Univerzita Karlova v Praze

Matematicko-fyzikální fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Jan Milota

Vývoj hlasově ovládaných webových her pomocí CloudASR

Ústav formální a aplikované lingvistiky

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Ing. Filip Jurčíček, Ph.D.

Studijní program: Informatika

Studijní obor: Obecná Informatika

Praha 2015

Děkuji panu doktorovi Jurčíčkovi za profesionální vedení této práce a za jeho neutuchající víru v mou schopnost samostatného vývoje.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova v Praze má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

V ..... dne ..... Podpis autora

Název práce: Vývoj hlasově ovládaných webových her pomocí CloudASR

Autor: Jan Milota

Katedra: Ústav formální a aplikované lingvistiky

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Ing. Filip Jurčíček Ph.D., Ústav formální a aplikované lingvistiky

Abstrakt: Cílem práce je navrhnout a vyvinout software pro výuku jazyků hrou za použití webových technologií a čerstvě vznikající CloudASR knihovny. Běžný uživatel provozuje interakci se svým prohlížečem skoro výhradně prostřednictvím myši a klávesnice. Díky softwaru, který tato práce reprezentuje, má nyní uživatel příležitost zabřednout do někdy ne úplně populární výuky jazyka i za pomoci svého hlasu. Což nabízí zmíněné výuce netušené možnosti, obzvláště stran uživatelské interaktivity. Důraz byl kladen na uživatelskou přívětivost, grafickou fidelitu a na kompetitivní aspekt výuky, využívajíc Facebookovou integraci a bodové hodnotící žebříčky.

Klíčová slova: automatické rozpoznávání řeči, ASR, hry, web, HTML5, Javascript

Title: Development of speech enabled web games using CloudASR

Author: Jan Milota

Department: Institute of Formal and Applied Linguistics

Supervisor: Mgr. Ing. Filip Jurčíček Ph.D., Institute of Formal and Applied Linguistics

Abstract: The main goal of this thesis is to design and implement a piece of software for playful language learning, using web technologies and the fresh CloudASR library. A common user interacts with their web browser almost exclusively using a mouse and keyboard. Thanks to the software this thesis represents the user has an opportunity to delve into sometimes unpopular language learning process using his natural voice. This fact presents new and exciting possibilities, mainly regarding user interactivity. A lot of stress has been put to user friendliness, graphical fidelity and to the competitive aspect of language education, exploiting Facebook integration and point-scoring leader boards.

Keywords: automatic speech recognition, ASR, games, web, HTML5, Javascript

Obsah

Úvod

Základním komunikačním kanálem mezilidské interakce je mluvená řeč. Ačkoli trend v poslední době spěje spíše k separaci této komunikace virtuálními médii, je mluvené slovo i nadále nenahraditelnou součástí socializace a výměny informací. Proč tedy nepřenést schopnost porozumět lidské mluvě i na stroje, jakožto právě na ona separující virtuální média? Současná technologie je k tomu jistě dostačující, výpočetní výkon lidstva roste po zběsilé křivce a technologické know-how po ještě zběsilejší.

Aby tento cíl mohl být dosažen, je kritické mít dobrý ASR (Automatic Speech Recognition) systém. Těchto se pohybuje v éteru mnoho, volně dosažitelných, různé kvality a spolehlivosti. Pro specifické využití v této práci byl zvolen systém `CloudASR`[1], jehož autorem je kolega Ondřej Klejch.

`TrogASR` (Translating Online Game using Automatic Speech Recognition) je, jak možná název napovídá, online hra, zaměřující se na překlad slov a frází z jazyka do jazyka za využití automatizovaného rozpoznávání řeči.

Cílem této práce je návrh a implementace graficky přitažlivé hry pro webové prohlížeče, která poskytne uživatelům další, neotřelou, možnost, jak si vyzkoušet a zdokonalit své jazykové schopnosti. Tato hra pak bude sloužit jako kompetitivitou hnaný motor pro sběr verifikovaných dat pro použitou `CloudASR` knihovnu.

Velký důraz je kladen na grafickou stránku věci; uživatelsky neatraktivní hra nemá valnou naději na šíření mezi uživateli samotnými samovolně. Navíc se na ošklivou aplikaci nikdo nebude dívat po delší časový úsek, než je jedno sezení, a už vůbec nikdo se k takovéto aplikaci nebude vracet. Proto bylo veškeré stylování a malování a navrhování layoutů a přechodů prováděno s výraznou pílí.

Dále je důraz kladen i na zmíněnou kompetitivitu. Každý má touhu vidět své jméno někde vysoko na žebříčku, zanechávaje své přátele na tomto žebříčku daleko pod sebou. Proto byla zapojena i integrace s Facebookovým API, jež přináší kýženého výsledku poměrně nenásilnou formou. Na „Like“ a „Login“ tlačítko jsou uživatelé zvyklí a nebojí se jej extenzivně používat.

Následující text popisuje a dokumentuje vývoj této aplikace a myšlenkové po-

[1] `https://github.com/UFAL-DSG/cloud-asr/`

chody při něm stojící. První kapitola analyzuje využití ASR v e-learningu. Druhá kapitola seznámí čtenáře s využitými technologiemi a frameworky pro vývoj aplikace `trogASR`. Kapitola třetí nabídne čtenáři vhled do řešení a implementace aplikace `trogASR`, do použitých návrhových vzorů a do problematiky s nimi spojené. A konečně, kapitola čtvrtá shrne celou práci.

1. Automatic Speech Recognition

V této kapitole se čtenář seznámí s některými základními paradigmaty ASR, dozví se, jak ASR proces vypadá. Zároveň je zde představen úvodní formalismus problematiky.

