

# **Detekce pádu - metody, technologie a současné využití**

Bc. Markéta Matějčková

---

Diplomová práce  
2015

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Markéta Matějčková**  
Osobní číslo: **A13380**  
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Detekce pádu – metody, technologie a současné využití**  
Téma anglicky: **The Detection of Falls – Methods, Technologies and Applications**

Zásady pro vypracování:

1. Nastudujte podrobně problematiku detekce pádu.
2. Zpracujte historický vývoj včetně současných přístupů k detekci pádu.
3. Popište jednotlivé principy detekce pádu.
4. Porovnejte efektivitu jednotlivých metod a přístupů.
5. Provedte průzkum trhu, popište a porovnejte nabízená zařízení.
6. Prozkoumejte a diskutujte současný stav využití těchto technologií v ČR.
7. Odhadněte vývoj v oblasti detekce pádu v rámci péče o seniory a zdravotně postižené.
8. Navrhněte a popište systém využívající detekci pádu pro seniory a zdravotně postižené.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

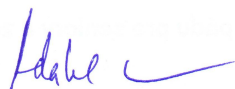
1. LUKÁŠ, Luděk a kol. **Bezpečnostní technologie, systémy a management**. Zlín, 2011; ISBN 978-80-87500-05-7.
2. VALOUCH, Jan. **Projektování integrovaných systémů**, Zlín, 2013; ISBN 978-80-7454-296-1.
3. WHO; **Global Report on Falls Prevention in Older Age**; World Health Organization, 2007, ISBN 978-92-4-156353-6.
4. LUQUE, Rafael a kolektiv. **Comparison and Characterization of Android-Based Fall Detection Systems, Sensors**, Basel, 2014 ISSN 1424-8220 978-1-4244-0787-3.
5. NOURY, Norbert a kolektiv. **Fall detection - Principles and Methods**; Engineering in Medicine and Biology Society, 2007; ISBN 978-1-4244-0787-3.
6. HRUŠKA, František. **Senzory, Fyzikální principy, úpravy signálů, praktické použití**. Zlín, 2011; ISBN 978-80-7454-096-7.
7. KŘEČEK, Stanislav a kol. **Příručka zabezpečovací techniky**. Blatná, 2003; ISBN 80-902938-2-4.
8. MELLONE, Simone, **Smartphone-based solutions for fall detection and prevention: the FARSEEING approach**, Gerontologie and Geriatrie 2012, DOI 10.1007/s00391-012-0404.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lubomír Macků, Ph.D.**  
Ústav elektroniky a měření

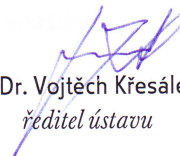
Datum zadání diplomové práce: **12. ledna 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2015**

Ve Zlíně dne 6. února 2015



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
*děkan*



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.  
*ředitel ústavu*

### **Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor;
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce popisuje v teoretické části problematiku detekce pádu. Zmíněn je historický vývoj, současné možnosti i efektivita jednotlivých přístupů a metod. Jsou zde rozebrány přetrvávající nedostatky a vývojové trendy v detekci pádu, včetně přehledných tabulek porovnávajících tyto typy systémů.

U uvedených přístupů jsou popsány nedostatky, provozní spolehlivost v podmínkách běžného života, ochota a schopnost seniorů danou technologií aktivně využívat, omezení spojené se spotřebou elektrické energie i detekční limity.

V praktické části jsou popsány normy pro systémy přivolání pomoci a situace na českém trhu. Praktická část také obsahuje čtyři různé návrhy systémů s detekcí pádu využívající dostupné komponenty včetně finančního rozpočtu a srovnání jejich technických parametrů. Načrtnuty jsou zde též pravděpodobné směry vývoje v detekci pádu do budoucna.

Klíčová slova: Detekce pádu, chytré telefony, systémy přivolání pomoci, Senior Inspect, Witrack

## **ABSTRACT**

The thesis describes in detail fall detection methods in the theoretical part. It analyzes the historical development, current capabilities and efficiency of different approaches and methods. It also discusses challenges, issues and trends in the fall detection, including tables with comparison of these systems.

Current shortcomings, operation reliability in real-life conditions and other points are discussed for these approaches. The willingness and ability of seniors to actively use the technology, the challenges associated with the consumption of electricity and detection limits are other important factors.

The practical part of the thesis describes the standards for social alarm systems. It also contains four different proposals of fall detection systems including financial budget and likely future developments in this area.

