

Inteligentné budovy s asistentom pre nevidiacich

Intelligent Building with the Assistance for Blind People

Milan Hudec*

Abstrakt

Systémy domácej automatizácie a AAL systémy sú technológie, ktoré sa v súčasnosti veľmi rýchlo rozvíjajú. Môžu realizovať zabezpečenie obytných priestorov, vykurovanie, zónovú teplotnú reguláciu a akýkoľvek iný automatizovateľný komfort pri obsluhu a získavaní informácií o ľuďoch a stave domácnosti. Systém domácej automatizácie „RUDO“ je vybavený asistenčnými technológiami, ktoré umožňujú nevidiacemu človeku plnohodnotne obsluhovať vykurovací systém, zónovú reguláciu a používať PC v oblasti odbornej informatiky.

Kľúčová slova: Systém domácej automatizácie, Ambient Assistent Living, Z-Wave sieť, Syntéza hlasu, Neurónová sieť, Asistenčná technológia.

Abstract

Home Automation Systems and AAL Systems are nowadays very quickly developed technologies. It is used for the living space support, heating, zone temperature regulation and many other automatable comfort for operating and gaining the information of the humans and household condition. The system of home automation "RUDO" is equipped with the assistance technologies that allow blind people to fully operate the heating system, zone regulation and use PC at the professional level.

Keywords: Home Automation System, Ambient Assistent Living, Z-Wave network, Voice Synthesis, Neural network.

1 Úvod

Automatizované systémy nainštalované v prostredí interiéru budov s účelom asistencie pri bývaní (Darwish et al., 2014; Amiribesheli, Benmansour, & Bouchachia, 2015; Gullà et al., 2015), sú zväčša orientované na pomoc pre starších ľudí (Ni, Hernando, & de la Cruz, 2015; Nef et al., 2015; Dasios et al., 2015; Vacher et al., 2015; Konda et al., 2015). Asistenčné služby AAL systémov (Ambient Assistent Living) sú preto zväčša orientované na pomoc:

- pri onemocnení pohybovej sústavy (Ni, Hernando, & de la Cruz, 2015; Dasios et al., 2015; Konda et al., 2015; Aicha, Englebienne, & Kröse, 2015),

* Department of Computer Science, Faculty of Natural Sciences,
University of Matej Bel, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovak Republic
✉ milan.hudec@umb.sk

- pri slabozrakosti (Vacher et al., 2015),
- pri ľahšej forme stareckej demencie (Cavallo, Aquilano, & Arvati, 2015),
- pri údržbe hygienických potrieb a zvýšení bezpečnosti (Dasios et al., 2015; Leotta, & Mecella, 2015; Karmakar, Kabra, & Ramamritham, 2015; Bhatt, & Verma, 2015).

1.1 Dôvod pre vývoj AAL systému RUDO

Dôvod na vytvorenie prototypu AAL systému RUDO bol vývoj asistenčných technológií zameraných na pomoc nevidiacim ľuďom bez vekového obmedzenia. Podľa Svetovej zdravotníckej organizácie má približne 1 až 1,5% populácie vážne problémy so zrakom. Únia nevidiacich a slabozrakých Slovenska má cca 4000 členov zo zrakovým postihnutím. Vybrali sme piatich nevidiacich na Slovensku, ktorí majú predpoklady správne zhodnotiť a formulovať svoje potreby vyplývajúce so zrakového hendikepu. Títo respondenti vyjadrili svoj názor formou dotazníka. Výsledok je možné v krátkosti zhrnúť takto:

- a) potreba určenia činnosti malých detí (päť respondentov),
- b) potreba bezpečnostného systému – niekto prichádza (štyria respondenti),
- c) potreba lokalizácie malých detí (traja respondenti),
- d) potreba bezpečnostného systému – identifikácia prichádzajúceho (traja respondenti),
- e) potreba rozprávajúcej pračky (traja respondenti),
- f) potreba rozprávajúceho sporáku – varí sa? rozpálený olej (traja respondenti),
- g) potreba rozprávajúceho multimetra (dvaja respondenti),
- h) potreba lokalizácie spadnutých vecí a smetí (dvaja respondenti),
- i) potreba rozpoznávania flákov na skle a porceláne (jeden respondent),
- j) potreba osciloskopu s popisom krivky (jeden respondent).

1.2 Ciele

Na začiatku vývoja novej verzie AAL systému RUDO boli stanovené tieto ciele týkajúce sa pomoci nevidiacim ľuďom:

1. asistencia pri obsluhu vykurovacieho systému,
2. automatizácia pri úspore energií,
3. podpora pri rodičovskom dohľade nad deťmi,
4. podpora pri učení sa do školy a vyhotovovaní dokumentov,
5. podpora pri rozpoznávaní prichádzajúcich osôb,
6. podpora pri odbornej práci v oblasti informatiky a elektroniky.

1.3 Jednotlivé časti článku

V kapitole 2 bude čitateľ oboznámený so súčasným vývojom v oblasti AAL systémov. V kapitolách 3-6 je opísaný prototyp AAL systému RUDO, ktorý bol vytvorený na univerzitnej pôde. V súčasnosti je ďalej vyvíjaný s cieľom efektívnejšieho využitia prvkov umelej inteligencie ako sú syntéza a rozpoznávanie hlasu (Psutka et al., 2006; Uhlíř et al., 2007; Hudec, 2013), neurónové siete s genetickým adaptačným mechanizmom, viz (Hudec, 2013; Šíma, & Neruda, 1996; Nikolaev, & Iba, 2006; Koza et al., 2003; Galushkin, 2003; Samarasinghe, 2006).

Autorom systému RUDO a tiež aj tohoto článku je nevidiaci človek. Asistenčné technológie môžu byť preto dostatočne empiricky otestované v praxi. Zároveň sa ale autor týmto ospravedľňuje čitateľom za nedostatok grafických obrázkov a grafov. V kapitole 7 je predstavená diskusia o najdôležitejších funkciách systému RUDO a ich porovnanie so

súčasnými AAL systémami. V tejto kapitole je uvedené empirické porovnanie výsledkov vývoja AAL systému RUDO so stanovenými cieľmi projektu.