Nejprve se čtenář dočte o tom, co to vlastně ASR je, poté jak ASR probíhá. Nahlédne pod pokličku základů zpracování signálu, inherentních jazykových omezení, modelování ASR systémů a nakonec i hodnocení kvality výstupu.

1.1 Co je to ASR

ASR je teoretický model, založený na pravděpodobnostních vlastnostech akustických pozorování, který formalizuje převod mluveného slova do textu. Přeneseně se takto označují i konkrétní systémy a implementace, které tohoto modelu využívají.

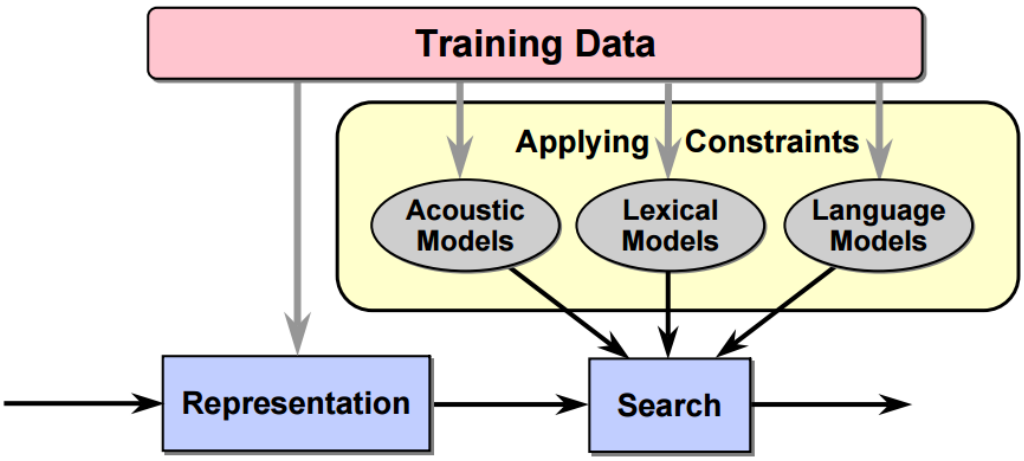
Ultimátním cílem je získat systém, který bude v reálném čase převádět přirozenou lidskou řeč na text se stoprocentní úspěšností pro všechna slova, nezávisle na zkreslení vstupních zařízení, okolním ruchu, nebo přízvuku mluvčích. Již v minulosti ASR systémy dosahovaly i kolem devadesátiprocentní úspěšnosti [3]. Nyní lze nalézt systémy s úspěšností i větší, hlavně však systémy optimalizovanější a výkonnější.

1.2 Postup rozpoznávání

Obrázek 1.1 ukazuje, že samotný návrh systému je poměrně přímočarý.

Zásadními milníky systému jsou:

- Jak zpracovat signál?
- Jak se popasovat s omezeními?
- Jak nalézt optimální výstup?



Obrázek 1.1: *Hlavní součásti ASR systému [4]*

1.3 Reprezentace a zpracování signálu

Pro reprezentaci a zpracování signálu se běžně využívají dva druhy analýzy – analýza pomocí *discrete-time* Fourierovy transformace (DTFT) a Cepstrální analýza (CA).

1.3.1 Fourierovská analýza

Discrete-time Fourierova transformace je vztah:

$$X(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x[n]e^{-j\omega n} \tag{1.1}$$

$$x[n] = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j\omega})e^{j\omega n}d\omega \tag{1.2}$$

jemuž pro konvergenci postačuje podmínka:

$$\sum_{n=-\infty}^{+\infty} |x[n]| < +\infty \tag{1.3}$$

Ačkoli je $x[n]$ diskrétní, $X(e^{j\omega})$ je spojitá, 2π-periodická a pro její dualitu platí:

$$y[n] = x[n] * h[n] \tag{1.4}$$

$$Y(e^{j\omega}) = X(e^{j\omega})H(e^{j\omega}) \tag{1.5}$$

a

$$y[n] = x[n]w[n] \tag{1.6}$$

$$Y(e^{j\omega}) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} W(e^{j\theta})X(e^{j(\omega-\theta)})d\theta \tag{1.7}$$

V důsledku můžeme zavést *short-time* fourierovskou analýzu (STFA – Short-Time Fourier Analysis) jako:

$$X_n(e^{j\omega}) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} w[n-m]x[m]e^{-j\omega m} \tag{1.8}$$

a v případě, že $X(e^{j\omega})$ representuje DTFT signálu, který pokračuje i mimo okno brané v potaz (nebo je tam konstantní nula), můžeme psát, že:

$$X_n(e^{j\omega}) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi} W(e^{j\theta})e^{j\theta n}X(e^{j(\omega+\theta)})d\theta \tag{1.9}$$

1.3.2 Cepstrální analýza

Původně CA vznikla jako nástroj analýzy časového rozvoje seismických signálů vzniklých zemětřeseními, či explozemi. Měla pomoci nalézt především hloubku generátoru seismických signálů analýzou odezvy těchto signálů [6].

CA využívá předpokladu, že signál je výstup lineárního časově invariantního (LTI – Linear Time-Invariant) systému; tedy že je to konvoluce vstupu a impulsové odezvy. Pokud se chceme zabývat charakterizací tohoto modelu, musíme projít procesem dekonvoluce. A CA je právě postup, využívaný pro takovouto LTI dekonvoluci [5].