Keywords: Fall detection, Smart phones, Assistive technology, Senior Inspect, Witrack

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu práce Ing. Lubomíru Macků, Ph.D. za ochotu se mnou opět spolupracovat, za cenné rady, věcné připomínky, vstřícnost při konzultacích a trpělivost v celém průběhu tvorby této diplomové práce.

# OBSAH

<b>ABSTRAKT</b> .....	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>5</b>
<b>PODĚKOVÁNÍ</b> .....	<b>6</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 HISTORICKÝ VÝVOJ DETEKCE PÁDU</b> .....	<b>12</b>
1.1    DEFINICE PÁDU A SYSTÉMU DETEKCE PÁDU.....	12
1.2    PRVNÍ SYSTÉM PŘIVOLÁNÍ POMOCI.....	12
1.3    AUTOMATICKÁ DETEKCE PÁDU .....	13
1.4    MOBILNÍ OSOBNÍ AIRBAG .....	15
1.5    PROJEKT FALLWATCH.....	15
1.6    CHYTRÉ MOBILNÍ TELEFONY.....	16
1.6.1    Aplikace detekce pádu pro chytré telefony.....	17
1.7    PROJEKT SENIOR INSPECT.....	19
1.8    ŘEŠENÍ FATE .....	20
1.8.1    Hlavní prvky systému FATE.....	20
1.8.2    Vedlejší prvky systému FATE.....	20
1.9    OSOBNÍ SENZOR POHYBU S DETEKČÍ PÁDU IMSAFE.....	21
1.10    PROJEKT ARTEMIS.....	22
1.11    KINECT, HERNÍ KONZOLE.....	22
1.12    PROJEKT MIT WITRACK .....	24
<b>2 PRINCIPY DETEKCE</b> .....	<b>25</b>
2.1    SYSTÉMY ZOHLEDŇUJÍCÍ PROSTŘEDÍ.....	25
2.2    NOSITELNÁ ELEKTRONIKA.....	27
2.2.1    Akcelerometr připevněný k tělu.....	27
2.3    AKCELEROMETRY V CHYTRÝCH TELEFONECH.....	28
<b>3 TRENDY V OBLASTI DETEKCE PÁDU</b> .....	<b>29</b>
3.1    VIDEODETEKCE.....	29
3.2    DETEKCE S CHYTRÝMI MOBILNÍMI TELEFONY.....	29
3.3    STROJOVÉ UČENÍ V OBLASTI DETEKCE PÁDU.....	29
3.4    PROSTOR PRO ZLEPŠENÍ V PODMÍNKÁCH BĚŽNÉHO ŽIVOTA.....	30
3.4.1    Spolehlivost .....	30
3.4.2    Použitelnost .....	30
3.4.3    Praktičnost a osvojení.....	30
3.4.4    Projekt Neptun Suite .....	31

<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>SYSTÉMY PŘIVOLÁNÍ POMOCI PODLE NORMY.....</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>DETEKCE PÁDU NA TRHU V ČR.....</b>	<b>36</b>
5.1	SENIOR INSPECT.....	36
5.1.1	Vývoj Senior Inspect.....	36
5.1.2	Cíle Senior Inspect.....	37
5.1.3	Koncepce a popis systému .....	37
5.1.4	Partneři projektu Senior Inspect v ČR.....	39
5.1.5	Stav využití Senior Inspect .....	40
5.2	DETEKTOR PÁDU MCT 241MD VISONIC.....	41
5.3	SYSTÉM MEDICAL ALARM PIPERFON.....	42
5.3.1	Přehled služeb a komponentů Piperfon.....	42
5.4	NEO – TÍSŇOVÉ TELEFONY.....	43
5.4.1	Funkce NEO telefonu a příslušenství.....	44
5.4.2	Kompatibilní zařízení.....	45
<b>6</b>	<b>NÁVRH SYSTÉMU.....</b>	<b>46</b>
6.1	PŮDORYS MODELOVÉHO BYTU.....	46
6.2	SENIOR INSPECT.....	47
6.3	PIPERFON.....	47
6.4	TÍSŇOVÉ TELEFONY NEO.....	49
6.5	SYSTÉM S DETEKTOREM PÁDU MCT-241.....	50
6.6	SHRnutí KAPITOLY.....	52
<b>7</b>	<b>ODHAD VÝVOJE.....</b>	<b>54</b>
7.1	SENIOR INSPECT.....	54
7.2	DALŠÍ VÝVOJ WiTRACK.....	54
7.3	NEPTUN SUITE.....	56
7.4	SMĚRY INOVACÍ V BUDOUCÍCH LETECH.....	57
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>59</b>
	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>70</b>



