoto přístroje je krátká doba přípravy, neboť nevyžaduje nanášení vodivého gelu na hlavu pacienta. Další výhodou je absence propojovacích kabelů, které by mohly děti trpící ADHD během terapie rozptylovat.



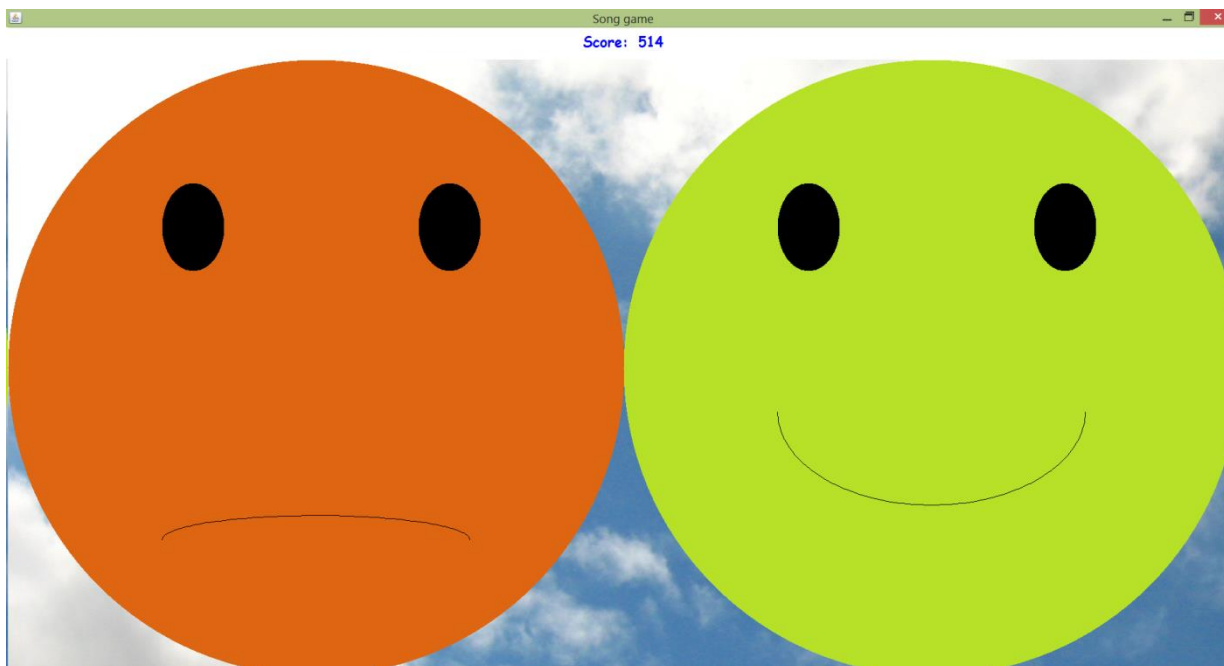
Obrázek 4: Emotiv EPOC - zařízení pro snímání EEG (zdroj: <http://www.entertherift.fr>)

2.2 Smiley song game

2.2.1 Návrh

První hra je orientována hudebně. Ačkoliv má i vizuální stránku, je tato stránka pouze doplňková a slouží hlavně pro jednodušší používání a lepší zpětnou vazbu pro děti. Hra přehrává dvě zvukové stopy. První zvukovou stopou je písnička, kterou si uživatel vybere před spuštěním hry. Písničku vybírá z libovolného adresáře, který může měnit. Písničky lze tedy přidávat. Hra umí přehrávat hudbu ve formátu MP3, který byl zvolen z důvodu jeho popularity. Druhou přehrávanou zvukovou stopou měl být původně šum. Ovšem poslech šumu by byl pro uživatele velice nepříjemný, možná dokonce nesnesitelný. Proto byla jako rušivá zvuková stopa zvolena skladba klasické hudby, která je na poslech snesitelnější, ale při spuštění obou zvukových stop působí dostatečně rušivě.

Hra přijímá data ze dvou kanálů. Význam kanálů nastavuje terapeut. První kanál ovlivňuje rychlost přehrávání první zvukové stopy a tím frekvenci. Pokud data z prvního kanálu odpovídají požadované hodnotě, písnička je přehrávána standardním tempem. Pokud jsou hodnoty horší, písnička je přehrávána pomaleji. Druhý kanál ovlivňuje hlasitost druhé zvukové stopy. Pokud jsou hodnoty z druhého kanálu shodné s požadovanými, hlasitost rušivé zvukové stopy je nulová a tudíž slyšíme pouze první zvukovou stopu. V případě horších hodnot se hlasitost rušivé stopy zvyšuje a ruší tak poslech písničky. Data z každého kanálu jsou vizuálně zobrazena v podobě tzv. smajlíků, neboli směřících se obličejů. Pokud jsou data vyhovující, obličej je zelený a usmívá se. V opačném případě je obličej červený a mračí se (viz Obrázek 5). Přechod mezi těmito stavy je plynulý. Tato vizualizace slouží pro lepší orientaci uživatele, neboť samotný zvukový vjem nemusí být dostatečnou zpětnou vazbou. Zároveň slouží obličejům i jako motivace, protože na usmívající se zelené obličej je příjemnější pohled, než na výstražně červené mračící se smajlíky. Jako další motivační prvek slouží skóre. Body přibývají v závislosti na kvalitě dat. Slouží jako orientační nástroj pro uživatele a zároveň jako motivace překonávat své předešlé výsledky. Výsledek skóre bude využíván terapeutem pro sledování průběhu terapie. Zatím se nikam nezaznamenává, ale do budoucna je zde možnost rozšíření o tabulku výsledků a další motivaci uživatele v podobě soutěže s ostatními nebo odměn za dosažené výsledky.



Obrázek 5: Grafická stránka hry Smiley song game (zdroj: Autor)

2.2.2 Implementace

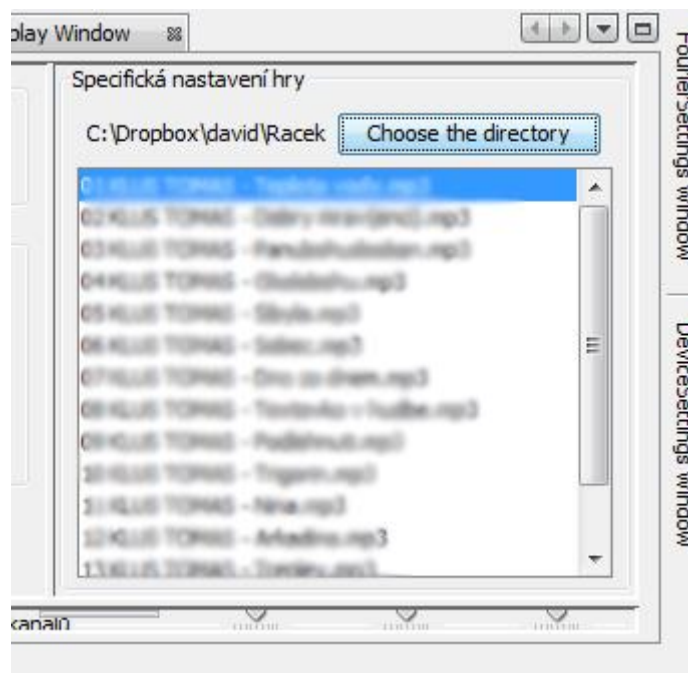
Hra je implementována v jazyce JAVA verze 1.6 jako celý systém pro neurofeedbackovou terapii. Bohužel jazyk JAVA v základu nepodporuje přehrávání hudby ve formátu MP3 ani jiný v dnešní době běžně používaný formát pro přehrávání písniček. Variantou by byla JAVA FX, která je navržena jako webový nástroj a podporuje přehrávání MP3. Zde by ovšem byl problém s napojením na zbytek systému. Naštěstí JAVA od verze 1.3 nabízí balíček `javax.sound.sampled` a především `javax.sound.sampled.spi`, neboli Service Provider Interface. Jedná se o službu, která umožňuje třetím stranám přidat do jazyka JAVA podporu libovolného hudebního formátu. I za pomoci tohoto nástroje by bylo implementování podpory pro MP3 náročné a není to předmětem této práce. Z toho důvodu jsem zvolila volně šiřitelnou knihovnu MP3SPI [8], která je implementací `javax.sound.sampled.spia` podporu pro přehrávání souborů MP3 přidává. Tato knihovna využívá knihovny Tritonus [9] a JLayer [10].

Grafické rozhraní je implementováno pomocí knihoven AWT a Swing.

Hra je rozdělena na šest tříd (viz Obrázek 7):

- Core – Hlavní třída dědící rozhraní `IGame`. Zastřešuje celou hru, ale kromě metod z rozhraní neposkytuje žádnou další funkcionalitu.

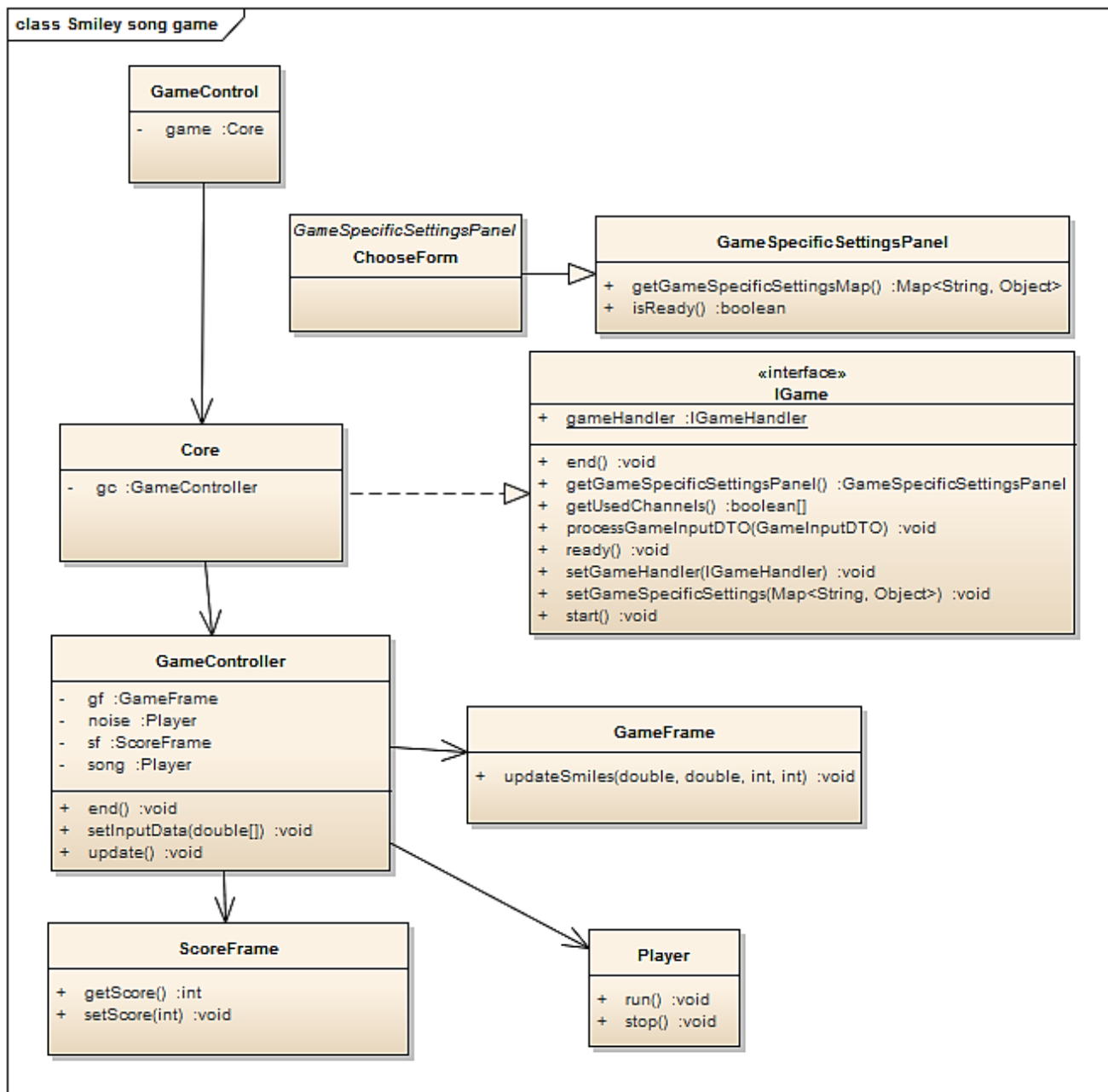
- ChooseForm – Dědí ze třídy GameSpecificSettingPanel a jedná se o specifické nastavení pro hru, viz Obrázek 6. V horní části panelu je tlačítko pro výběr adresáře, který obsahuje písničky. Zbytek panelu obsahuje posuvný výpis souborů s příponou MP3 obsažených ve vybrané složce. Obsahuje metodu getGameSpecificSettingsMap, která vrací mapu obsahující dvojici klíčového slova „songName“ a názvu vybraného souboru.