Vezmeme-li v potaz pozorování, že:

$$x[n] = x_1[n] * x_2[n] \iff X(z) = X_1(z)X_2(z) \tag{1.10}$$

a vyjádříme-li komplexní logaritmus $X(z)$ jako:

$$\widehat{X}(z) = \log X(z) = \log X_1(z) + \log X_2(z) \tag{1.11}$$

pak pokud je tento logaritmus jednoznačný a $\widehat{X}(z)$ je validní z-transformace, jsou nové konvolvované signály aditivní v této nové cepstrální doméně:

$$\widehat{x}(n) = \widehat{x}_1(n) + \widehat{x}_2(n) \tag{1.12}$$

Pokud se navíc omezíme na jednotkovou kružnici $z = e^{j\omega}$, pak cepstrální transformací označujeme:

$$\widehat{X}(e^{j\omega}) = \log|X(e^{j\omega})| + j \arg X(e^{j\omega}) \tag{1.13}$$

1.4 Zdroje omezení mluvené komunikace

Při předávání informace mluvenou řečí může běžně docházet ke zkreslení řečené informace díky několika nepříjemným faktorům, které mohou (a budou) ASR systému působit nepříjemnosti. Těmto omezením se nelze vyhnout, proto jsou ASR systémy nuceny brát v potaz rozličné nepřesnosti a snažit se tyto eliminovat.

Práci už tak nepříjemnou nezlehčuje ani fakt, že omezení nejsou konstantně daná; lze je pouze taxonomizovat a obcházet.

Patří sem například:

- Akustická omezení – lidský hlasový aparát trpí, jako každý jiný komplexní systém, také svými neduhami
- Fonetická omezení – „kolemjdoucí paní“ - „kolem jdou cíp a ní“
- Fonologická omezení – například splynutí „s“ a „š“ do jednoho dlouhého fonému - „lezeš shora“
- Fonotaktická omezení – kupříkladu zjednodušení konsonantických shluků u menších dětí („uličnice“ - „ulitite“), nebo nesmyslná, rádoby přejatá slova („sympathetic“ - „sympatetický“)
- Syntaktická omezení – „jedu na výlet do Českých Budějovic“ - „Českých výlet na Budějovic jedu do“
- Sémantická omezení – „zapal sirku“ - „zapal si ruku“
- Lexikální omezení – „šuplánek“ ani „niplavý“ nejsou česká slova a nemají tedy žádnou projekci v našem vědomí

a mnohá další.

1.5 Modelování systému

V ASR procesu se stroj pokouší nalézt co možná nejlepší shodu získaného signálu (reprezentace přirozené řeči) a posloupnosti písmen (slov, vět). Abychom něčeho podobného mohli dosáhnout, musíme navrhnout dostatečně komplexní a efektivní model, který nám (a našim strojům) dá do ruky nástroj pro formulaci problému, jeho porozumění a metodologii potřebnou k jeho rozlousknutí.

1.5.1 Maximum a Posteriori formulace

Tato formulace se „pokouší nalézt nejpravděpodobnější sekvenci slov W^* při daném akustickém vstupu A“ [2]. MAP přístup [1] lze typicky vyjádřit jako:

$$W^* = \arg\max_W P(W|A) \tag{1.14}$$

Věta 1. *Bayesova věta*
Pro náhodné nezávislé jevy X a Y platí:

$$P(X|Y) = \frac{P(Y|X)P(X)}{P(Y)} \tag{1.15}$$

Za použití 1.15 můžeme upravit pravou stranu rovnosti 1.14, čímž dostaneme vztah:

$$W^* = \arg\max_W \frac{P(A|W)P(W)}{P(A)} \tag{1.16}$$

kde $P(A|W)$ je nazývána charakteristikou akustického modelu (AM – Acoustic Model) a $P(W)$ charakteristikou jazykového modelu (LM – Language Model). Jelikož $P(A)$ je konstantní vůči této maximalizaci, můžeme se jí hladce zbavit a psát:

$$W^* = \arg\max_W P(A|W)P(W) \tag{1.17}$$

1.5.2 Jazykové modely

Modelování jazyka poskytuje nástroj, jak odlišit slova a fráze, které zní podobně, či stejně (homografy, homofony, homonyma). Kupříkladu v americké angličtině jsou věty „recognize speech“ a „wreck a nice beach“ sémanticky diametrálně odlišné, foneticky jsou to však věty téměř homofonní.

Jelikož vyhledávání je v drtivé většině případů pouze jednosměrné, můžeme pravděpodobnost posloupnosti slov $W = w_1, \ldots, w_n = w_i^n$ vyjádřit pomocí řetízkového pravidla a napsat jako:

$$P(w_i^n) = \prod_{i=1}^{n} P(w_i | w_1^{i-1}) \tag{1.18}$$

Protože sekvence W může mít jednoduše příliš mnoho prvků a navíc pravděpodobnost $P(w_i)$ nemusí nutně záviset na úplně celé historii $h_i = w_1^{i-1}$, slučujeme h_i do tříd ekvivalence $\Phi(h_i)$, čímž dospíváme k:

$$P(w_i^n) \approx \prod_{i=1}^{n} P(w_i | \Phi(h_i)) \tag{1.19}$$

Jak možno nahlédnout, pro kvalitní odhad je kritické určit dobré zobrazení Φ. Čím lepší návrh tohoto zobrazení, tím lepší informaci získáme o w_i, využívaje historie $\Phi(h_i)$.

Zde nastupují na scénu *n-gram* modely [7][8], které v tomto případě zavádějí $n-1$ předchozích slov pro reprezentaci historie, tj. $\Phi(h_i) = w_{i-(n-1)}^{i-1}$, čímž získáme:

$$P(w_i^n) \approx \prod_{i=1}^{n} P(w_i | w_{i-(n-1)}^{i-1}) \tag{1.20}$$

Například uvážíme-li *bigram* (*n-gram*, $n = 2$), pravděpodobnost věty „České Budějovice jsou krásné město“, tj. posloupnosti slov:

$$W = Ceske, Budejovice, jsou, krasne, mesto$$

lze vyjádřit jako:

$$\begin{aligned} P(W) = {} & P(Ceske| <start>)P(Budejovice|Ceske) \\ & P(jsou|Budejovice)P(krasne|jsou) \\ & P(mesto|krasne)P(<konec> |mesto) \end{aligned}$$

Pravděpodobnosti $P(w_i | w_{i-(n-1)}^{i-1})$ můžeme dále odečíst z natrénovaných dat vztahem:

$$P(w_i | w_{i-(n-1)}^{i-1}) = \frac{c(w_{i-(n-1)}^{i})}{c(w_{i-(n-1)}^{i-1})} \tag{1.21}$$

kde $c(\xi_p^q)$ představuje četnost výskytů posloupnosti ξ_p^q.