2 Súčasný vývoj AAL systémov

Automatizované systémy v inteligentných budovách môžeme rozdeliť do dvoch skupín:

- a) systémy podporujúce komfort, vzdialenú správu, odovzdávanie informácií o stave príslušných priestorov, zabezpečenie a úsporu energií bez asistenčných služieb zdravotne hendikepovaným ľuďom (Karmakar, Kabra & Ramamritham, 2015; Bhatt & Verma, 2015; Roper, Pilgrim, & Simpson, 2015; Mendes et al., 2015),
- b) systémy AAL zamerané prioritne na asistenčné služby pre starších ľudí a ľudí so zdravotným hendikepom (Darwish et al., 2014; Gullà et al., 2015; Amiribesheli, Benmansour & Bouchachia, 2015).

AAL systémy taxonomicky klasifikujú osoby, ktoré zo zdravotného hľadiska vyžadujú asistenčnú podporu (Darwish et al., 2014; Amiribesheli, Benmansour & Bouchachia, 2015; Konda et al., 2015; Nef et al., 2015; Ni, Hernando & de la Cruz, 2015; Aicha, Englebienne & Kröse, 2015; Konda et al., 2015). Pri tejto činnosti vyhodnocujú dáta z pohybových senzorov (Ni, Hernando & de la Cruz, 2015; Nef et al., 2015; Dasios et al., 2015; Aicha, Englebienne & Kröse, 2015) alebo kamier (Konda et al., 2015; Leotta & Mecella, 2015). Pri krízovej klasifikácii systém vyšle podnet na privolanie opatrovateľskej pomoci alebo zdravotníckeho zásahu.

Súčasťou AAL systémov je prispôsobené alebo adaptabilné používateľské rozhranie (Gullà et al., 2015; Vacher et al., 2015), ktoré môže vhodne kompenzovať zdravotný hendikep. Môžu byť využité aj doplnujúce služby kontrolujúce hygienické podmienky, ekoparametre - teplota, intenzita svetla a podobne (Dasios et al., 2015). Poslednou zmienkou vlastnosťou AAL systémov je aj ich ekonomické hodnotenie – náklady na zriadenie, licenčné obmedzenia a náklady na údržbu (Dasios et al., 2015).

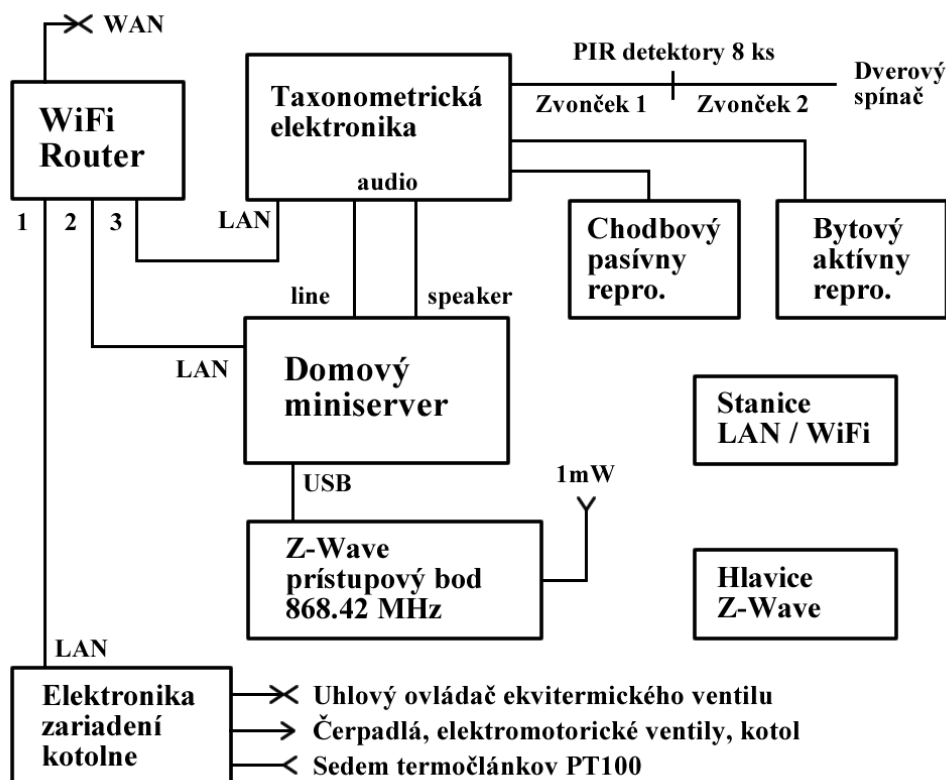
Systém RUDO je špecifický svojim určením pre cieľovú skupinu nevidiacich ľudí. Svojou činnosťou je preto trochu odlišný od diskutovaných AAL. Využíva vo väčšej miere klasické ponímanie systémov domácej automatizácie, ktoré sprístupňuje nevidiacim pomocou špeciálneho používateľského rozhrania. Taxonómiu nevyužíva na klasifikáciu nevidiacich, ale naopak na klasifikáciu zvyšných členov domácnosti a hostí (Hudec, 2002). Na základe vyhodnocovania a hlásení pomocou umelo produkovanej reči sa nevidiacim ľuďom čiastočne nahrádza zrak.