Obrázek 6: Komponenta ChooseForm pro specifické nastavení hry (zdroj: Autor)

- GameController – Tato třída obsahuje veškerou funkcionalitu hry. Zároveň se jedná o okno, do kterého jsou vloženy dílčí části grafického rozhraní hry. Při aktualizaci dat zavolá potřebné metody pro překreslení grafické stránky a pro úpravu přehrávání.
- GameFrame – V této komponentě se vykreslují obličejové podle nastavených dat. Obsahuje metodu pro aktualizaci.
- ScoreFrame – Komponenta obsahující skóre. Vždy když skóre vzroste o hodnotu 1000, text se na okamžik zvětší a zezlátne.
- Player – Přehrávač písniček využívající MP3SPI. Data jsou načítána z AudioInputStream do bufferu o velikosti 8 bajtů. Tato data jsou zapisována do SourceDataLine, odkud jsou následně přehrávána. Knihovna MP3SPI podporuje nastavení hlasitosti přehrávané stopy, ale

bohužel nepodporuje nastavení tempa. To je vyřešeno tak, že buffer je na výstup zapsán vícekrát. Aby byl zvuk plynulý, je zvolena právě výše zmíněná velikost bufferu 8 bajtů. Pokud bychom naopak chtěli hudbu přehrávat rychleji, každý n-tý buffer bychom v předávání na výstup vynechali. Tato funkcionality je též implementována, ale zatím není využita.



Obrázek 7: Diagram tříd (Zdroj: Autor, vytvořeno v programu Enterprise Architect[14])

2.3 Band game

2.3.1 Návrh

Druhá hra je taktéž orientována hudebně. Ale stejně jako předchozí hra má i grafickou stránku. Tentokrát bude hra přehrávat čtyři zvukové stopy. Každá stopa bude představovat jeden z nástrojů – kytara, basová kytara, bubny a zpěv. Všechny nástroje budou hrát shodnou píseň. I v této hře lze vybrat písničku z libovolného adresáře, ale na rozdíl od minulé hry se nevybírání konkrétní píseň, ale složka obsahující správně pojmenované čtyři zvukové stopy – drums pro bubny, guitar pro kytaru, rhythm pro basovou kytaru a song pro zpěv. Hra podporuje formát MP3, WAV a Ogg. Datový formát Ogg je alternativou MP3, ale na rozdíl od něj jsou jeho komponenty pro kódování a dekódování volně šiřitelné. Z toho důvodu je oblíbeným nástrojem právě u multitracků, neboli u písniček s oddělenými nástroji v různých zvukových stopách tak, jak je to v této hře potřeba. Písničky lze opět přidávat, ale musí se dodržovat pravidla pro jejich pojmenování a umístění.

Tato hra používá čtyři datové kanály a to tak, že každý datový kanál ovládá hlasitost jednoho nástroje. Jednoduše řečeno, čím více se hodnota z daného kanálu blíží požadované hodnotě, tím hlasitěji hraje příslušný nástroj. Pokud budou tedy všechna data shodná s požadovanými, bude znít písnička jako při běžném poslechu. Pokud budou data z některého kanálu horší, bude příslušný nástroj v písničce tišší nebo bude chybět úplně.

Data z každého kanálu jsou současně promítnuta do grafického prostředí (viz Obrázek 8). V hlavním okně aplikace se zobrazují čtyři panáčky, kteří dohromady představují hudební kapelu. Každý panáček má čtyři varianty pohybů od stání na místě po pohyb nohama, hlavou nebo celým trupem. Čím úspěšnější uživatel je, tím více se panáček pohybuje. Zároveň se pod každým hudebníkem zobrazuje panel, který se od levé strany zabarvuje a čím úspěšnější uživatel na daném kanálu je, tím plnější je panel.

Nad skupinou panáčků se stejně jako v předešlé hře zobrazuje lišta obsahující skóre.



Obrázek 8: Grafické prostředí hry Band game (zdroj: Autor)

2.3.2 Implementace

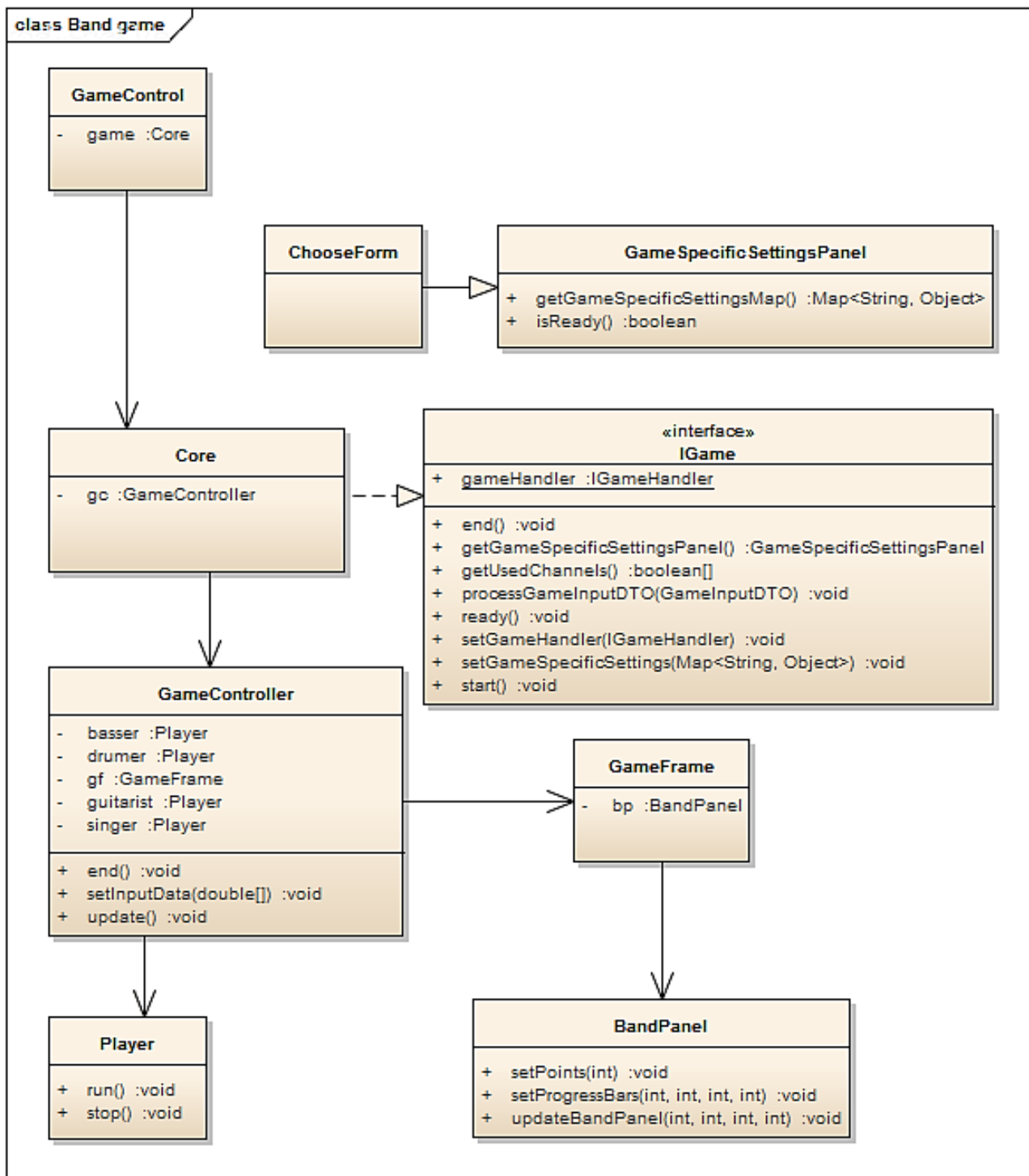
Pro vytvoření panáčků jsem použila volně stažitelný software Pivot Animator, který umožňuje jednoduchou tvorbu animací. Po vytvoření animace ji lze vyexportovat do souboru GIF. Bohužel výsledná animace má bílé popřípadě libovolně barevné pozadí, ale pro účely hry se více hodí pozadí průhledné. Pro odstranění pozadí z animací jsem použila webovou aplikaci <http://www.online-image-editor.com>, která umožňuje mnoho úprav různých grafických souborů včetně odstranění pozadí u GIF souborů.

Tato hra na rozdíl od předešlé podporuje i zvuk ve formátu Ogg. Pro jeho přehrávání jsem použila volně dostupnou knihovnu Vorbis SPI [18], která opět využívá `javax.sound.sampled.spi`.

Třídy jsou velmi podobné třídám v předchozí hře, proto nebudu popisovat jejich funkci a zmíním pouze odlišnosti od předešlé hry.

- Core
- ChooseForm – Výpis nezobrazuje soubory, jako tomu bylo ve hře Smiley song game, ale vypisuje složky obsažené ve vybrané složce. To vyplývá z předpokladu, že zvukové stopy jednotlivých nástrojů jsou vloženy do složky s názvem písničky.

- GameController – Pro každou zvukovou stopu spouští vlastní vlákno, ve kterém je poté zvuk přehráván.
- GameFrame – V horní části má umístěnou lištu obsahující skóre. Uprostřed obsahuje panel zobrazující kapelu (viz třída BandPanel). Ve spodní části zobrazuje panely úspěšnosti implementované pomocí třídy JProgressBar.
- BandPanel – Třída dědicí z JLayeredPane. Tuto třídu dědí, aby mohla zobrazovat více komponent navrstvených na sobě. Nejspodněji je pozadí znázorňující pódium. Nad ním je zobrazen panel obsahující kapelu. Nejvýše se nacházejí pohybující se ruce publika, které se zobrazují v dolní části obrazu.
- Player – V této hře není potřeba ovládat tempo zvukové stopy, proto to tato třída neimplementuje. To dovoluje větší velikost načítacího bufferu, která by při změně tempa ovlivnila plynulost přehrávání. Velikost bufferu je v tomto případě 65536 bajtů.



Obrázek 9: Diagram tříd (zdroj: Autor, vytvořeno v programu Enterprise Architect [14])

2.4 Sphero simple game

2.4.1 Návrh

Tato hra se od předchozích her liší hned v několika ohledech. Jednak není hudebně orientovaná, ale hlavním rozdílem je absence grafického prostředí. Zpětná vazba je v tomto případě realizována pomocí zařízení Sphero [19].

Sphero je robotická koule od společnosti Orbotix. Kromě zařízení umožňující pohyb je koule vybavena dvěma RGB LED. Lze ji připojit k velké škále mobilních zařízení s operačními systémy Android, iOS nebo Windows Phone. Pomocí telefonu (nebo tabletu) lze kouli pohybovat a nastavovat barvu svícení. Uvnitř je také baterie, kterou lze dobíjet bezdrátově za pomoci speciální kolíčky.

Hra bude tentokrát přijímat data pouze z jednoho kanálu a tím bude Sphero ovládat. Koule bude jezdit ze strany na stranu a svítit různou intenzitou. Čím blíže budou hodnoty k požadovaným hodnotám, tím rychleji (a dál) bude Sphero jezdit a tím intenzivněji bude svítit.



Obrázek 10: Zařízení Sphero (zdroj: <http://www.gosphero.com/>)

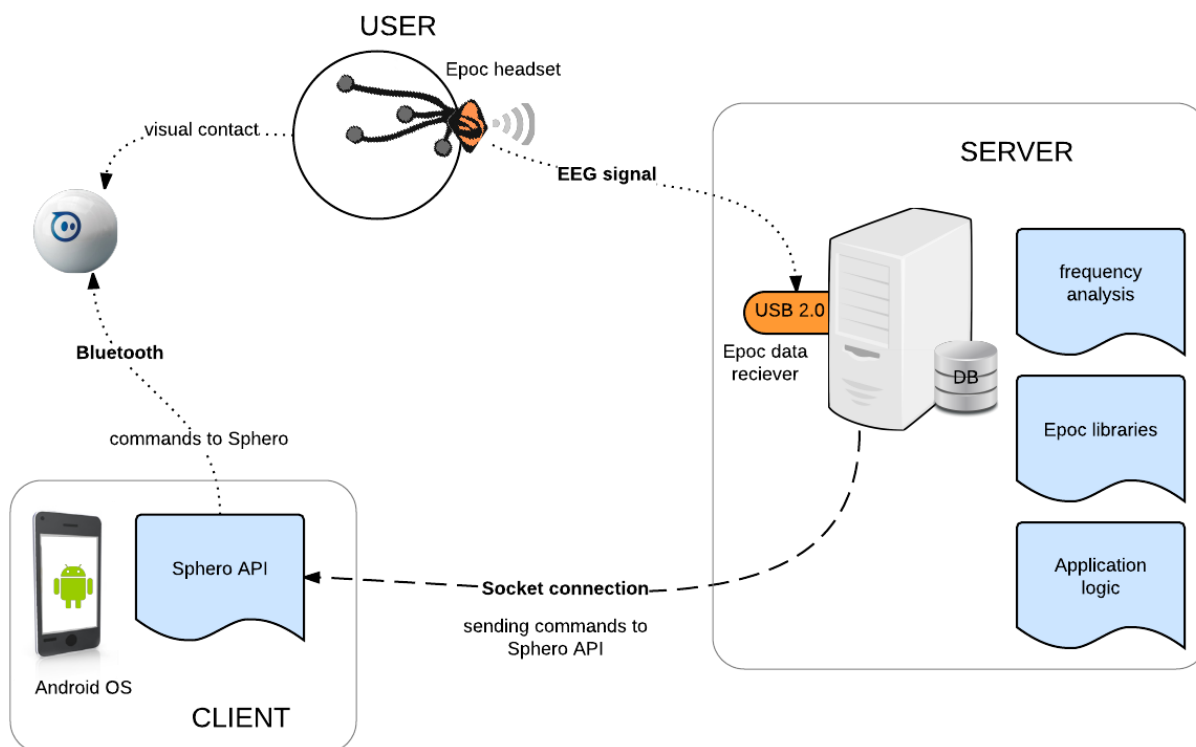
2.4.2 Implementace

Implementace hry využívající zařízení Sphero se příliš neliší od implementace jakékoliv jiné hry. Opět má hlavní třídu pojmenovanou Core. Kromě hlavní třídy má ještě třídu ComputeCommandThread, která si zaznamenává pozici Sphera a počítá z dat hodnoty pro vytvoření příkazu. Ke komunikaci s koulí používá Core