Kvůli možné nepřiměřené míře řídkosti dat je nasnadě uvážit možnost, že dělitel $c(w_{i-(n-1)}^{i-1})$ bude nulový, tedy že posloupnost ještě nebyla natrénována.

Pro eliminaci těchto faktorů lze využít například některý z vyhlazovacích algoritmů (Jelinek-Mercer [9], Katz [10], Good-Turing [11]), nebo drobně pozměnit paradigma a přizvat na pomoc neuronové sítě [12].

Buď jak buď, *bigramy* stále zachovávají svou pozici v modelování jazyka — lze je jednoduše zakomponovat do Viterbiho vyhledávání [13] — a *trigramy* (*n-gram*, $n = 3$) pokračují v bytí dominantním modelem.

1.5.3 Akustické modely

Modelováním akustiky můžeme naopak získat nástroj pro zachycení a vypořádání se například s akustickým šumem, se zkreslením vstupního zařízení, či s netradičním přízvukem mluvčího.

Akustický model statisticky reprezentuje zvuky, jenž poskládány dohromady tvoří vyřčené slovo. Každé takovéto statistické reprezentaci může být přiřazena nálepka ji reprezentující (běžně foném). Aby model mohl poskytovat rozumné výsledky, je potřeba jej nejprve natrénovat na nějakém jazykovém korpusu, například pro tento účel lze využít Baum-Welchova trénovacího algoritmu [15].

Skryté Markovovy modely (HMMs – Hidden Markov Models) [14] jsou jednou z možných interpretací akustického modelu (jiné interpretace mohou zahrnovat například neuronové sítě [16], nebo *dynamic time warping* [17]).

Při použití HMMs jeden HMM reprezentuje každý foném, slova vznikají konkatenací menších HMMs, věty na oplátku konkatenací těchto HMMs a tak dále.

Proč zrovna „skrytý“ Markovův model? Tento název vychází z definice „skrytého“ Markovova procesu (HMP – Hidden Markov Process), který popíšeme za pomoci kolegů Alibaby a Rychlonožky a jejich uren.

Vezměme myšlenkový experiment, kde v místnosti za zavřenými dveřmi žije Alibaba se třemi svými urnami u_1, u_2, u_3. Každá urna obsahuje známou množinu kuliček $\{k_{u_i}\}_1^n$, kde platí $(\forall u \in \{u_1, u_2, u_3\})(\forall j \in \{1, \ldots, n\})(k_{uj} \in \{c_1, \ldots, c_n\})$, tedy každá kulička z každé urny je jedné z barev c. Alibaba bude nyní ďábelským způsobem tahat kuličky z uren, a sice tak, že l-tou kuličku K_l vytáhne náhodně a pouze s ohledem na K_{l-1}. Tomuto procesu se říká Markovův proces. Jelikož

Alibaba na běhání nikdy nebyl, dá taženou K_l Rychlonožkovi, který vyběhne ven dveřmi a složí K_l k nohám nezávislého pozorovatele, hned vedle kuličky K_{l-1} do řady.

Pozorovatel sice zná složení kuliček v urnách, ale nemá ani tušení, co se za dveřmi děje — Markovův proces je skrytý — takže může pouze smutně sledovat sekvenci kuliček, rodící se mu pod nohama. Po $1 < m < n$ tazích a Rychlonožkovo sprintech bude mít pozorovatel v zorném poli posloupnost kuliček K_1^m. Problém ale nastává, chce-li pozorovatel určit z jaké urny byla tažena K_m. Ani v případě, že $(\exists i \in \{1, 2, 3\})(K_1^m \subseteq \{k_{u_i}\}_1^m)$ si totiž nemůže být jist.

Nicméně, pozorovatel se může alespoň pokusit odhadnout pravděpodobnost, že K_m byla z urny i, což se právě HMMs pokouší zachytit.

1.5.4 Lexikální modely

Lexikální modely popisují vztah mezi jednotkami akustickými (fonémy – části slova mluveného, popsané akustickými modely) a lexikálními (lexémy – množina všech tvarů určitého slova, nebo jeho části).

Pro ilustraci lexému vezměme slova „ředkvička“ a „ředkvičky“; mají rozdílné gramatické a sémantické významy (singulár a plurál téhož), lexikální význam je ale stejný (malý, načervenalý, jedlý kořen).

Jednou z výzev navrhování ASR systému je popsat tyto vztahy pro jazyk, kde lexikální příznaky nejsou zcela zřejmé. Jak ale [18] uvádí, pro standardní stochastické HMM ASR systémy existuje lexikální model deterministický, tj. existuje bijektivní zobrazení mezi trénovanými HMMs a lexémy.

Pro jazyky obtížné, s ne zcela formálními lexikálními příznaky, lze lexikální model odvodit z některého lexikálního modelu již známého – aplikací známého modelu na nový jazyk a jeho postupnou adaptací.