3 Architektúra systému RUDO

RUDO v. 4.0, 2016 je AAL systém pracujúci na operačnej platforme Linux Debian. RUDO je sieťovo orientovaný produkt pracujúci v rámci lokálnej počítačovej siete. Obsahuje tieto základné hardvérové a softvérové komponenty:

- a) nízkoenergetický počítač - domový miniserver,
- b) hardvérové V/V zariadenie na pripojenie IR detektorov pripojené cez lokálnu sieť pomocou zariadenia ADAM 6050 - galvanicky oddelené vstupy/výstupy,
- c) hardvérové elektronické zariadenie používané na meranie, reguláciu a ovládanie ventilov v kotolni pripojené cez lokálnu sieť pomocou zariadení ADAM 6052 a ADAM 6015 - galvanicky oddelené V/V a meranie teplôt,

- d) Z-Wave kontrolér pripojený cez USB k domovému miniservru - vytvára Z-Wave bezdrôtovú sieť,
- e) osem PIR detektorov, magnetický dverový spínač, dve relé na domové zvončeky, pákový servoregulátor ekvitermického ventilu, dva elektromotorické ventily, dve čerpadlá, plynový kotol, sedem termočlánkov PT100, 17 termostatických Z-Wave radiátorových hlavíc "STELLA Z",
- f) päť kondenzátorových mikrofónov a štyri parametrické predzosilovače na vstupnú spektrálnu filtráciu zvuku, mini mixážne zariadenie,
- g) multimeter so zariadením umelej produkcie hlasu, skratomer, svetlo mer a skúšačka (zariadenia umožňujúce nevidiacim prácu s elektronikou),
- h) softvérový server "rudoserver" spúšťaný na domovom miniservri v "/etc/rc.local" (Sobell, 2007; Jelínek, 2008), ktorý spúšťa softvérové servre:
 - "gobsvr", syntéza hlasu a zvuky (Psutka et al., 2006; Uhlíř et al., 2007; Hudec, 2013),
 - "gobtlk", asistenčná technológia pre nevidiacich (Hudec, 2013),
 - "rudo", zabezpečovací a informačný systém s prvkami
 - umelej inteligencie (Hudec, 2013; Šíma & Neruda, 1996; Nikolaev & Iba, 2006; Koza et al., 2003; Galushkin, 2007; Samarasinghe, 2006; Hudec, 2002),
 - "kurenie", automatizovaný systém riadenia kotolne,
 - "zonovaregulacia", automatizovaný systém zónovej regulácie.



Obr. 1. Bloková schéma AAL systému RUDO. Zdroj: autor.

4 Automat kúrenia

Vykurovací server je cez sieťové programové rozhranie modbus pripojený na zariadenie ADAM 6015, ktoré realizuje meranie teplôt a zariadenie ADAM 6052, ktoré s ďalšou elektronikou obsluhuje pákový ekvitermický ventil, dva elektromotorické ventily a dve čerpadlá. Jeden elektromotorický ventil a čerpadlo vedie z primárneho okruhu horúcu vodu na ohrev bojlera, druhý elektromotorický ventil a čerpadlo vedie vodu do radiátorového okruhu. Pomocou ekvitermického štvorcestného ventilu sa mieša z primárneho okruhu horúca voda do radiátorového okruhu tak, aby mala radiátorová voda požadovanú teplotu.

4.1 Bez interiérových termostatov

Kúriaci softvérový automat pri svojej prevádzke nepoužíva interiérové meranie teplôt. Výhodou tohoto riešenia je, že intenzita vykurovania nezávisí od lokálneho umiestnenia teplotného čidla. Automat vypočíta teplotu radiátorov z troch vstupných údajov:

1. nastavená požadovaná vnútorná teplota,
2. reálna vonkajšia teplota,
3. strmosť únikovej krivky (ÚnikováKonštanta).

Strmosť únikovej krivky sa musí pre danú budovu nastaviť pri inštalácii systému. Strmosť je zadávaná parametrom – ÚnikováKonštanta, ktorý sa zvolí empiricky. Pomocou únikovej krivky automat vypočíta teplotu radiátorov na základe vonkajšej teploty a požadovanej nastavenej vnútornej teploty. Úniková krivka má lineárnu zložku a mocninovú zložku s nízkym exponentom. Priebeh únikovej krivky sa dá nastaviť tak, že už nie je potrebná ďalšia regulácia pomocou termostatických hlavíc.

Systém RUDO však počíta ešte s ďalšou reguláciou pomocou termostatických Z-Wave (Roper, Pilgrim, & Simpson, 2015; Mendes et al., 2015) hlavíc. Exponent je preto nastavený na vyššiu hodnotu aby sa zvýšila rýchlosť vykúrenia na požadovanú teplotu. Používaný exponent je ÚnikováKonštanta = 1,12, priebeh funkcie je nasledovný:

Vstup : VonkajšiaTeplota, VnútornáNastavená, ÚnikováKonštanta

Výstup: TeplotaRadiátorov

```
if VonkajšiaTeplota >= VnútornáNastavená then
    TeplotaRadiátorov := VnútornáNastavená #Nebude sa kúriť
else
    {Bude sa kúriť}
    TeplotaRadiátorov :=
        VnútornáNastavená +
        abs(VnútornáNastavená-VonkajšiaTeplota)*
        frac(ÚnikováKonštanta)*4 +
        power(abs(VnútornáNastavená-VonkajšiaTeplota)/3,7,
            ÚnikováKonštanta) #Exponent mocniny
```

Kde power je funkcia umocňovania a frac vracia hodnotu argumentu bez jeho celej časti – $\text{frac}(1,12) = 0,12$.

4.2 Regulácia s teplotnou spätnou väzbou

Pri zapnutí kúrenia sa ekvitermický ventil otvorí na maximum. Automatická regulácia sa začína z maxima, preto je reakcia kúrenia po zapnutí veľmi rýchla. Algoritmus kúriaceho automatu pracuje v cykle s tromi krokmi:

1. meranie teploty v radiátorovom okruhu,
2. na základe rozdielu teplôt

PožadovanáRadiátorová - AktuálnaRadiátorová sa vykoná korekcia nastavenia ekvitermického ventilu,

3. čaká sa dve minúty.

Korekcia nastavenia ekvitermického ventilu je tým väčšia, čím je väčšia absolútna hodnota rozdielu teplôt. Ak sa požadovaná radiátorová teplota líši od aktuálnej menej ako o 1/2 stupňa, korekcia neprebehne. Teplota vody v radiátoroch je správna.