IGameHandler, který má implementovanou metodu handleCommand. Tato metoda přijímá jako parametr instanci třídy Command a řetězec IFace označující zařízení, do kterého chce hra příkaz odeslat, neboť jedna hra může zároveň ovládat více zařízení. Třída Command má několik atributů určující chování Sphera:

- speed – Desetinné číslo v intervalu 0 a 1. Procentuálně vyjadřuje podíl z maximální rychlosti. Například 0.7 znamená, že Sphero pojedje rychlostí odpovídající 70% maximální rychlosti. Maximální rychlost je 2 m/s.
- heading– Určuje směr je koule otočena. Zadává se jako desetinné číslo od 0 do 360 a vyjadřuje úhel mezi původním směrem a novým směrem.
- red – Vyjadřuje intenzitu červené barvy v barevném modelu RGB, který je použit pro nastavení svítivé diody. Jedná se o celé číslo od 0 do 255.
- green – Vyjadřuje intenzitu zelené barvy.
- blue – Vyjadřuje intenzitu modré barvy.

Příkaz je v případě Sphera odeslán do zařízení s operačním systémem Android, který je sprostředkovatelem komunikace mezi počítačem a koulí Sphero viz Obrázek 11.



Obrázek 11: Zobrazení komunikace systému se zařízením Sphero (zdroj: Petra Marešová)

3 Testování

Protože hry neprodukují žádná objektivní porovnatelná data, je testování vyhodnoceno hlavně z pohledu funkčnosti. Hry byly spouštěny přes platformu systému. Do hry byla posílána testovací data. Tato data měla takový průběh, aby simulovala co nejvíce situací, které se mohou ve vstupech objevit. Konkrétní podoba dat by ovšem na funkčnost her neměla mít vliv.

3.1 Výsledky

Tabulka 2: Shrnuté výsledky testování

Hra	Hra se spustila	Vykreslilo se grafické prostředí	Hra reaguje na příchozí data	Funkční skóre	Během hry nedošlo k chybě	Hra se úspěšně ukončila
Smiley song game	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Band game	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Sphero simple game	Ano	Ano	Ano	X	Ano	Ano

3.1.1 Smiley song game

Hra úspěšně zobrazila panel pro nastavení a po nastavení se spustila. Grafické prostředí reagovalo na příchozí data, podle kterých se překreslovalo. Během překreslování obraz občas problikl. Toto chování obrazu by u dětí mohlo působit rušivě. Po skončení kola se hra bez problémů ukončila. Dále je zmíněno pár nedostatků zpozorovaných během hry. Jedná se o chyby, které se nedají jednoduše debugovat, ale je třeba rozhodnout o způsobu jejich vyřešení.

Nastavení nabízí pouze soubory s příponou MP3. Pokud by ovšem soubor tento zvukový formát neobsahoval nebo byl poškozen, hra by se spustila, ale chyběla by zvuková stopa písničky.

Dalším problémem je, pokud je písnička kratší než doba trvání kola (2 minuty). Hra po dohrání písničky pokračuje dál, opět bez zvukové stopy.

Zvuková stopa šumu je slyšitelná vždy. I při hodnotách odpovídající požadovaným je slyšet šum, ačkoliv velice potichu. To vyplývá z charakteru ovládní hlasitosti. Hudební knihovna nenastavuje hlasitost jako hodnotu, kde by například 0 znamenala ticho, ale jako zesílení v decibelech, kde tichu odpovídá záporné nekonečno. Tu samozřejmě nastavit nemůžeme, ale bylo by vhodné šum zeslabit při ideálních hodnotách tak, aby byl neslyšitelný.

3.1.2 Band game

Při nastavení hry si zvolíme složku obsahující podsložky s písničkami. Hra zobrazí všechny podsložky. Pokud je vybrána složka, která písničku neobsahuje, hra se i přesto spustí a funguje, nicméně chybí hlavní část hry, což je zvuk.

Stejně jako v přechozí hře není vyřešená situace, kdy je písnička kratší než doba trvání kola, nebo je soubor se zvukovou stopou poškozený.

Dalším problémem je konstantní velikost animovaných komponent (panáčky, ruce publika). Na monitorech s vysokým rozlišením jsou z toho důvodu tyto grafické prvky menší, než by bylo vhodné.

I v této hře obraz občas problikne, ale nedochází k tomu tak často jako u předchozí hry a průběh to příliš nenarušuje.

Skóre se oproti předchozí hře načítá výrazně rychleji. Nejedná se o problém fungování hry, ale pro dítě by tento fakt mohl být demotivující v případě první hry, kde za stejnou námahu je oceněn menším počtem bodů.

Posledním pozorovaným nedostatkem jsou rozdíly v hlasitosti. Rozdíl mezi hlasitostí při nejlepší hodnotě a nejhorší není příliš velký. Důsledkem je horší schopnost rozlišení, zdali je přichoží hodnota podobna požadované. Tomuto rozpoznávání napomáhá grafické zobrazení, ale i tak by bylo vhodné rozdíly prohloubit, aby byl uživatel schopen rozpoznat výsledky své snahy i bez grafické stránky.

I přes pozorované nedostatky se hra v pořádku spustila a odehrála celé kolo bez výraznějších problémů.

3.1.3 Sphero simple game

Hra byla testována pouze softwarově, bez použití reálného zařízení Sphero. Pro toto testování byl vytvořen simulátor vykreslující pohyb a barvu koule.

Hra nevyžaduje žádné specifické nastavení, proto vrací prázdný panel pro nastavení a je ihned připravená ke spuštění. Hra se úspěšně spustila a reagovala na příchozí data. Odesílala příkazy pro Sphero a v simulátoru se koule pohybovala požadovaným způsobem. Během testování nedošlo k žádné chybě a nebyl upozorován žádný nedostatek.

Pro testování bylo použito simulátoru, a je proto možné, že při komunikaci s reálným objektem bude výsledný pohyb odlišný a mohou se objevit problémy, které simulátor neodhalil. Proto bude po dokončení komunikace hra znovu otestována a případné nedostatky odstraněny.

Závěr

V rámci této práce byla shrnuta fakta nutná pro pochopení problematiky EEG biofeedbacku. Dále byly popsány jednotlivé hry - jak hry fungují, co vyjadřují a jak jsou implementovány, jejich vnitřní struktura. Byly zmíněny a popsány všechny potřebné nástroje použité pro tvorbu her. Nakonec byly hry otestovány a vyhodnocena jejich funkčnost.

Během práce jsem se seznámila s tím, jak celý proces neurofeedbackové terapie probíhá, od pochopení teorie k zjištění, co vše je třeba k úspěšnému průběhu sezení. Také jsem se naučila pracovat se zvukovými knihovnami v Javě, které jsem doposud neznala. Naučila jsem se přehrávat a zpracovávat různé zvukové formáty jako MP3 a Ogg Vorbis. Zdokonalila jsem se v týmové práci při vývoji software. Přesvědčila jsem se o nutnosti předem definovaných rozhraní, která velice usnadňují funkční komunikaci mezi systémy, na jejichž vývoji se podílí různí lidé. Vyzkoušela jsem si práci s robotickou koulí Sphero a zařízením pro snímání EEG – Emotiv EPOC.

Z výsledků testování vyplývá, že všechny tři hry jsou v současném stavu použitelné pro terapii. U her Smiley song game a Band game se vyskytují nedostatky v grafickém prostředí. Nenarušují průběh terapeutického kola, ale je vhodné je v budoucnu odstranit. Hra Band game je náchylná na vstupy nesplňující stanovené konvence. Tyto vstupy je třeba odchytit, aby se zabránilo komplikacím. Toto lze řešit uživatelsky omezením voleb pouze na validní skladby nebo i jiným způsobem. V poslední hře nebyly objeveny nedostatky při testování se simulátorem. Při testování se zařízením Sphero budou k dispozici další výsledky.

Budoucí směr

Celý systém je stále ve vývoji a je na něm tedy mnoho práce a ne všechny části pracují ideálně. Systém před nedávným časem prošel mnoha změnami a byla výrazně pozměněna jeho architektura. Hlavním rozdílem oproti předchozí verzi je jeho rozdělení do více dílčích částí. Tato proměna přinesla také změnu rozhraní pro vývoj her. Hry popsané v této práci jsou vytvořeny podle tohoto nového rozhraní. Není vyloučeno, že se rozhraní v budoucnu změní. Poté by bylo nutné předělat hry spustitelné na minulé verzi systému, aby byly použitelné i na nové verzi.

Momentálně jsou data z Hubu do GameControlu posílána jednou za vteřinu. Tato frekvence je nedostačující a je třeba do budoucna posílat data častěji.

Grafické rozhraní her se při každé změně dat překresluje a již při současné frekvenci je občas vidět „problíknutí“ obrazu při překreslení. Při častějším překreslování by se tento problém pravděpodobně objevoval častěji a stal by se pro uživatele velice rušivým a nepříjemným. Je tedy třeba se na tento problém zaměřit a pokusit se ho odstranit.

Je třeba zohlednit výsledky testování a úpravy z nich vyplývající zapracovat do aplikace během dalších implementačních úprav.

Použitá literatura

- [1] EVANS, James R. a Andrew ABARBANEL. 1999. *Introduction to quantitative EEG and neurofeedback*. Editor James R Evans, Andrew Abarbanel. San Diego: Academic Press, xxi, 406 s. ISBN 9780123745347.
- [2] COLLURA, Thomas F. *History and Evolution of Electroencephalographic Instruments and Techniques*. : 29. Dostupné také z:
<http://www.brainm.com/software/pubs/tfc/535-027%20history%20and%20evolution%20of%20electroencephalographic%20JCN.pdf>
- [3] *Lidská mysl: ovládací centrum živého stroje*. 1998. Vyd. 1. Editor Susan Greenfield. Překlad Tomáš Kučera. Praha: Knižní klub, 192 s. Hranice poznání. ISBN 80-717-6624-0.
- [4] ROUBÍČEK, Jiří a Ivan LESNÝ. 1959. *Elektroencefalografie*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství.
- [5] LINHART, Josef. 1965. *Psychologické problémy teorie učení*. [Vyd. 1.]. Praha: Nakl. Československé akademie věd, 351 p.
- [6] PROCHÁZKA, Radek. *Neurofeedback* [online]. [cit. 2015-05-18]. Dostupné z:
https://nit.felk.cvut.cz/~dark/Vyuka/AST2013/2013_05_07_utyry/prochazka_-_neurofeedback/vypracovani.pdf
- [7] MP3SPI [software] [přístup 2015-5-18]
Dostupné z: <http://www.javazoom.net/mp3spi/mp3spi.html>
- [8] Tritonus[software] [přístup 2015-5-18] Dostupné z: <http://www.tritonius.org/>
- [9] JLayer [software] [přístup 2015-5-18]
Dostupné z: <http://www.javazoom.net/javalayer/javalayer.html>
- [10] Online-Image-Editor [software] [přístup 2015-5-18]
Dostupné z: <http://www.online-image-editor.com/>
- [11] VorbisSPI [software] [přístup 2015-5-18]
Dostupné z: <http://www.javazoom.net/vorbisspi/vorbisspi.html>
- [12] Sphero [online]. [vid. 2012-10-30].
Dostupné z: <http://www.gosphero.com/sphero/>
- [13] Enterprise Architect [software] [přístup 2015-5-18]
Dostupné z: <http://www.sparxsystems.com/>

Seznam příloh

Příloha A – Popis použitých knihoven

Příloha B – Uživatelský návod

Příloha C – Příloha na CD

Příloha A – Popis použitých knihoven

AWT

Obsahuje všechny třídy pro vytváření uživatelského rozhraní a pro vykreslování grafiky a obrázků. Objekt uživatelského rozhraní jako tlačítko nebo posuvník se v AWT terminologii nazývá komponenta. Třída Component je předkem všech AWT komponent.

Některé komponenty spustí událost, pokud s nimi uživatel interaguje. Třída AWTEvent a její podtřídy jsou použité pro reprezentaci událostí, které může AWT komponenta spustit.