Zavedeme-li $\Theta = \{\Theta_A, \Theta_L\}$ množinu parametrů akustických a jazykových modelů, kde $\Theta_A = \{\theta_a, \theta_p r, \theta_l\}$ jsou parametry akustického modelu, respektive

lexikonu, respektive lexikálního modelu, můžeme s využitím 1.14 a 1.15 rozvést:

$$W^* = \arg\max_W P(W|A,\Theta) \tag{1.22}$$

$$= \arg\max_W \frac{P(A|W,\Theta_A)P(W|\Theta_L)}{P(A|\Theta)} \tag{1.23}$$

$$= \arg\max_W P(A|W,\Theta_A)P(W|\Theta_L) \tag{1.24}$$

Hledání nejpravděpodobnější sekvence W^* pro akustický vstup A pak můžeme díky lexikálnímu modelování transformovat na problém hledání nejpravděpodobnější posloupnosti stavů Q^*:

$$Q^* = \arg\max_Q P(Q,A|\Theta) \tag{1.25}$$

$$= \arg\max_Q \prod_{t=1}^{T} p(a_t|q_t = l^i,\Theta_A)P(q_t = l^i|q_{t-1} = l^i,\Theta) \tag{1.26}$$

$$= \arg\max_Q \sum_{t=1}^{T} (\log p(a_t|q_t = l^i,\Theta_A) + \log P(q_t = l^i|q_{t-1} = l^i,\Theta)) \tag{1.27}$$

kde T je celkový počet uvažovaných oken, $Q = \{q_1,\ldots,q_t\}$ jde přes všechny posloupnosti možných HMM stavů, $q_t \in \{l^1,\ldots,l^i,\ldots,l^I\}$ a I značí počet lexémů. Obvykle je výraz $\log p(a_t|q_t = l^i,\Theta_A)$ označován jako *lokální emisní skóre* (LES – Local Emission Score) a výraz $\log P(q_t = l^i|q_{t-1} = l^i,\Theta)$ jako *přechodové skóre* (TS – Transition Score).

1.6 Hodnocení výstupů ASR

Zásadním problémem výstupu ASR systémů je, že rozpoznaná sekvence slov W^* může mít rozdílnou délku od referenční sekvence slov (buďto známé, nebo neznámé, každopádně ale té domněle správné).

Míra chybovosti slov (WER – Word Error Rate) je metrika založená na Levenshteinově (editační) vzdálenosti (LD – Levenshtein Distance) [19].

Formálně je LD mezi dvěma textovými řetězci a, b dána jako $ld_{a,b}(|a|, |b|)$:

$$ld_{a,b}(0,0) = 0 \tag{1.28}$$

$$ld_{a,b}(i,0) = i \tag{1.29}$$

$$ld_{a,b}(0,j) = j \tag{1.30}$$

$$ld_{a,b}(i,j) = \min \begin{cases} ld_{a,b}(i-1,j-1) + 0, & \text{pro } a_i = b_j \\ ld_{a,b}(i-1,j-1) + 1 & \text{(nahrazení)} \\ ld_{a,b}(i,j-1) + 1 & \text{(vložení)} \\ ld_{a,b}(i-1,j) + 1 & \text{(vypuštění)} \end{cases} \tag{1.31}$$

kde $1 \leq i \leq |a|, 1 \leq j \leq |b|$.

WER je pak odvozena z LD, pracujíc na úrovni slov místo na úrovni menších jednotek:

$$WER = \frac{S + D + I}{N} \tag{1.32}$$

kde

- S je počet nahrazení slova slovem
- D je počet vypuštěných slov
- I je počet vložení nových slov
- N je počet slov v referenční sekvenci

2. E-learning jako přenos informace

V této kapitole se čtenář seznámí s několika základními definicemi pojmu e-learning, dozví se, jak se běžně na tento jev nahlíží. Seznámí se s některými pro a proti nasazení e-learningu jakožto výukového média a média pro získávání a předávání informace.

Dále bude čtenáři poskytnut vhled do současného trendu využití e-learningu v herním průmyslu a naopak, využití herního průmyslu v procesu e-learningu.

Čtenář se také dozví o vzniku fenoménu GWAP (Game With a Purpose), jeho praktickém užití a některých příkladech zapracování do života běžného uživatele webu.

Nakonec bude zmíněn vztah GWAP modelu a hry `trogASR`.

2.1 Co je to e-learning

Definovat e-learning (EL) se může zdát úkolem poněkud obtížným, jelikož žádná jedna konkrétní definice nepostihne všechny oblasti a aspekty EL. Proto je zde uvedeno několik definic a ponecháno na čtenáři, nechť si vybere tu pro něj nejpříhodnější.

- „EL je výuka s využitím výpočetní techniky a internetu“ [20].
- „EL je způsob provozu výuky, tréninku, či edukačního programu pomocí elektronických prostředků. EL zahrnuje využití počítače, nebo jiného elektronického zařízení (například mobilního telefonu), jako média pro poskytnutí tréninkového, edukativního, či učebního materiálu“ [21].
- „EL je takový typ učení, při němž získávání a používání znalostí je distribuováno a usnadňováno elektronickými zařízeními“ [22].

2.1.1 Proč používat e-learning

Jak [23] podotýká, tradiční studenti jsou při procesu EL více spontánní a otevření. Většinou si jsou schopni nalézt vlastní postup faktorování výuky, který je pro ně nejméně násilný a může být tedy výrazně efektivnější, než-li způsoby výuky v kamenné třídě s figurou absolutního supervizora – učitele.

EL přináší další výhody oproti klasickým výukovým metodám. Díky dostupnosti virtuálních médií mohou žáci sedět na druhém konci světa a studovat kurzy expertů, se kterými by se jen těžce osobně setkávali.

EL skrz webové rozhraní přináší o to lepší možnost rozšiřitelnosti; web jako takový využívá v dnešní době naprostá většina civilizovaného světa. Má tedy smysl využívat právě toto médium jako to dominantní.

EL je dostupný v dnešní době každému a kdykoli; odpadá závislost na fyzickém kontaktu dvou osob pro průběh procesu předání informace. Tento fakt značně hraje do noty celkovému dnešnímu trendu, jenž míří směrem globalizace a postupného odpadávání fyzické komunikace jako takové.