4.3 Ohrev vody

Softvérový automat ohrevu vody ovláda elektromotorický ventil, cez ktorý sa vedie horúca voda z primárneho okruhu do výmenníka tepla v bojleri. Ak má voda v primárnom okruhu menšiu teplotu ako voda v bojleri, elektromotorický ventil sa uzatvorí aj napriek tomu, že je ohrev vody zapnutý. Zabráni sa tak spätnému odovzdávaniu tepla z bojlera do primárneho okruhu.

5 Automat zónovej regulácie, Z-Wave sieť

Softvérový automat zónovej regulácie obsluhuje USB Z-Wave zariadenie na úrovni `command_class` príkazov (Roper, Pilgrim, & Simpson, 2015; Mendes et al., 2015). Toto zariadenie vytvára Z-Wave bezdrôtovú sieť, pomocou ktorej server komunikuje s termostatickými hlaviciami jednotlivých radiátorov. Používateľsky je možné rozdeliť obytný priestor na toľko teplotných zón, koľko je v dome miestností.

5.1 Teplotné oscilácie radiátorov

Pri nastavovaní strmosti únikovej krivky, celkovej vnútornej požadovanej teploty a požadovaných teplôt na jednotlivých termostatických hlaviciach môže vzniknúť teplotná oscilácia niektorých radiátorov. Ide v princípe o chovanie sa spätiväzbovej teplotnej regulácie v súvislosti s tepelnou kapacitou radiátora.

Ak je teplota vody v radiátoroch príliš vysoká a naopak nastavená teplota na termostatických hlaviciach pomerne nízka, radiátory začnú nadmerne teplotne oscilovať. Takáto teplotná oscilácia sa prejaví istým diskomfortom.

Ak sa lokálne v interiéri požaduje maximálna teplota T stupňov C, znamená to, že najvyššia nastavená teplota na hlaviciach je T stupňov C. V takomto prípade celková požadovaná interiérová teplota, regulovaná štvorcestným ekvitermickým ventilom musí byť nastavená na $T+1$ stupňov C. Ak je úniková krivka pre danú budovu nastavená správne, automat vypočíta teplotu radiátorovej vody tak, aby termostatické hlavice nepracovali len v spínacom režime.

Pri takejto dvojstupňovej regulácii sa dosiahne stav, pri ktorom je teplota radiátorov v každej miestnosti iná a navyše nadmerne nekolíše. Nastavené izbové teploty môžu byť takto v rozsahu približne 5 stupňov bez straty komfortu. Zároveň sa neobývané časti budovy môžu

len temperovať, pričom vzniknuté teplotné oscilácie na týchto radiátoroch neprekážajú, keďže ide len o neobývané zóny.

Takáto dvojestupňová regulácia navyše zvláda v zmysle úspory energií veľmi elegantne kratšie aj dlhšie trvajúce vetranie. Termostatické hlavice sa na základe ochladenia spôsobeného vetraním môžu aj naplno otvoriť. Do radiátorov však prichádza teplá voda, ktorá je ešte regulovaná ekvitermickým ventilom na základe exteriérového merania, ktoré nie je ovplyvňované zmenou teploty v interiéri.

5.2 Časové zónové harmonogramy

Softvérový server zónovej regulácie ponúka pätnásť celkových časových harmonogramov, ktoré sú používateľsky predstaviteľné podľa konkrétnej potreby:

1. Štandardný režim - cez týždeň sa chodí do zamestnania,
2. prítomnosť - sviatky, všetci sú doma,
3. neprítomnosť - nikto nie je doma,

...

Súčasťou časových harmonogramov je kalendár štátnych sviatkov a algoritmus výpočtu dátumu Veľkej noci. Ak sviatok spadá do pracovného dňa v týždni, automaticky sa bude vykonávať regulácia podľa sobotného dňa. Jeden celkový časový harmonogram obsahuje týždenné harmonogramy pre jednotlivé radiátory osobitne. Týždenný harmonogram obsahuje denné harmonogramy radiátorov, v ktorých je možné nastaviť rôzne vykurovacie teploty v rôznych časových úsekoch dňa.

Napríklad skoro ráno sa môže zakúriť len na chodbe a v kúpeľni na prvom poschodí, pre člena domácnosti, ktorý odchádza do zamestnania skoro ráno. Ušetrí sa tak energia bez straty komfortu. Počas neprítomnosti z dôvodu zamestnania sa môže doobeda byť temperovať a pred príchodom prvého člena domácnosti sa vykurovacie teploty prestavia na požadované hodnoty.

Počas prechodných období sa pomocou systému domácej automatizácie môže zakúriť len v jednej alebo niekoľkých miestnostiach, čím sa plne nahradí dokurovanie lokálnymi zdrojmi tepla na pevné palivo. Prítom však stále rozprávame o automatickom vykurovaní, ktoré vyžaduje len kliknutie na požadovaný celkový časový harmonogram pre dané ročné obdobie.

Server zónovej regulácie ponúka kopírovanie denných týždenných a celkových harmonogramov a kopírovanie harmonogramov jednotlivých poschodí. Spolu s históriou zapisovania údajov tak poskytuje silný prostriedok na rýchlu prípravu celej databázy harmonogramov zónovej regulácie.

6 Asistent pre nevidiacich ROWS a syntetizér GOBLIN

AAL systém RUDO je nainštalovaný na domovom miniservri v rámci lokálnej počítačovej siete. Komunikuje na princípe server/klient, je obsluhovateľný pomocou klientských aplikácií na počítačoch pripojených metalicky alebo cez WiFi. Obsluha je tiež možná pomocou vzdialenej správy cez internet.

Klientské aplikácie sú vybavené asistenčnými technológiami pre nevidiacich, ktoré sprostredkujú informácie pomocou syntetického hlasu. Súčasťou systému RUDO je modul ROWS, ktorý obsahuje softvérový server hlasovej syntézy - GOBLIN, server dátovej navigácie pre nevidiacich a server Braillovej klávesnice. Celý systém pracuje pod operačnou

platformou Linux Debian 6.x a 8.x. Dátové výstupy sú prispôsobené tak, aby nevidiacim obyvateľom nahrádzali pohľad na displej.