Kontejner je komponenta, která může obsahovat komponenty a jiné kontejnery. Kontejner může také mít správce rozmístění (layout manager), který organizuje vizuální rozmístění komponent v kontejneru. Balíček AWT obsahuje několik tříd správců rozmístění a rozhraní pro vytváření vlastních správců rozmístění.

Každá komponenta jako objekt je limitována svou maximální velikostí a svou pozicí, protože tyto hodnoty jsou reprezentovány jako celé číslo (integer). Také platforma může více omezit maximální velikost a souřadnice pozice. Přesné maximální hodnoty jsou závislé na platformě. V Java kódu ani v kódu nativním neexistuje způsob jakým tyto maximální hodnoty změnit. Tato omezení rovněž stanovují omezení na správce rozmístění. Pokud hranice komponenty překračují platformní limit, neexistuje způsob jak ji správně uspořádat do kontejneru. Meze objektu jsou definovány souřadnicemi v kombinaci s jeho velikostí na příslušné ose.

Zdroj: <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/awt/package-summary.html>

Swing

Poskytuje set "lightweight" (všechny napsané v jazyce Java) komponent, které, v maximální možné míře, pracují stejně na všech platformách.

Vláknová politika ve Swing

V základě není ve Swing bezpečné používání vláken. Všechny Swing komponenty a související třídy, pokud není zdokumentovaný jinak, musí být přístupné na vlákno pro dispečink událostí (event dispatching thread).

Typická Swing aplikace provádí zpracování v reakci na událost generovanou uživatelským gestem. Například kliknutí na JButton upozorní všechny ActionListener přidané k JButton. Protože všechny události generované z uživatelského gesta jsou odesílány na vlákno pro dispečink událostí, většina vývojářů není ovlivněna omezením.

Nicméně, dopad to má na stavbu a zobrazování Swing aplikací. Zavolání main metody aplikace nebo metody v appletu, nejsou volány na vlákno pro dispečink událostí. Proto je třeba při konstrukci a zobrazování aplikace nebo appletu dbát na přenesení ovládání na vlákno pro dispečink událostí. Preferovaný způsob přesunu ovládání a začátku práce se Swing je použití invokeLater. Metoda invokeLater organizuje Runnable ke zpracování na vlákno pro dispečink událostí.

Tato omezení jsou také použita na model připojený ke Swing komponentám. Například, pokud je k JTable připojen TableModel, může být změněn vláknem pro dispečink událostí. Pokud změníte model na jiném vlákně, riskujete výjimku a kolizi v zobrazení.

Protože všechny události jsou doručeny na vlákno pro dispečink událostí, je třeba dbát na zpracování událostí. Zejména při dlouhotrvajících úkolech jako je síťový vstup/výstup nebo výpočetně intenzivní zpracování spuštěné na vlákně pro dispečink událostí, které blokuje vlákno pro dispečink událostí od dispečinku ostatních událostí. Když je vlákno pro dispečink událostí zablokované, aplikace nepřijímá žádný uživatelský vstup. Preferovaným způsobem jak řešit tyto situace při práci se Swing je SwingWorker.

Zdroj: <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/javax/swing/package-summary.html>

MP3SPI

MP3SPI je služba poskytující rozhraní pro Javu (Java Service Provider Interface), která do jazyku Java přidává podporu zvukového formátu MP3 (MPEG 1/2/2.5 Layer 1/2/3). Podporuje streamování, ID3v2, ekvalizér, ... Je založena na Java knihovnách JLayer a Tritonus.

Co je JavaSound SPI

„Služna poskytující rozhraní (SPI) je novou funkcí v J2SE 1.3 dovolující vývojářům transparentně přidávat nové funkce do JVM. JavaSound používá SPI za běhu k poskytnutí zvukových mixérů, čtečky a zapisovače souborů a nástroj konverze formátu do Java zvukového programu. To umožňuje Java programům fungovat po přidání nové funkce beze změny a rekompilace. Ve skutečnosti to umožňuje přidat do Java Sound nové formáty souborů, oblíbené kompresní metody, nebo dokonce hardwarově založené zpracování zvuku.“ Výňatek z JavaWorld článku.

Projekt MP3SPI byl oficiálně spuštěn v únoru 2004. Cílem je poskytovat Java™ Sound SPI, které podporuje formát MP3. Ve skutečnosti byl stvořen s JLayer a jlGui (MP3 přehrávač) o pár let dříve, ale nebyl podporován.

Balíček MP3SPI je licencován pod LGPL.

Jedná se o dobrovolnický projekt. Na dobrovolníky nejsou kladeny žádné nároky kromě ochoty opravdu přispívat k dosažení cíle.

Zdroj: <http://www.javazoom.net/mp3spi/mp3spi.html>

VorbisSPI

VorbisSpi je služba poskytující rozhraní pro Javu (Java Service Provider Interface), která do jazyku Java přidává podporu zvukového formátu OGG Vorbis. Podporuje icecast streaming. Je založena na Java knihovně JOrbis.

Co je to Ogg Vorbis

„Ogg Vorbis je plně otevřený, neproprietární, bez patentu a nároku na honorář, univerzální komprimovaný zvukový formát pro vysokou kvalitu (44.1-48.0kHz, 16+ bit, polyfonní) zvuku a hudby na fixních a proměnných datových tocích od 16 do 128 kbps/kanál. To řadí Vorbis na stejnou pozici zvukové reprezentace jako je MPEG-1 audio layer 3, MPEG-4 audio (AAC and TwinVQ) a PAC.“ Výňatek z OggVorbis [homepage](#).

VorbisSPI projekt byl spuštěn v říjnu 2001 na JavaZOOM. Cílem je poskytovat Java™ Sound SPI, které podporuje formát Ogg Vorbis.

Balíček VorbisSPI je licencován pod LGPL.

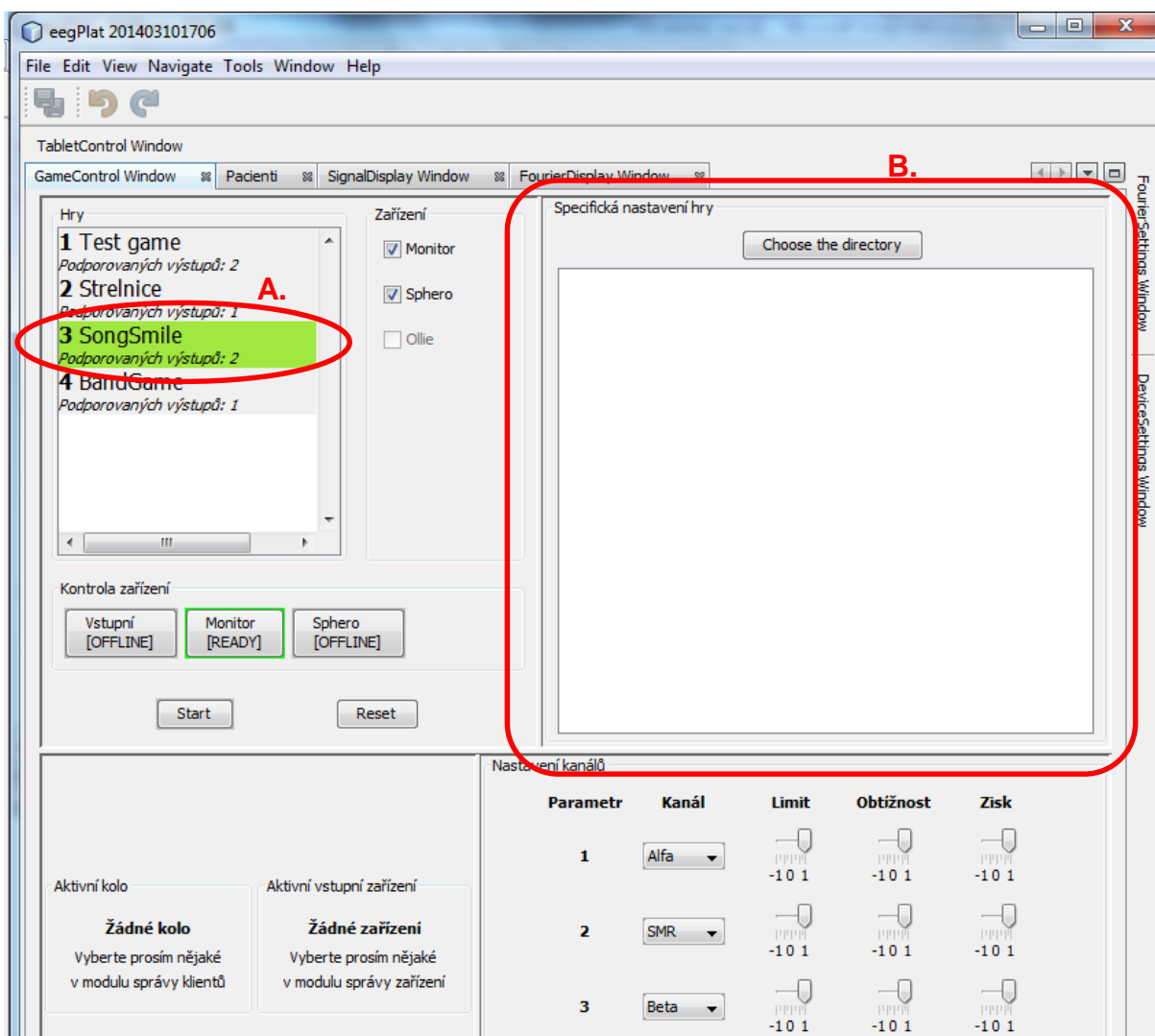
Jedná se o dobrovolnický projekt. Na dobrovolníky nejsou kladeny žádné nároky kromě ochoty opravdu přispívat k dosažení cíle.

Zdroj: <http://www.javazoom.net/vorbisspi/vorbisspi.html>

Příloha B – Uživatelský návod

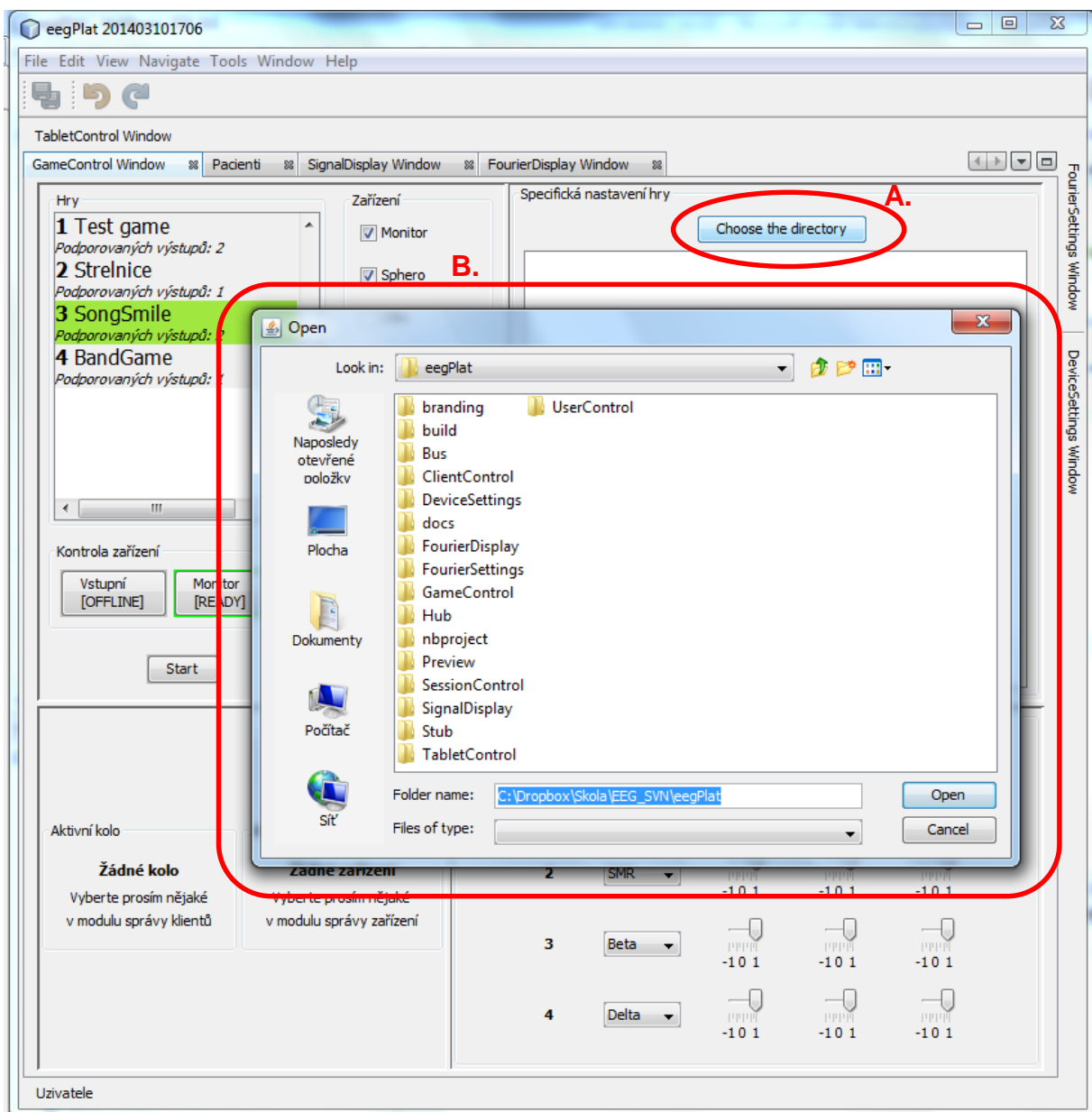
V tomto návodu naleznete postup pro spuštění a ukončení jednotlivých her, včetně nastavení specifických nastavení pro hru. Neobsahuje popis nastavení kol, vstupních a výstupních zařízení, kanálů, výběr pacienta ani jiné nastavení, které se netýká spuštění hry. Tyto nastavení lze nalézt v uživatelském návodu pro systém.