EL může být masový. Běžný vyučující je schopen reálně zvládnout třídu třiceti žáků. S dobře navrženým EL systémem mohou najednou pracovat miliony lidí. A to při vytížení toho samého jednoho učitele, který daný EL kurz navrhl a realizoval.

2.1.2 Proč e-learning nepoužívat

EL jako koncept má mnoho výhod, avšak je pln i inherentních nevýhod, plynoucích povětšinou ze způsobů nasazení a podání.

Jakkoli velký může mít EL přínos pro předání informace, může mít dopad na kvalitu informace samotné. Vzděláváme-li se prostřednictvím médií a autorů, jejichž identita je skryta, informace, získaná tímto způsobem, nemusí být nutně validní. Nemusíme mít kontrolu nad zdrojem informace, nemáme páky, jak informaci verifikovat. Přesto bývá informaci, předávané virtuálně, přikládán jaksi absolutní význam.

Dalším dopadem je separace vyučujícího a vyučovaného. Nemůžeme si dostatečně jasně vymezit názor na zdroj, který nám EL program připravil. Tento údaj se může zdát nepotřebný. Je však nasnadě si uvědomit, že ač věříme svému úsud-

ku bezmezně, šikovnou manipulací s údaji o původu zdroje lze naše podvědomí naprogramovat na zvýšenou / sníženou hladinu zájmu o poskytovaný materiál.

EL může zaviňovat i úpadek socializační. Studenti nejsou nuceni opouštět zázemí své domény a interagovat se svými vrstevníky, spolustudenty a lektory fyzicky. Stačí jim otevřít rozhraní svého konkrétního média a komunikovat jeho prostřednictvím.

2.2 Výuka a počítačové hry

Počítačové hry mi zničily život.
Ještě, že mám další dva.

Téma výuky prostřednictvím počítačových her je dnes a denně omílanou parafrází.

Na jednu stranu, plejáda edukativních her a hříček nabízí pohled na interakci výuky a herního průmyslu jako na proces oboustranně výhodný. Student — hráč — je vtažen do interaktivního prostředí počítačové hry, kde může objevovat a osahat si koncepty, které v reálném světě mohou být náročné na vysvětlení, nebo v něm dokonce ani nemusí existovat [24]. Herní vývojář naopak získává platícího zákazníka.

Na druhou stranu, student — hráč — může být vystaven vlivům nežádoucím; pro svůj věk, svou psychickou vyspělost, či pro svou víru a formování osobnosti. Násilí, nepřiměřená erotika, nespisovný a vulgární slovník mohou zapříčinit zkreslení náhledu na svět, obzvlášť u jedinců nedospělých, s ne zcela zformovanou osobností.

Jak ale [25] uvádí, negativní sociální dopady na hráče nezapříčiňuje často hra samotná, nýbrž prostředí, ve kterém se hráč při hraní pohybuje. Negativistické rodinné zázemí, domácí násilí, nepohoda, toto jsou stresory, které, dokresleny vulgární počítačovou hrou, mohou propuknout až v agresivní chování hráče, jeho depresivní sklony, popřípadě v inklinaci k násilí. Jak [25] také uvádí, i násilná počítačová hra může mít pozitivní vliv na zdravého jedince a poskytnout mu nástroj k formování základních kognitivních procesů, rychlého uvažování a přístupu

k řešení problémů.

S čím se často setkáváme u hráčů, hrajících počítačové hry v jazyce jiném, než je mateřský, bývá až nečekaný nárůst jazykových schopností. Tento proces u zarputilých hráčů může vést až k částečnému, nebo i úplnému, bilingvismu. Hráč má totiž zájem sám sebe vzdělávat v jazyce své oblíbené hry. Pokud nějaké frázi v daném jazyce nerozumí, rád a dobrovolně si ji vyhledá ve slovníku, aby byl schopen ve hře pokračovat.

2.3 E-learning hrou a crowdsourcing

Crowdsourcing (CS), též někdy *wisdom of the crowds* (moudrost davů), je označení pro způsob dělby práce, kde se pro řešení problému místo zaměstnance, či kontraktora, využije blíže nespecifikovaná skupina lidí (*crowd* – dav) v rámci všeobecné výzvy.

CS se často využívá například při vývoji nové technologie (testování), zdokonalování algoritmu (komparace výsledků), či pro zachycení, analýzu a třídění velkého množství dat.

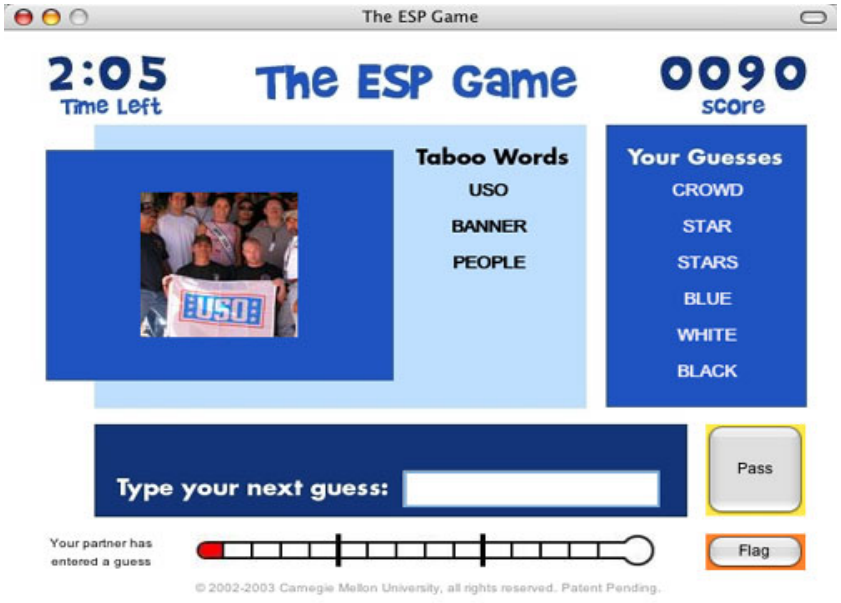
„Každý rok, lidé na celém světě stráví miliardy hodin hraním počítačových her. Co kdyby mohl tento vynaložený čas a energie být soustředěny do užitečné práce? Co kdyby lidé, hrající počítačové hry, mohli bezděky zároveň řešit rozsáhlé a náročné problémy?“ [26]