Napríklad ak sa vybíjajú batérie v niektorej zo Z-Wave hlavíc, systém RUDO zahlási v bytovom reproduktore stav batérie a umiestnenie radiátora v budove. Hlásenie sa realizuje asi týždeň pred úplným vybitím a opakuje sa viackrát denne. Po jednoduchej výmene batérií sa hlásenie automaticky zruší.

Nevidiaci je takto včas informovaný s presnou špecifikáciou umiestnenia danej hlavice, čím nedôjde k výpadku vykurovania na danom radiátore. Energia batérií pokryje čas od polovice až po celú vykurovaciu sezónu. Ich spotreba je daná početnosťou automatických teplotných korekcií, teda závisí od polohy daného radiátora v budove.

Vysielanie Z-Wave signálu nie je energeticky zaťažujúce, lebo hlavice pracujú v spiacom režime. Čas pravidelného prebúdzania je daný tzv. wakeup intervalom, ktorý je nastavený na päť minút. Systém RUDO umožňuje tento interval prestaviť až do 30 minút, čím sa spotreba batérií ešte zníži. Teplotné korekcie sa totiž vykonávajú vždy pri prebudení hlavice.

V testovacom prototypy bol zvolený najkratší interval prebúdzania z dôvodov empirického otestovania najväčšej spotreby. Krátky interval prebúdzania navyše zvyšuje rýchlosť reakcie hlavice na podnet používateľa z klientskej aplikácie. Primeraný interval prebúdzania môže byť nastavený v rozsahu od 10 do 15 minút, čo spôsobí, že energia dvojice alkalických batérií 1.5 V typu AA na jednu hlavicu pokryje celú vykurovaciu sezónu.

6.1 Vstup v Braillovom písme

Aby mohol nevidiaci používateľ ovládať AAL systém, je potrebné prispôbiť vstup z bežnej klávesnice na vstup v Braillovom – bodovom písme. Softvér, ktorý túto funkciu zabezpečuje, číta udalosti bežnej klávesnice zo zariadenia `/dev/input/eventX`, (Sobell, 2007; Hudec, 2013; Jelínek, 2008) pričom toto zariadenie zakáže pre iné procesy. Zároveň otvorí zariadenie emulácie klávesnice `/dev/uinput` (Hudec, 2013; Sobell, 2007; Jelínek, 2008) na zápis.

Takouto filtráciou udalostí bežnej klávesnice (Hudec, 2013) rozšíri jej funkciu aj na zápis v Braillovom písme pre nevidiacich. Rozšírená funkcia klávesnice sa ľahko používateľsky zapína alebo vypína, čo spôsobuje, že táto úprava neobmedzuje vidiacich používateľov. Pri rozšírenej funkcii klávesnice sú znaky "asdfjkl;" vnímané ako body Braillovoho písma. Preto sa musia tieto klávesy stláčať naraz v príslušných kombináciách. Takýto filtračný softvér sa inštaluje na klientské počítače, ale aj na domový miniserver. Nevidiaci tak môže vykonávať bežnú obsluhu, ale aj celkovú údržbu systému domácej automatizácie.

Pri programovaní filtra pre nevidiacich pre bežné klávesnice bola zistená ich hardvérová nespôsobilosť pri väčšine výrobcov a typov klávesníc. Pri klávesniciach je uvádzaný parameter KRO-n (Key RollOver), ktorý určuje, koľko klávesov môže byť naraz stlačených. Pre počítačové Braillove písmo sa vyžaduje KRO-8, avšak väčšina klávesníc sa pohybuje od KRO-3 až po KRO-6.

V zmysle humanizácie informatiky sa v tejto veci žiada zaviesť nový štandard pre klávesnice. Môžu mať zabudovaný hardvérový prepínač alebo možnosť výberu v BIOSe, ktorý umožní KRO-8, na prácu v Braillovom písme pre nevidiacich. Takýmto systematickým krokom sa môže podporiť gramotnosť nevidiacich ľudí v bodovom - Braillovom písme, ktorá je pre nich veľmi dôležitá.

Test klávesnice na parameter KRO-n je veľmi jednoduchý. V akomkoľvek editore sa naraz stlačia klávesy "asdfjkl;". V editore sa zobrazia buď všetky špecifikované znaky, alebo len ich obmedzený počet.

6.2 Výstup pomocou umelej produkcie reči

AAL systém RUDO má implementovaný syntetizér (Uhlíř et al., 2007; Psutka et al., 2006; Hudec, 2013) GOBLIN, ktorý môže spolupracovať s filtrom klávesnice pre nevidiacich, s hmatovým - bodovým displejom alebo sa môže použiť pri bežnom sprostredkovaní informácií. Pri sprostredkovaní informácií z bežného displeja GOBLIN spolupracuje s navigačným - asistenčným softvérovým servrom, ktorý pomáha nevidiacemu orientovať sa na obrazovke a čítať tie informácie, ktoré sú pre neho v danej chvíli dôležité.

GOBLIN je nainštalovaný na klientských počítačoch, kde využíva zvukové zariadenie príslušných počítačov. Zároveň je tiež nainštalovaný na domovom miniservri. Táto implementácia realizuje hlásenia. Avšak je možné použiť ju na bežné sprostredkovanie informácií v prípade, že klientský počítač nemá k dispozícii zvukové zariadenie alebo sa toto zariadenie používa na iné účely.