Smiley song game



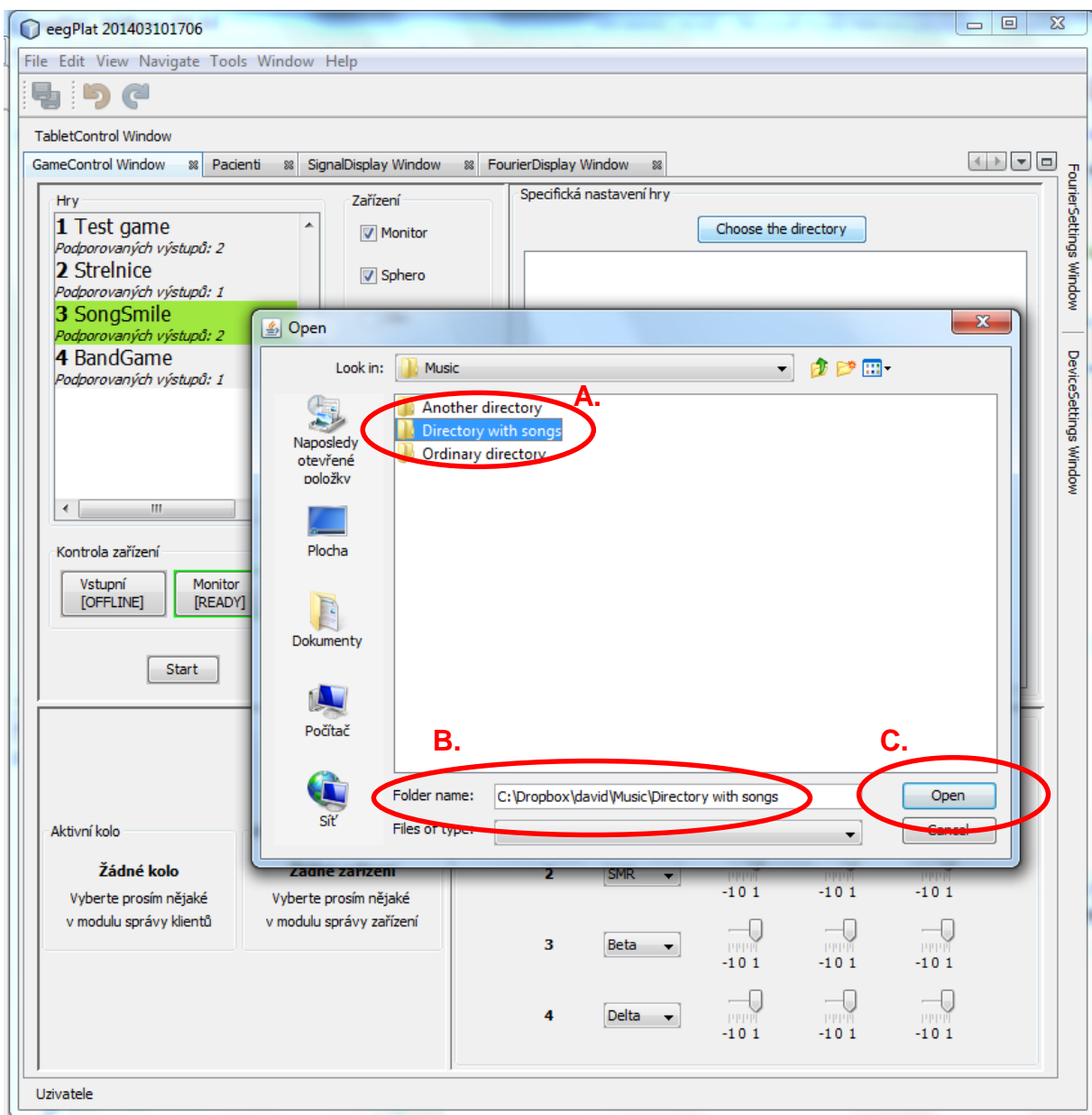
Obrázek 1: GameControl Window

1. V GameControl Window vybereme hru SongSmile (A.). V pravé části obrazovky v podokně specifické nastavení hry se zobrazí panel pro výběr písničky (B.).



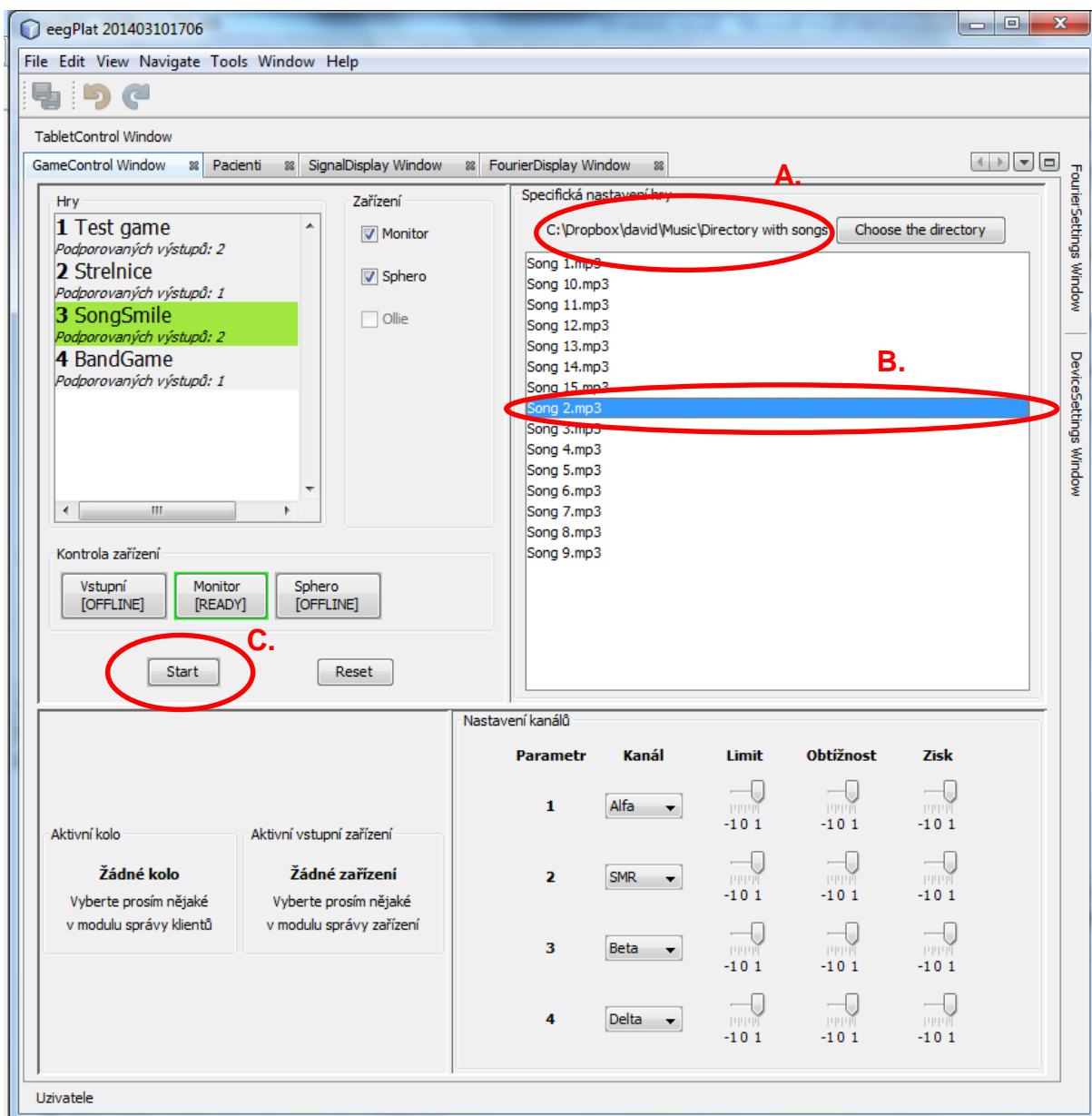
Obrázek 2: Výběr adresáře

2. Klikneme na tlačítko „Choose the directory“ (A.). Otevře se okno pro výběr adresáře (B.).



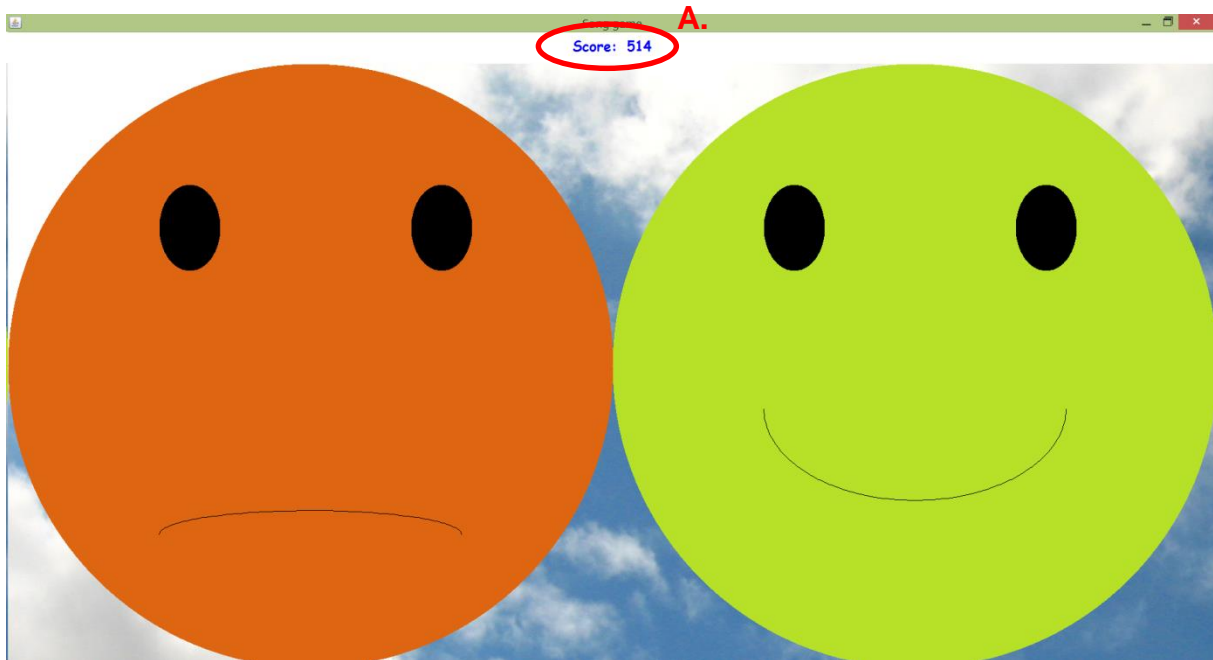
Obrázek 3: Potvrzení adresáře

3. Nalezneme v počítači adresář obsahující písničky ve formátu MP3 nebo WAV. Tuto složku označíme. Složka obsahující písničky by měla být označena jako na Obrázku 3 (A.). Pokud ji omylem dvojklikem otevřeme, neklikáme na žádnou písničku. Důležité je, aby text v kolonce „Folder name:“ končil názvem adresáře (B.). Když je adresář správně označen, klikneme na tlačítko „Open“ (C.).