Díky této otázce vzniká pojem *hra s účelem* (GWAP – Game With a Purpose). Jedná se, jak název napovídá, o počítačovou hru, která mimo pobavení hráče zároveň plní jiný, taktéž smysluplný účel. Lze zde vidět krásné použití CS a EL v praxi. Uživatelé se nevědomky stávají součásti procesu CS a ještě se při tom baví a vzdělávají.

2.3.1 ESP game

Pojem GWAP se poprvé začal objevovat v souvislosti s `ESP game` [27]. `ESP game` (později GIL – Google Image Labeler) je hra vyvinutá pro popasování se s problémem vytváření komplexních metadat obrázků.

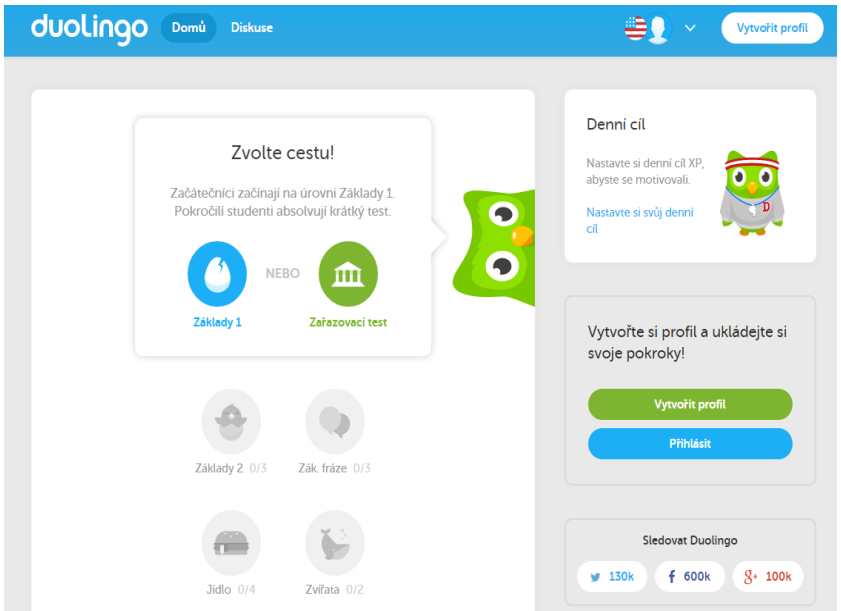
Původně měla `ESP game` řešit úkol, který tou dobou stroje nezvládaly, to jest



Obrázek 2.1: *Ukázka ESP game*

rozpoznávání obrázků. Díky tomu, že autoři zabalili tento úkol do jednoduché hry, mohli využít ohromného potenciálu zahálejících uživatelů webu.

2.3.2 Duolingo



Obrázek 2.2: *Ukázka Duolingo*

`Duolingo`[1] je populární webová hra pro výuku jazyka. Umožňuje například

[1] `https://www.duolingo.com/`

soutěžit s přáteli v jazykové zdatnosti prostřednictvím sítě Facebook.

Nalezneme zde desítky jazykových kurzů, v současnosti i kurzy angličtiny pro české mluvčí. V rámci výuky jsou zde překládány texty partnerských společností, které za překlady platí. Studenti pak provádí samotný překlad a data posléze i verifikují.

2.3.3 reCAPTCHA

Obrázek 2.3: *Ukázka reCAPTCHA*

`reCAPTCHA`[2] [28] není tak úplně hrou. Jedná se o dialog mezi uživatelem a počítačem, který má zjistit, zda uživatel není také stroj. Zároveň se tímto procesem získávají data o prezentovaných obrázcích a jejich obsahu.

Díky `reCAPTCHA` procesu se podařilo například digitalizovat celý archiv *New York Times*. Zároveň je takto podporován vývoj softwaru pro strojové rozpoznávání textu, který je na oplátku používán pro prolomení `reCAPTCHA` kontroly.

2.4 TrogASR jako GWAP

`TrogASR` aplikace, kterou tato práce reprezentuje, je bezesporu typickou GWAP. Jedná se o webovou hru s účelem jazykové výuky za pomoci soupeření o místa na žebříčku, čímž se nejvíce podobá hře `Duolingo` ze zmíněných.

Na jazykovou výuku jde ale z jiného úhlu. Na rozdíl od `Duolingo` nevyžaduje psaný uživatelský vstup, nýbrž vstup hlasový. Cílem tohoto návrhového kroku je poskytnout uživateli větší pocit „zatažení“ do hry a inteligentnější interakce.

Stran smyslu hry `trogASR` lze uvést stránku EL — uživatel projevuje a zdokonaluje své jazykové znalosti — a stránku CS — uživatel bezděčně poskytuje verifikovaná data `CloudASR` knihovně.