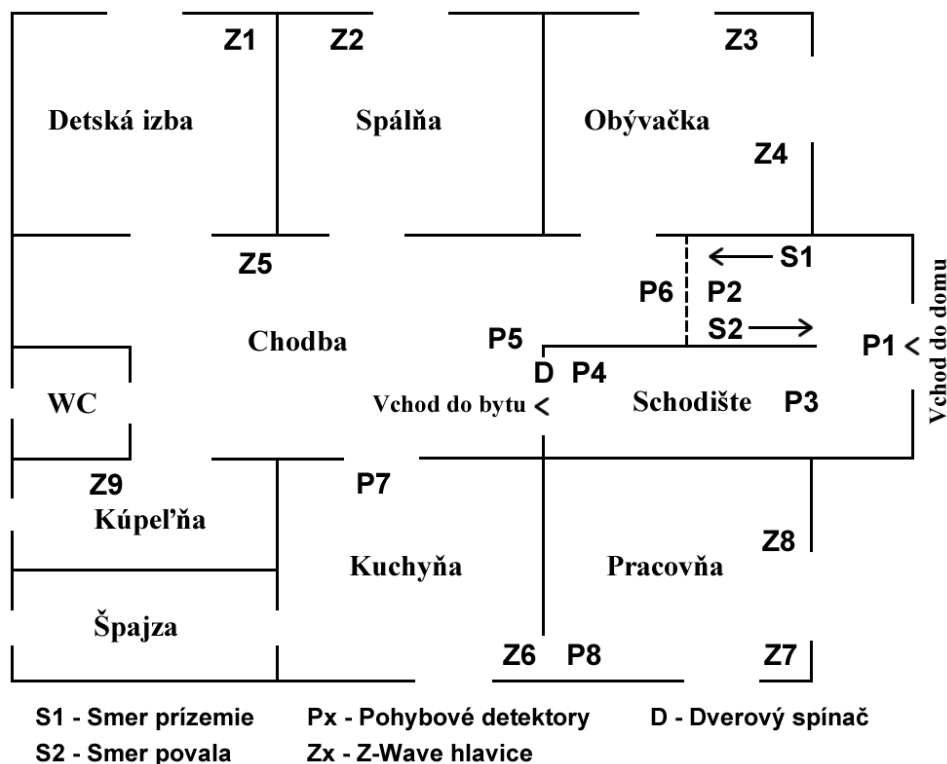
GOBLIN ponúka niekoľko režimov a rýchlostí rozprávania, medzi ktorými je aj niekoľko typov hláskovaní, ktoré sa používajú na spätnú opravu napísaných textov. V inteligentných budovách (Bhatt & Verma, 2015; Karmakar, Kabra & Ramamritham, 2015; Roper, Pilgrim, & Simpson, 2015; Mendes et al., 2015) môžu byť napríklad aj rodičia s nevidiacim dieťaťom, ktoré potrebuje asistenciu pri výučbe do školy, pri písaní domácich úloh a podobne.

6.3 Ďalšie funkcie, prvky umelej inteligencie

Prvotný rozvoj informatiky priniesol nové možnosti v oblasti kompenzácie zrakového hendikepu. Najnovší vývoj prináša výrobky s dotykovými displejmi, ktoré zväčša neumožňujú inštaláciu asistenčných technológií.

S takýmito bariérami sa používateľ môže stretnúť pri úplne bežných výrobkoch ako tlačiarne, rádiá, DVD prehrávače, televízory, plynové a elektrické vykurovacie kotle, práčky a mnoho iných výrobkov. Nevidiaci opäť zostáva so svojim hendikepom bezradný a často neschopný integrácie do takého života, aký prináša súčasnosť.

Rozvíjajúce sa AAL systémy v inteligentných budovách môžu zaujímavým spôsobom zachytiť problematiku akýchkoľvek zdravotných hendikepov. Prvá verzia systému RUDO bola vybavená neurónovou sieťou (Šíma & Neruda, 1996; Hudec, 2013; Nikolaev & Iba, 2006; Galushkin, 2007; Samarasinghe, 2006), ktorá realizovala taxonómiu a rozpoznávanie prichádzajúcich osôb (Hudec, 2002). V novej verzii sa nahradí adaptačný mechanizmus BackPropagation, ktorý viazne v lokálnych extrémoch, adaptačným mechanizmom založeným na princípe genetického algoritmu (Hudec, 2013; Šíma & Neruda, 1996; Nikolaev & Iba, 2006; Koza et al., 2003). AAL systém takto bude nevidiacemu nahrádzať pohľad na prichádzajúceho človeka.



Obr. 2. Pôdorys rozmiestnenia PIR detektorov. Zdroj: autor.

Prototyp – systém RUDO obsahuje modul ROWS, ktorý ponúka aj ďalšie možnosti práce na počítači v domácnosti:

- písanie textov a tlač v čiernotlači s kvalitnou grafickou úpravou,
- programovateľný kalkulátor, s funkciami pre základné a stredné školy,
- kalendár a zázpisník,
- audio nahrávanie a prehrávanie s možnosťou indexácie zvukových záznamov,
- prostredie na prácu v oblasti odbornej informatiky so zameraním na syntézu a rozpoznávanie reči, genetické algoritmy a prácu s neurónovými sieťami.

V prvej verzii bol RUDO pripojený cez sériové rozhranie na multimeter a pri meraní čítal obsah displeja (Hudec, 2006). Plánuje sa vytvorenie nového pripojenia cez sieťové rozhranie modbus a sieť WiFi.

Pridanou funkciou je zariadenie so štyrmi mikrofónmi na štyroch stranách exteriéru rodinného domu. Nevidiaci rodič pomocou tohoto zariadenia môže postrážiť svoje dieťa na záhrade. Zvuk prechádza pásmovou filtráciou tak, aby boli zdôraznené zvuky reči a je reprodukován pomocou reprodukcného systému 4+1. Tento zvukový vnem potom nevidiacemu rodičovi nahradí pohľad z okna na svoje hrajúce sa dieťa.

7 Diskusia

Na taxonomickú klasifikáciu sa v systéme RUDO používajú PIR detektory. Vstupné údaje sú preto chudobnejšie než pri kamerovom systéme. Výhodou je ale vyššia anonymita a minimálna možnosť zneužitia citlivých dát. Podobný prístup sa použil aj pri vývoji iných súčasných AAL systémov (Ni, Hernando & de la Cruz, 2015; Nef et al., 2015; Dasios et al., 2015; Aicha, Englebienne & Kröse, 2015).

Používateľské rozhranie je v systéme RUDO špecializované v oboch smeroch. Vstup z klávesnice podporuje gramotnosť v Braillovom písme, výstup je realizovaný umelou produkciou reči. Na rozdiel od väčšiny súčasných AAL systémov (Gullà et al., 2015; Darwish et al., 2014; Amiribesheli, Benmansour & Bouchachia, 2015) je RUDO prispôsobený na komunikáciu s nevidiacim človekom, z čoho vyplynuli aj odlišné požiadavky na používateľské rozhranie.