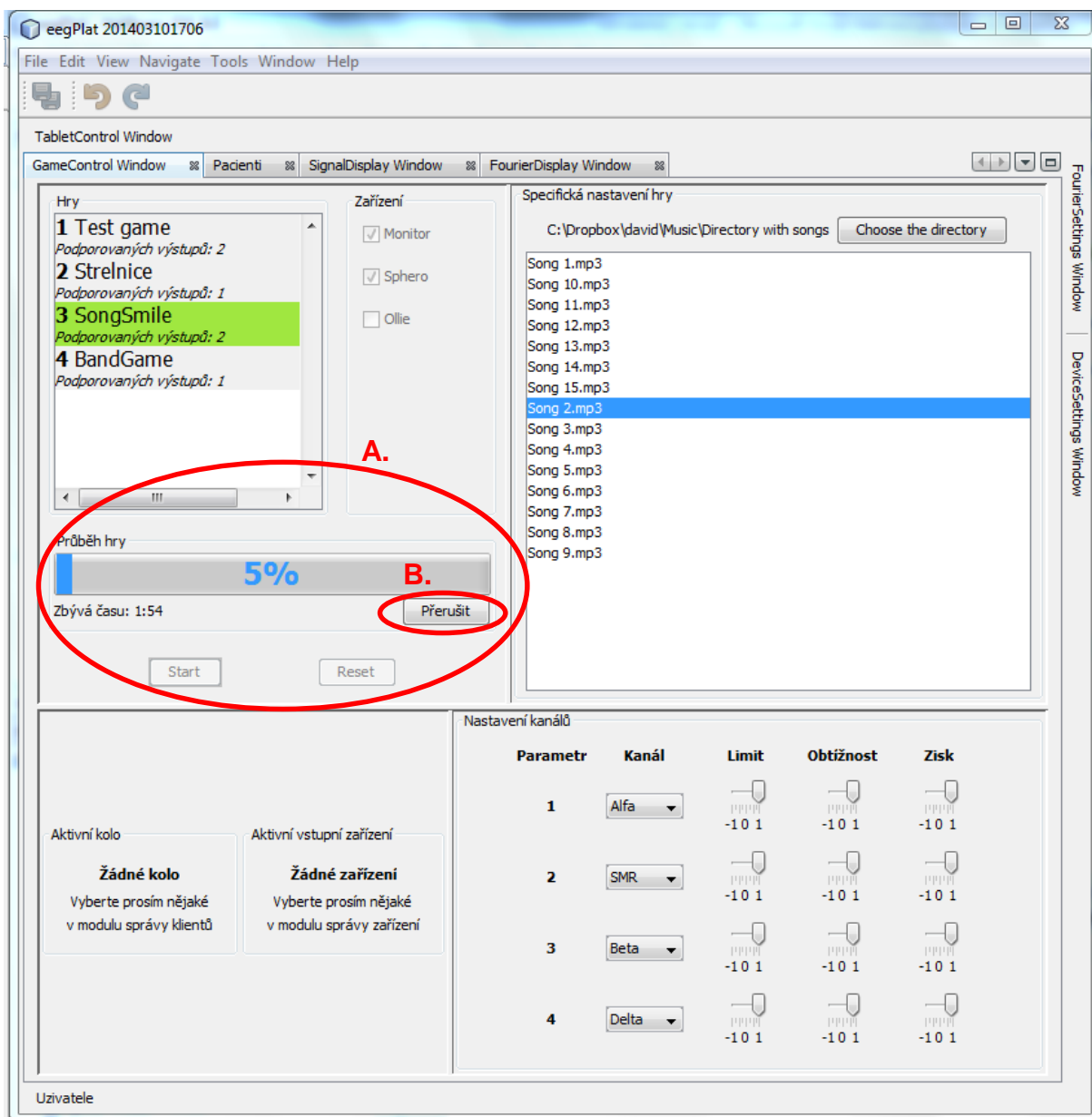
Obrázek 4: Zobrazení písniček v adresáři

1. Panel zobrazí všechny soubory ve formátu MP3 a WAV, které obsahuje vybraný adresář. Vedle tlačítka „Choose the directory“ je pro kontrolu vypsána cesta k adresáři (A.). Pokud chceme zvolit jiný adresář, opakujeme kroky 2. a 3. Pokud jsme s výběrem adresáře spokojeni, označíme písničku (B.), kterou chceme pro hru použít a klikneme na tlačítko start (C.).



Obrázek 5: Grafické prostředí hry

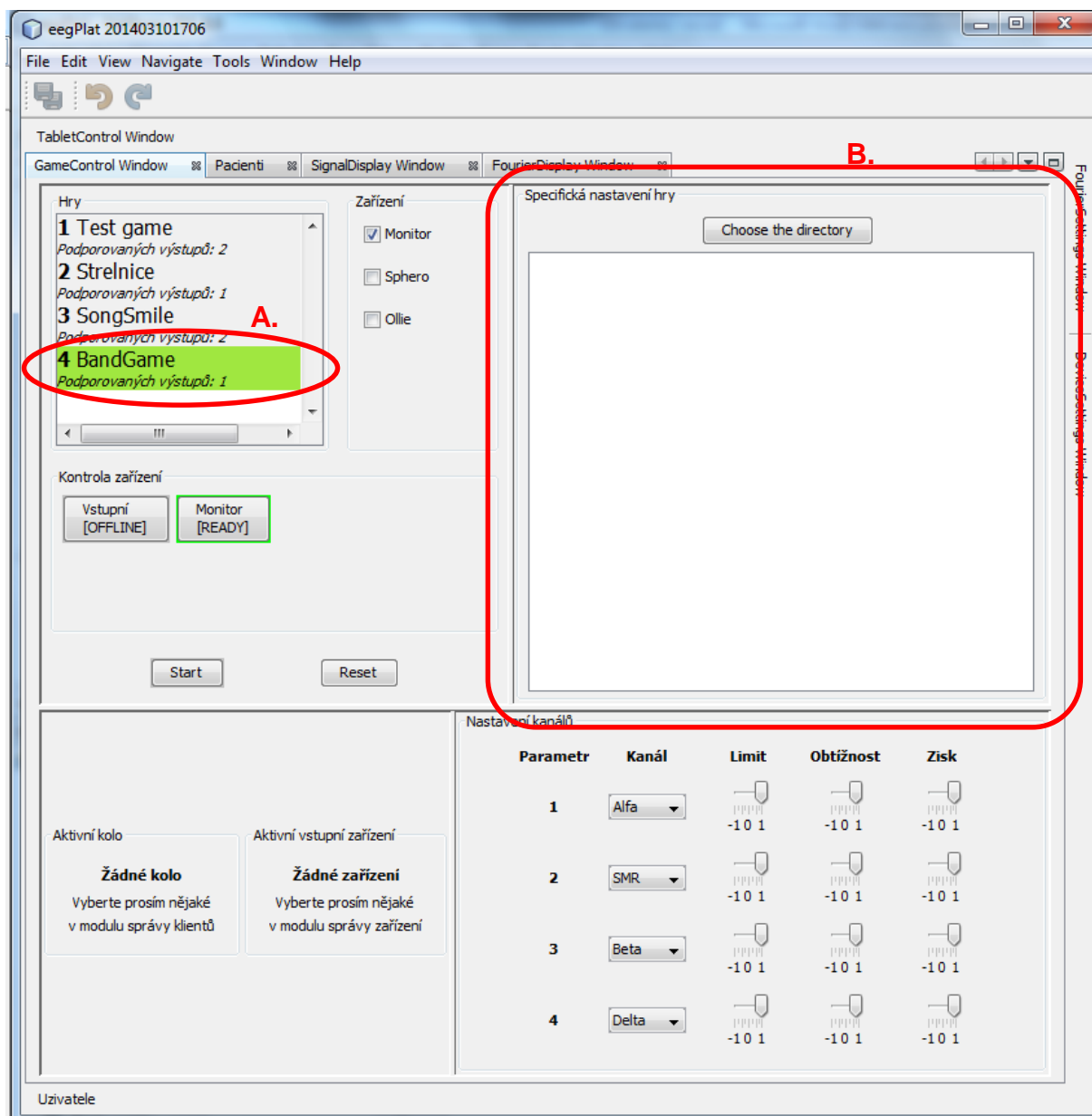
4. Hra se spustí, otevře nové okno a v něm zobrazí grafické prostředí hry. Zároveň se začne přehrávat zvolená písnička. V horní části se zobrazuje aktuální skóre (**A.**). Skóre přibývá podle úspěšnosti hraní. Obličej nalevo zobrazuje data z prvního zvoleného kanálu. Čím úspěšnější je hráč v oblasti prvního kanálu, tím více se levý obličej směje a tím zelenější je. Čím horší, tím je zamračenější a červenější. Stejně jako levý obličej se mění i rychlost přehrávané písničky. Čím je levý obličej červenější, tím hraje píseň pomaleji. Obličej napravo funguje stejně jako levý s tím rozdílem, že zobrazuje data z druhého kanálu a místo rychlosti písne se s ním mění hlasitost šumu. Jako šum je zvolena klasická hudba.



Obrázek 6: Okno systému v průběhu kola

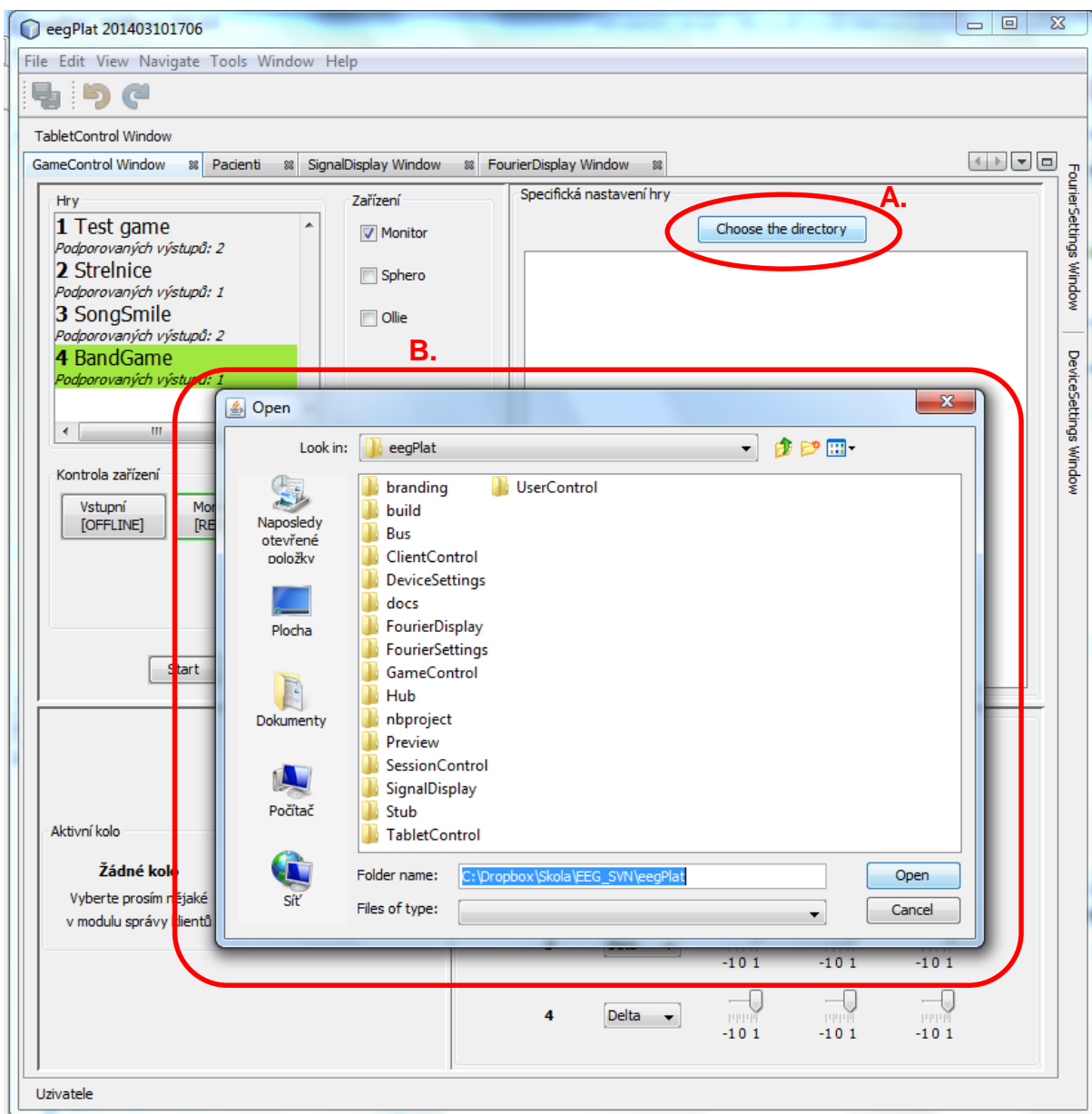
5. V průběhu kola se v okně systému zobrazuje jeho průběh (A.). Kolo trvá standardně 2 minuty. Po této době se hra automaticky ukončí. Kolo také lze kdykoliv v průběhu ukončit kliknutím na tlačítko „Přerušit“ (B.). Hra se ukončí a vypne. Průběh kola nelze po této akci obnovit.