[2] `https://www.google.com/recaptcha/intro/index.html`

3. Použité technologie

3.1 Kapitola

3.2 Kapitola

4. Implementace

4.1 Kapitola

4.2 Kapitola

Závěr

Seznam použité literatury

[1] Bahl, L. R., Jelinek, F., Mercer, R. L.
A maximum likelihood approach to continuous speech recognition.
IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1983

[2] Deoras, A., Filimonov, D., Harper, M., Jelinek, F.
Model combination for Speech Recognition using Empirical Bayes Risk minimization.
IEEE Spoken Language Technology Workshop (SLT), 2010

[3] Bahl, L., Baker, J., Cohen, P., Dixon, N.R., Jelinek, F., Mercer, R.L., Silverman, H.F.
Preliminary results on the performance of a system for the automatic recognition of continuous speech.
Acoustics, Speech, and Signal Processing, IEEE International Conference on ICASSP '76, 1976

[4] Glass, James, Zue, Victor
6.345 Automatic Speech Recognition.
Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare, Spring 2003.
License: Creative Commons BY-NC-SA

[5] Tohkura, Y.
A Weighted Cepstral Distance Measure for Speech Recognition.
IEEE Trans. ASSP, Vol. ASSP-35, No. 10, 1414-1422, 1987

[6] Bogert, B.P., Healy, M.J.R., Tukey, J.W.
The frequency alanysis of time series for echoes: cepstrum, pseudo-autocovariance, cross-cepstrum and saphe cracking.
Time Series Analysis, M. Rosenblatt, Ed. New York: Wiley, ch.15, 1963

[7] Byeongkyu, Ko, Dongjin, Choi, Chang, Choi, Junho, Choi, Pankoo, Kim
Document Classification through Building Specified N-Gram.

Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS), Sixth International Conference 2012

[8] Masataki, H., Sagisaka, Y., Hisaki, K., Kawahara, T.
Task adaptation using MAP estimation in N-gram language modeling.
Acoustics, Speech, and Signal Processing (vol.2), IEEE International Conference 1997

[9] Jelinek, F., Mercer, R.
Interpolated estimation of Markov source parameters from sparse data.
Proceedings of Workshop on Pattern Recognition in Practice, pg.381-397, 1980

[10] Katz, S.
Estimation of probabilities from sparse data for the language model component of a speech recognizer.
Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE Transactions, 1987

[11] Church, K., Gale, W.
A Comparison of the Enhanced Good-Turing and Deleted Estimation Methods for Estimating Probabilities of English Bigrams.
Computer Speech & Language, 1991

[12] Chien-Lin, Huang, Hori, C., Kashioka, H.
Semantic inference based on neural probabilistic language modeling for speech indexing.
Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), IEEE International Conference 2013

[13] Goblirsch, D.M.
Viterbi beam search with layered bigrams.
Spoken Language, Fourth International Conference, 1996

[14] Poritz, A.
Hidden Markov models: a guided tour.
Acoustics, Speech, and Signal Processing, International Conference, 1988

[15] Han, Shu, Hetherington, I.L., Glass, J.
Baum-Welch training for segment-based speech recognition.
Automatic Speech Recognition and Understanding, IEEE Workshop 2003

[16] Kingsbury, B.
Lattice-based optimization of sequence classification criteria for neural-network acoustic modeling.
Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE International Conference 2009

[17] Tarar, S.
Speech analysis: Desktop items activation using Dynamic time warping algorithm.
Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 3rd IEEE International Conference 2010

[18] Rasipuram, Ramya, Magimai.-Doss, Mathew,
Acoustic and Lexical Resource Constrained ASR using Language-Independent Acoustic Model and Language-Dependent Probabilistic Lexical Model.
Idiap Research Report, 02-2014

[19] Schluter, R., Nussbaum-Thom, M., Ney, H.
On the Relationship Between Bayes Risk and Word Error Rate in ASR.
Audio, Speech, and Language Processing, IEEE Transactions, 2010

[20] Korviny, Petr
Moodle (nejen) na OPF.
OPF, 2005

[21] Stockley, Derek
http://www.derekstockley.com.au/elearning-definition.html, 2003

[22] Průcha, Jan, Walterová, Eliška, Mareš, Jiří
Pedagogický slovník.
Pedagogický slovník s.66, Praha, Portál, 2003

[23] Fongling, Fu, Sheng-Chin, Yu

The Games in E Learning Improve the Performance.

Information Technology Based Higher Education and Training, 7th International Conference, 2006

[24] Graven, O.H., MacKinnon, L.

Exploitation of games and virtual environments for e-learning.

Information Technology Based Higher Education and Training, 7th International Conference, 2006

[25] Xue-min, Zhang, Mao, Li, Bin, Yang, Liu, Chang

Violent Components and Interactive Mode of Computer Video Game on Player's Negative Social Effect.

Intelligent Information Technology Application, Third International Symposium, 2009

[26] von Ahn, Luis

Games With A Purpose.

Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer Magazine, vol. 39, no. 6, 2006

[27] von Ahn, Luis, Dabbish, Laura

Labeling images with a computer game.

In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 319-326, 2004

[28] von Ahn, Luis, Maurer, Benjamin, McMillen, Colin, Abraham, David, Blum, Manuel

reCAPTCHA: Human-Based Character Recognition via Web Security Measures.

Science, vol. 321, no 5895, pp. 1465-1468, 2008

Seznam tabulek

Seznam použitých zkratek

AM	Acoustic Model
ASR	Automatic Speech Recognition
CA	Cepstral Analysis
CS	Crowdsourcing
DTFT	Discrete-Time Fourier Transform
EL	E-Learning
GIL	Google Image Labeler
GWAP	Game With a Purpose
HMM	Hidden Markov Model
HMP	Hidden Markov Process
LD	Levenshtein Distance
LES	Local Emission Score
LM	Language Model
LTI	Linear Time-Invariant
MAP	Maximum a Posteriori
STFA	Short-Time Fourier Analysis
TrogASR	Translating Online Game using Automatic Speech Recognition
TS	Transition Score
WER	Word Error Rate

Přílohy