Silnými stránkami navrhnutého prototypu je jeho schopnosť ekonomického využitia energií a vytváranie prostredia s kvalitnými ekoparametrami. Používateľ môže tento systém obsluhovať nielen bežným spôsobom, ale môže ho aj konfigurovať a riešiť kolízne situácie bez potreby ďalšej odbornej pomoci. Podobne ako aj pri iných AAL systémoch je možná vzdialená správa cez internet alebo v rámci lokálnej siete s možnosťou bezdrôtového prístupu.

Zo sociálneho hľadiska obsahuje prototyp RUDO podporné prostriedky na výučbu nevidiacich detí, prostriedky napomáhajúce nevidiacim rodičom a prostriedky na komunikáciu s vidiacimi pomocou čiernotlače. Špecifikom je podpora práce nevidiaceho človeka v oblasti odbornej informatiky a elektroniky. AAL systém RUDO napomáhal nevidiacemu autorovi pri písaní tohoto článku a pri celom vývoji v tejto oblasti.

S rozvíjajúcimi sa funkciami prototypu RUDO sa zvyšuje aj samostatnosť práce nevidiaceho používateľa. Diskutovaný systém je nasadený a empiricky testovaný od roku 2002, kedy bola dokončená jeho prvá verzia s taxonometriou pomocou neurónovej siete (Hudec, 2002). Verzia obsahujúca vykurovací systém a zónovú reguláciu je úspešne empiricky testovaná druhé vykurovacie obdobie.

7.1 Empirické porovnanie výsledkov s cieľmi projektu

Vyvíjaný ambientný systém je testovaný v rodinnom dome s dvomi bytmi - prízemie a prvé poschodie. Systémom je vybavený byt na prvom poschodí, kde býva nevidiaci manžel s vidiacou manželkou a vidiacou dcérou. Empirické testovanie novej verzie AAL systému RUDO prebiehalo dva roky. Nižšie sú uvedené porovnania výsledkov empirických testov s cieľmi projektu.

Asistencia pri obsluhu vykurovacieho systému

Testovaný ambientný systém umožňuje plnú používateľskú obsluhu aj pre nevidiaceho človeka. Navyše ponúka nevidiacemu prostriedky na identifikáciu a odstraňovanie technických závad týkajúcich sa informatickej a elektronickej časti systému.

Automatizácia pri úspore energií

Počas dvoch vykurovacích období v nezateplenej budove bola nameraná 24 percentná úspora energií. Spočívajúca prevažne vo vytváraní ilúzie celoplošného kúrenia nonstop. Pri tomto bode je potrebné uvedomiť si, že rozsah tejto úspory je daný pravidelnosťou rodinných aktivít v zmysle používania obytných priestorov.

Podpora pri rodičovskom dohľade nad deťmi

Nová verzia ambientného systému nemá implementovanú taxonómiu rodičovského dohľadu nad deťmi pomocou PIR detektorov. Obsahuje len akustické snímače s pásmovou filtráciou, ktoré umožňujú vypočítať si zvuky z exteriéru oddelene na všetkých stranách budovy. V tomto bode je potrebný ďalší vývoj.

Podpora pri učení sa do školy a vyhotovovaní dokumentov

AAL systém obsahuje modul ROWS, ktorý bol nevidiacim človekom empiricky testovaný pri štúdiu na vysokej škole pri vytváraní diplomových prác. Systém v tomto zmysle nebol testovaný s nevidiacim žiakom základnej alebo strednej školy.

Podpora pri rozpoznávaní prichádzajúcich osôb

Ambientný systém taxonometricky úspešne rozpoznával osoby dvoch domácností a identifikoval cudziu osobu. V tejto oblasti je potrebný ďalší vývoj spojený s požiadavkami bezpečnosti týkajúcimi sa prednostne cudzích ľudí.

Podpora pri odbornej práci v oblasti informatiky a elektroniky

Moduly zamerané na prácu v oblastiach neurónových sietí, analýzy a syntézy hlasu, genetických algoritmov plne pokryli požiadavky vyplývajúce z vývoja tohoto ambientného systému. Systém ponúka nevidiacemu človeku asistenčné prostredie, v ktorom si môže špecifický softvérový nástroj samostatne naprogramovať.

8 Záver

Do budúcnosti sa plánuje rozvoj prototypu v niekoľkých oblastiach:

- výmena adaptačného mechanizmu taxonometrickej neurónovej siete za genetický adaptačný mechanizmus,
- vývoj modulu zónovej regulácie, ktorý bude štatisticky časovo vyhodnocovať obývatelnosť zón na základe čoho sa bude adaptovať nastavovanie termostatických hlavíc,
- pripojenie multimetra cez programové sieťové rozhranie modbus pomocou WiFi,
- pripojenie meteostanice a realizácia krátkodobých lokálnych predpovedí, pre nevidiaceho sú meteodúaje zároveň náhradou pohľadu z okna, aké je aktuálne počasie.

Systémy AAL v inteligentných budovách ponúkajú veľmi zaujímavé aplikácie aj v oblasti asistovaného bývania pre nevidiacich ľudí. Jedná sa o oblasť informatiky, v ktorej sa pomaly otvárajú dvere do sveta malých zázrakov.