Band game



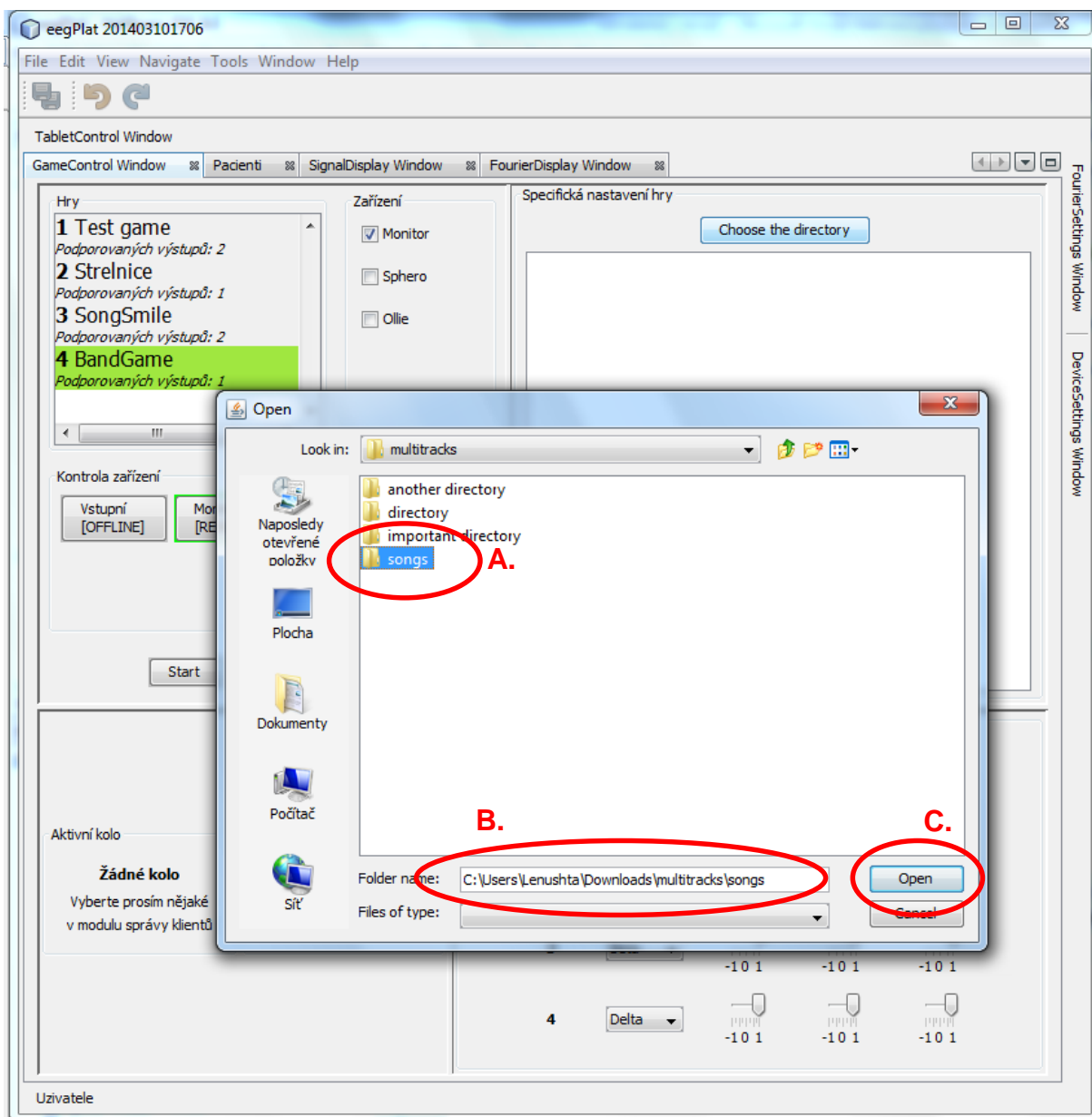
Obrázek 7: GameControl Window

1. V GameControl Window vybereme hru BandGame (A.). V pravé části obrazovky v podokně specifické nastavení hry se zobrazí panel pro výběr písničky (B.).



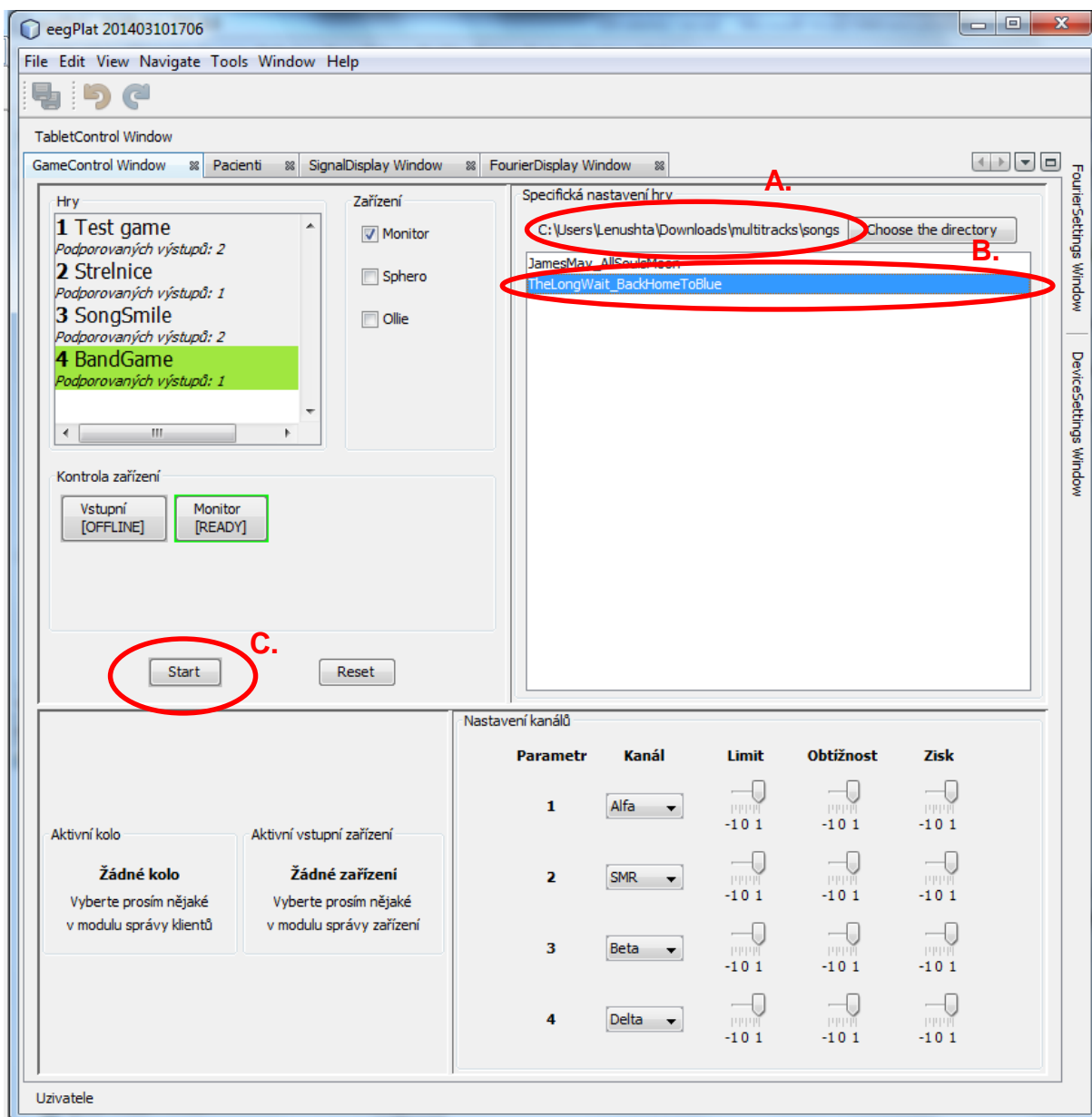
Obrázek 8: Výběr adresáře

2. Klikneme na tlačítko „Choose the directory“ (A.). Otevře se okno pro výběr adresáře (B.).



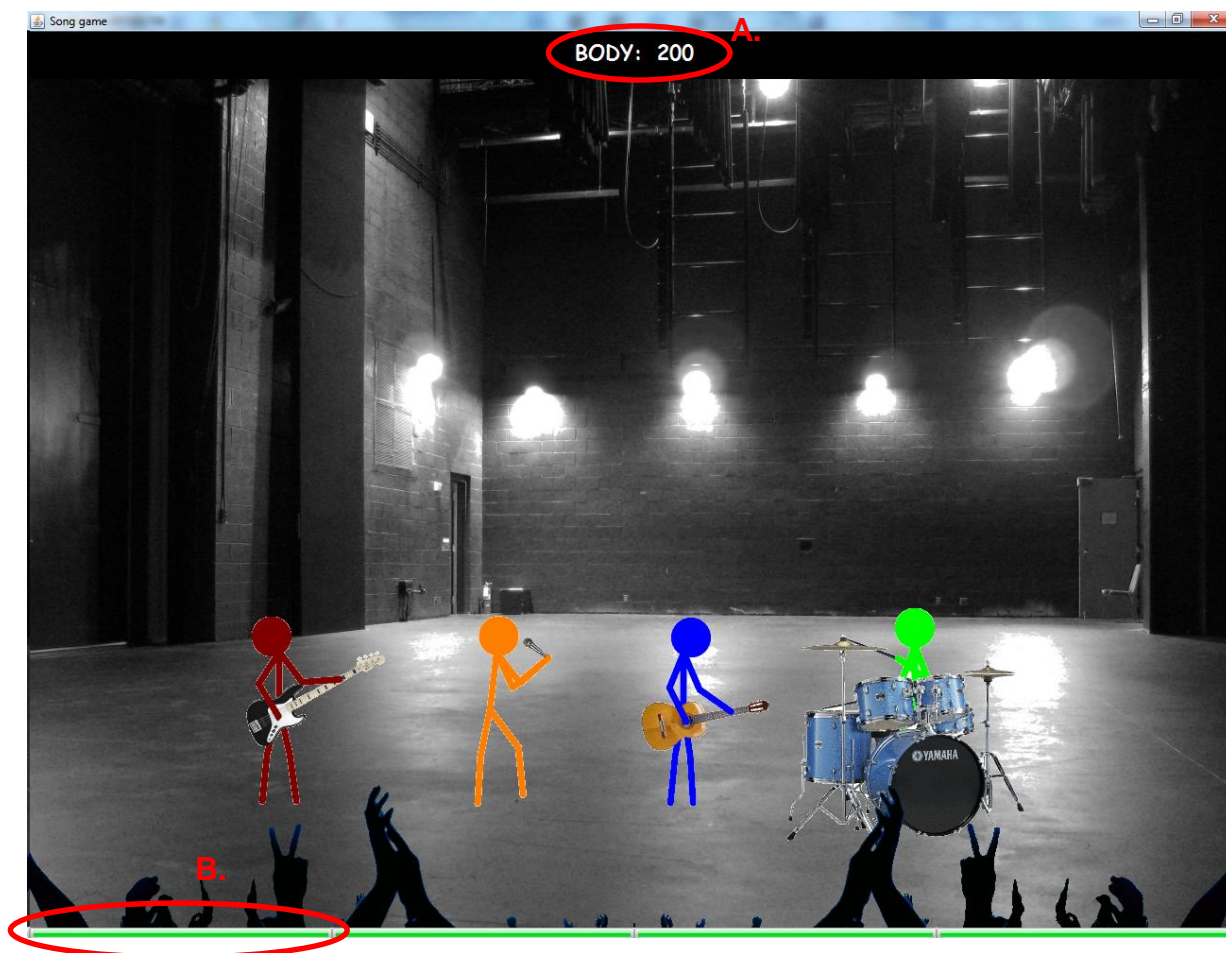
Obrázek 9: Potvrzení adresáře

3. Nalezneme v počítači adresář obsahující složky s písněmi. Složka s písničkou musí obsahovat alespoň čtyři soubory ve formátu MP3, WAV nebo Ogg. Každý soubor musí obsahovat název jednoho z nástrojů: guitar, song, rhythm, drums. Každý z nástrojů musí být zastoupen právě jedním souborem. Složku obsahující takové složky si označíme. Označení by mělo vypadat jako na Obrázku 3 (A.). Pokud ji omylem dvojklikem otevřeme, neklikáme na žádnou podsložku. Důležité je, aby text v kolonce „Folder name:“ končil názvem adresáře (B.), obsahující podsložky. Když je adresář správně označen, klikneme na tlačítko „Open“ (C.).



Obrázek 10: Zobrazení písniček v adresáři

- Panel zobrazí všechny složky, které obsahuje vybraný adresář. Vedle tlačítka „Choose the directory“ je pro kontrolu vypsána cesta k adresáři (A.). Pokud chceme zvolit jiný adresář, opakujeme kroky 2. a 3. Pokud jsme s výběrem adresáře spokojeni, označíme písničku (B.), kterou chceme pro hru použít a klikneme na tlačítko start (C.).

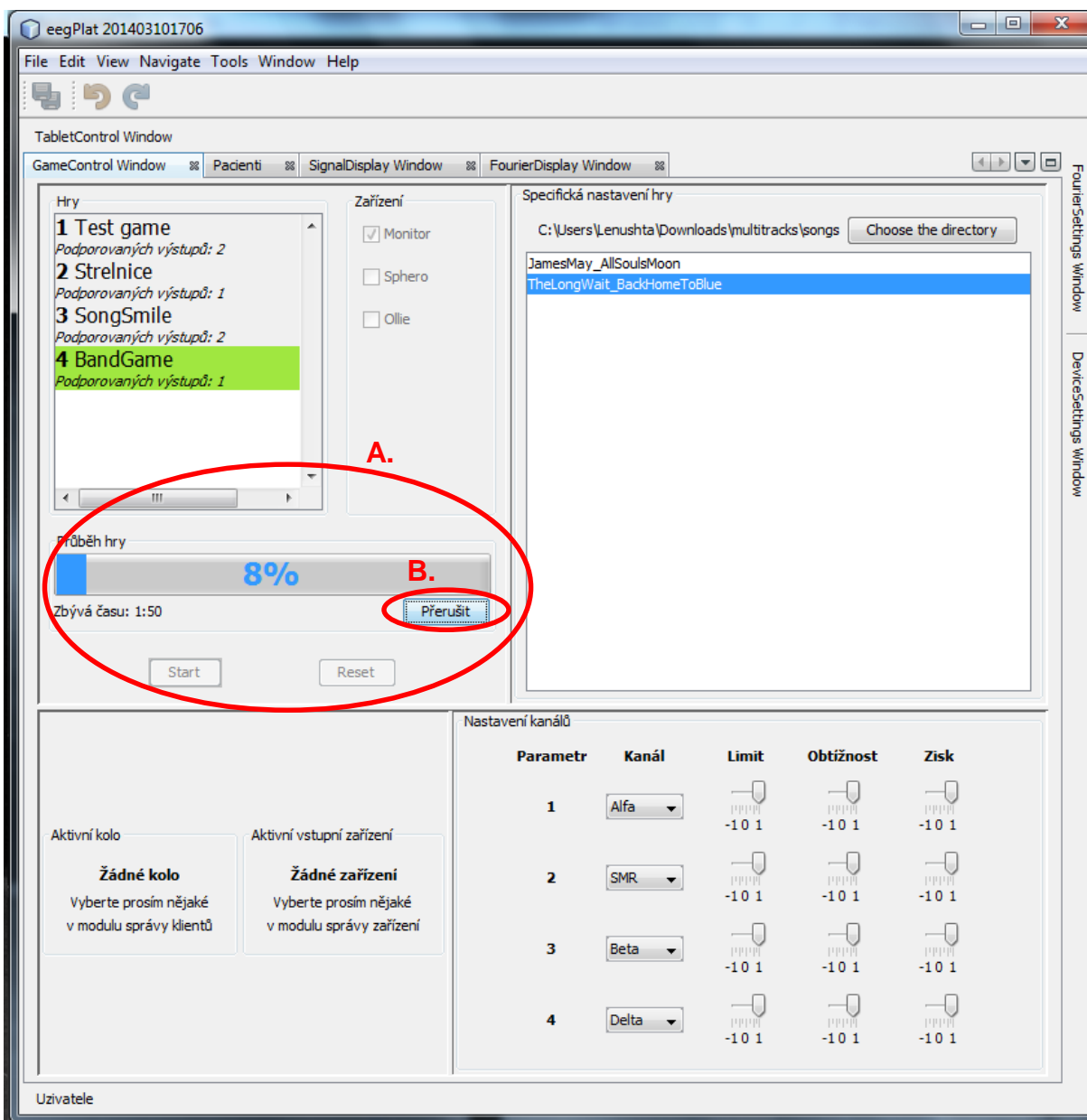


Obrázek 11: Grafické prostředí hry

5. Hra se spustí, otevře nové okno a v něm zobrazí grafické prostředí hry. Zároveň se začne přehrávat zvolená písnička. V horní části se zobrazuje aktuální skóre (A.). Skóre přibývá podle úspěšnosti hraní. Každý z panáčků zobrazuje data z jednoho kanálu. Zároveň s ním data zobrazuje i ukazatel pod příslušným panáčkem (B.). Míra zaplnění ukazatele určuje zároveň hlasitost přehrávání zvukové stopy příslušející danému nástroji. Čím úspěšnější je hráč v daném kanálu, tím plnější je ukazatel, nástroj hlasitější a panáček se více pohybuje. Následující tabulka shrnuje přiřazení ukazatele, panáčka, nástroje a souboru.

Tabulka 1: Přiřazení ukazatele k panáčkoví, nástroji a souboru

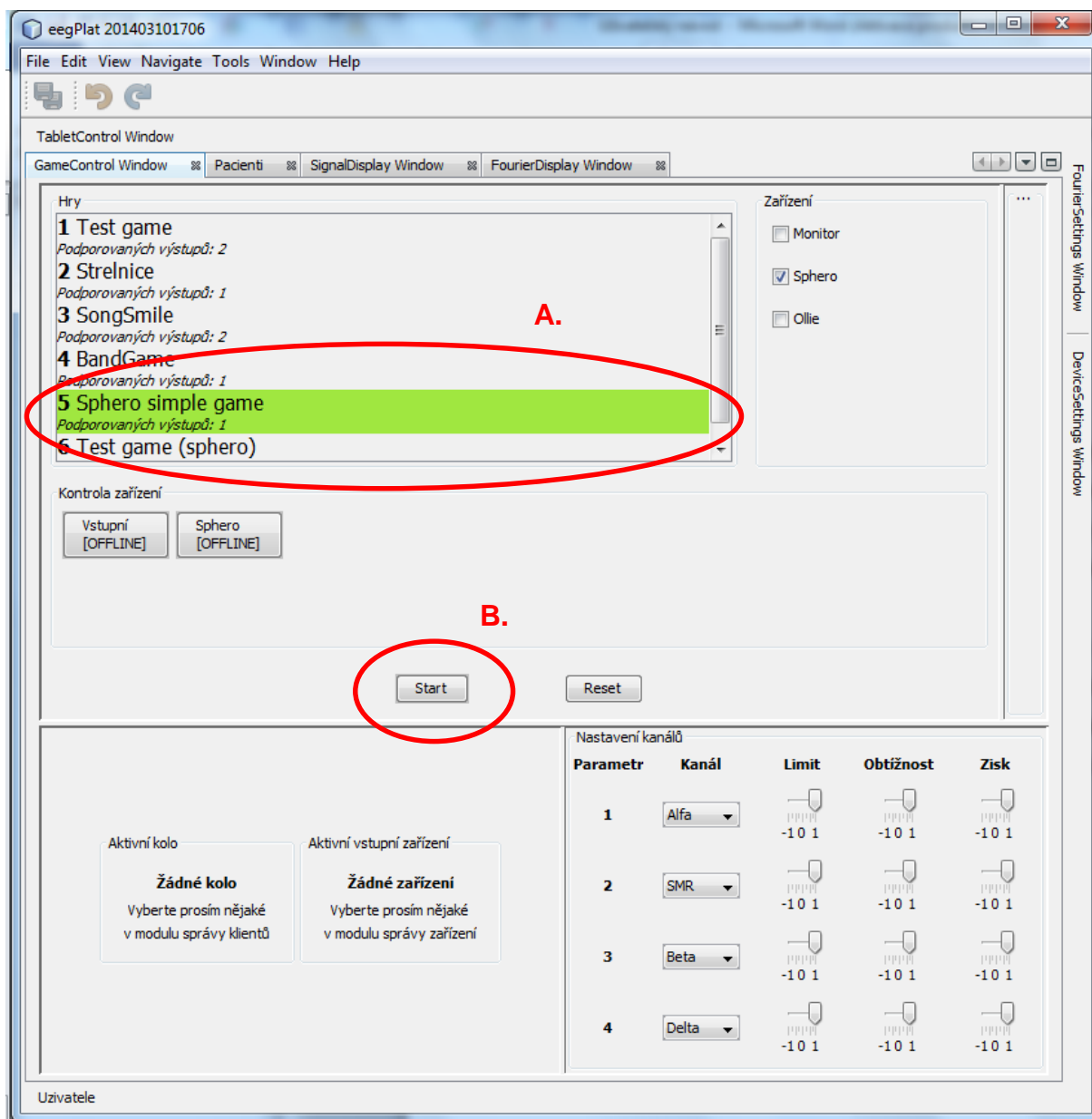
Ukazatel	Panáček	Nástroj	Soubor
1.	Červený	Basová kytara	rhythm
2.	Oranžový	Zpěv	song
3.	Modrý	Akustická kytara	guitar
4.	Zelený	Bubny	drums



Obrázek 12: Okno systému v průběhu kola

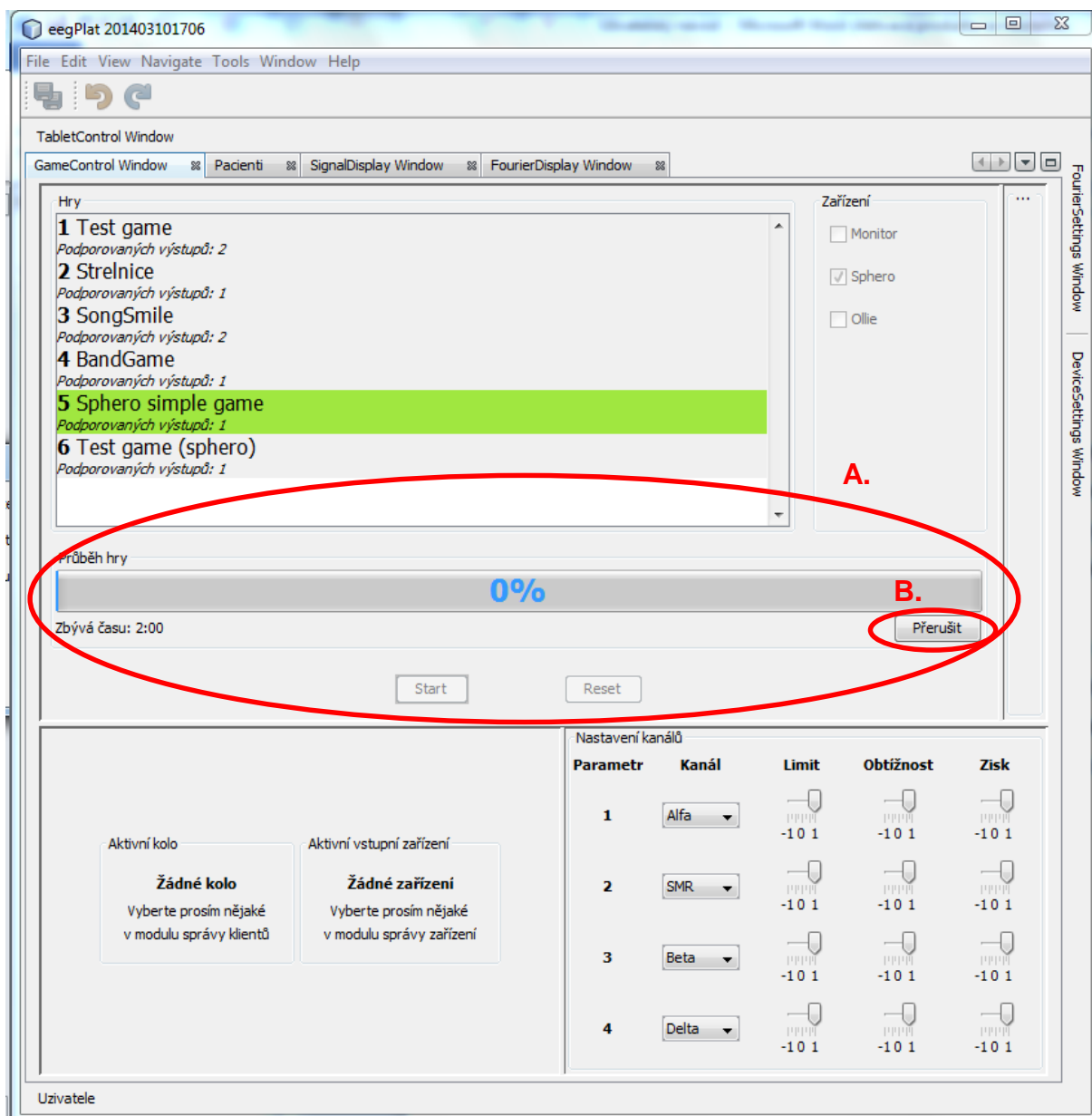
6. V průběhu kola se v okně systému zobrazuje jeho průběh (A.). Kolo trvá standardně 2 minuty. Po této době se hra automaticky ukončí. Kolo také lze kdykoliv v průběhu ukončit kliknutím na tlačítko „Přerušit“ (B.). Hra se ukončí a vypne. Průběh kola nelze po této akci obnovit.

Sphero simple game



Obrázek 13: GameControl Window

1. V GameControl Window vybereme hru Sphero simple game (A.). Hra nemá žádné specifické nastavení. Pro spuštění stiskneme tlačítko „Start“ (B.). Hra se spustí. Její průběh vidíme na pohybu zařízení Sphero. Čím úspěšnější je hráč v daném kanálu, tím rychleji se koule pohybuje a tím intenzivněji svítí.



Obrázek 14: Okno systému v průběhu kola

2. V průběhu kola se v okně systému zobrazuje jeho průběh (A.). Kolo trvá standardně 2 minuty. Po této době se hra automaticky ukončí. Kolo také lze kdykoliv v průběhu ukončit kliknutím na tlačítko „Přerušit“ (B.). Hra se ukončí a vypne. Průběh kola nelze po této akci obnovit.

Příloha C – Příloha na CD

Obsah CD

Cesta	Popis
install	Adresář obsahující instalační soubory
install/eegplat-windows.exe	Instalační soubor pro Windows
install/eegplat-linux.sh	Instalační soubor pro Linux
install/eegplat-macosx.tgz	Instalační soubor pro Mac OS
install/eegplat-solaris.sh	Instalační soubor pro Solaris
houdkovalenka_BP.pdf	Text této práce v PDF
houdkovalenka_BP.docx	Text této práce v DOCX
Uzivatelcky_navod.pdf	Samostatný Uživatelský návod v PDF