Zoznam použitých zdrojov

- Aicha, A. N., Englebienne, G., & Kröse, B.** (2015). Continuous gait velocity analysis using ambient sensors in a smart home. In *Proceedings of the 12th European Conference on Ambient Intelligence*, (pp. 219-235). Berlin: Springer. doi: [10.1007/978-3-319-26005-1_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26005-1_15)
- Amiribesheli, M., Benmansour, A., & Bouchachia, A.** (2015). A review of smart homes in healthcare. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 6(4), 495-517. doi: [10.1007/s12652-015-0270-2](https://doi.org/10.1007/s12652-015-0270-2)
- Bhatt, J., & Verma, H. K.** (2015). Design and development of wired building automation systems. *Energy and Buildings*, 103, 396-413. doi: [10.1016/j.enbuild.2015.02.054](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.054)
- Darwish, M., Senn, E., Lohr, C., & Kermarrec, Y.** (2014). A comparison between ambient assisted living systems. In *Proceedings of the 12th International Conference on Smart Homes and Health Telematics*, (pp. 231-237). Berlin: Springer. doi: [10.1007/978-3-319-14424-5_26](https://doi.org/10.1007/978-3-319-14424-5_26)
- Dasios, A., Gavalas, D., Pantziou, G., & Konstantopoulos, C.** (2015). Hands-on experiences in deploying cost-effective ambient-assisted living systems. *Sensors*, 15(6), 14487-14512. doi: [10.3390/s150614487](https://doi.org/10.3390/s150614487)
- Cavallo, F., Aquilano, M., & Arvati, M.** (2015). An ambient assisted living approach in designing domiciliary services combined with innovative technologies for patients with alzheimer's disease:

A case study. *American Journal of Alzheimer's Disease and other Dementias*, 30(1), 69-77. doi: [10.1177/1533317514539724](https://doi.org/10.1177/1533317514539724)

- Galushkin, A. I.** (2007). *Neural Networks Theory*. New York: Springer.
- Gullà, F., Cavalieri, L., Ceccacci, S., Germani, M., & Bevilacqua, R.** (2015). Method to design adaptable and adaptive user interfaces. In Stephanidis, C., *Proceedings of the 17th International Conference on Human Computer Interaction*, (pp. 19-24). Berlin: Springer. doi: [10.1007/978-3-319-21380-4_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-21380-4_4)
- Hudec, M.** (2013). *Naprogramujte si svoj rečový syntetizér s neurónovou sieťou*. Banská Bystrica: Inštitút matematiky a informatiky, UMB.
- Hudec, M.** (2006). *Informačné technológie v SW kompenzačných aplikáciách*. Banská Bystrica: Ústav vedy a výskumu, UMB.
- Hudec, M.** (2002). Vektorový priestor pohybu osôb. In *Information Technologies - Applications and Theory*, (pp. 103-111). Košice: Pavol Jozef Šafárik University.
- Jelínek, L.** (2008). *Jádro systému Linux*. Brno: Computer Press.
- Karmakar, G., Kabra, A., & Ramamritham, K.** (2015). Maintaining thermal comfort in buildings: feasibility, algorithms, implementation, evaluation. *Real-Time Systems*, 51(5), 485-525. doi: [10.1007/s11241-015-9231-2](https://doi.org/10.1007/s11241-015-9231-2)
- Konda, K. R., Rosani, A., Conci, N., & De Natale, F. G. B.** (2015). Smart camera reconfiguration in assisted home environments for elderly care. In *Proceedings of the 13th European Conference on Computer Vision*, (pp. 45-58). Berlin: Springer. doi: [10.1007/978-3-319-16220-1_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16220-1_4)
- Koza, J. R., Keane, M. A., Streeter, M. J., Mydlowec, W., Yu, J., & Lanza, G.** (2003). *Genetic Programming IV: Routine Human-Competitive Machine Intelligence*. New York: Springer.
- Leotta, F., & Mecella, M.** (2015). PLaTHEA: A marker-less people localization and tracking system for home automation. *Software - Practice and Experience*, 45(6), 801-835. doi: [10.1002/spe.2262](https://doi.org/10.1002/spe.2262)
- Mendes, T. D. P., Godina, R., Rodrigues, E. M. G., Matias, J. C. O., & Catalão, J. P. S.** (2015). Smart home communication technologies and applications: Wireless protocol assessment for home area network resources. *Energies*, 8(7), 7279-7311. doi: [10.3390/en8077279](https://doi.org/10.3390/en8077279)
- Nef, T., Urwyler, P., Büchler, M., Tarnanas, I., Stucki, R., Cazzoli, D., Müri, R., & Mosimann, U.** (2015). Evaluation of three state-of-the-art classifiers for recognition of activities of daily living from smart home ambient data. *Sensors*, 15(5), 11725-11740. doi: [10.3390/s150511725](https://doi.org/10.3390/s150511725)
- Ni, Q., Hernando, A. B. G., & de la Cruz, I. P.** (2015). The elderly's independent living in smart homes: A characterization of activities and sensing infrastructure survey to facilitate services development. *Sensors*, 15(5), 11312-11362. doi: [10.3390/s150511312](https://doi.org/10.3390/s150511312)
- Nikolaev, N., & Iba, H.** (2006). *Adaptive Learning of Polynomial Networks: Genetic Programming, Backpropagation and Bayesian Methods*. New York: Springer.
- Psutka, J., Muller, L., Matoušek, J., & Radová V.** (2006). *Mluvíme s počítačem česky*. Praha: Academia.
- Roper, I., Pilgrim, L., & Simpson, G.** (2015). Guide to smart home wireless technologies. *Journal of the Institute of Telecommunications Professionals*, 9(3), 29-33.
- Samarasinghe, S.** (2006). *Neural Networks for Applied Sciences and Engineering: From Fundamentals to Complex Pattern Recognition*. New York: Auerbach Publications.
- Sobell, G. M.** (2007). *Mistrovství v Linuxu*. Brno: Computer Press.
- Šíma, J., & Neruda, R.** (1996). *Teoretické otázky neuronových sítí*. Praha: MatfyzPress.
- Uhlíř, J., Sovka, P., Pollák, P., Hanžl, V., & Čmejla, R.** (2007). *Technologie hlasových komunikací*. Praha: ČVUT.
- Vacher, M., Caffiau, S., Portet, F., Meillon, B., Roux, C., Elias, E., Lecouteux, B., & Chahuara, P.** (2015). Evaluation of a context-aware voice interface for ambient assisted living: Qualitative user study vs. quantitative system evaluation. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 7(2), article 5. doi: [10.1145/2738047](https://doi.org/10.1145/2738047)