## ÚVOD

Stárnutí populace je nejen triumf lidskosti, ale také výzva pro společnost. Podle WHO přibližně 28-35% seniorů starších než 65 let upadne a pro seniory starší 70 let je toto číslo ještě vyšší, konkrétně 32-42%. [1] Frekvence pádů stoupá s věkem a chátrajícím zdravím. Ve skutečnosti je nárůst pádů exponenciální s postupem věkových a biologických změn, což vede k vysokému počtu pádů a s nimi spojených zranění ve stárnoucích společnostech. Pokud nebude dostatečně zdůrazněna a realizována prevence, pak se počet zranění zaviněných pádem pravděpodobně zdvojnásobí do roku 2030. Proto jsou systémy přivolání pomoci a další technologická zařízení pro detekci, prevenci, či zmírnění následků pádů společenskou nutností.

Detekce pádu je za účelem zmírnění jeho následků v současné době podrobně zkoumána a rozvíjena na mnoha místech světa. Efektivní detektory pádu redukuje strach seniorů z pádu a zajišťují rychlou asistenci. Pády a strach z nich na sobě závisí. U seniora, který upadl, se může rozvinout strach z dalších pádů. A opačně, tento strach může vést ke zvýšenému riziku pádů. [2]

Následkem pádů bývá snížení nebo omezení celkové aktivity a intenzity každodenních činností z důvodu obavy z dalšího pádu, i sociální izolace a deprese.[3]

Efekt automatické detekce pádu na strach z pádu byl popsán v Brownselově studii [4] na skupině uživatelů, kteří v posledním půlroce upadli. Na konci pokusu ti, kteří měli detektor pádu a řádně ho nosili, uvedli, že se cítili sebevědoměji a nezávisleji. Také měli dojem, že detektor zvyšuje jejich bezpečnost. Jeden ze závěrů této studie poukazyval na to, jak je strach z pádu závislý na spolehlivosti a přesnosti detektoru pádu.

Další velmi důležitou službu mohou detektory pádu prokázat tím, že pomohou zkrátit dobu, kdy senior leží na zemi bez pomoci. Tato doba je jeden z faktorů určujících závažnost pádu. Mnozí senioři nejsou schopni vstát bez pomoci a delší čas strávený na zemi může vést k podchlazení, dehydrataci, zápalu plic a proleženinám. Takováto situace hrozí především seniorům žijícím samostatně nebo těm, kteří po pádu ztratí vědomí. Více než 20% pacientů hospitalizovaných z důvodu pádu leželo na zemi hodinu a déle a i v případě, že nedošlo ke zranění přímo v důsledku pádu byla jejich úmrtnost v následujících 6 měsících velmi vysoká. Kvalitní detekce pádu může tuto dobu bez pomoci minimalizovat. Detektor musí být v běžných denních situacích schopen rozpoznat pohyb jako pád, pokud pádem je či naopak rozpoznat, že daný pohyb není pádem. Pokud dojde k pádu a systém ho

nevyhodnotí, pak mohou být následky závažné. Osoba zůstává ležet na zemi bez pomoci a to i dlouhou dobu. Se všemi riziky a komplikacemi popsanými výše. Navíc přichází ztráta důvěry v systém a strach z pádu se naplno rozvine, či vrací.

Na druhou stranu, pokud systém vyhodnocuje příliš mnoho planých poplachů, pak ho pečující osoby nejspíše budou považovat ze neefektivní a nepoužitelný.

Tolik potřebná spolehlivost v detekci pádu není samozřejmá. Přes dostupnost produktů na trhu zůstává faktem, že nejsou běžně rozšířeny a používány. Nemají tak zatím významný vliv na život seniorů [5].

Kromě toho drtivá většina potenciálních uživatelů o jejich existenci neví.

Z těchto a dalších důvodů vznikly studie detekce pádu v posledních letech. Například Noury a kolektiv [6], „A proposal for the classification and evaluation of fall detectors“ z roku 2008. Poté byla v roce 2012 vydána podobná analýza [7] „A survey on fall detection: Principles and approaches“ autorů Mubashir M, Shao L a Seed L.

V posledních 4 letech došlo k překotnému vývoji v detekcích pádu, takže ve výše uvedených studiích chybí například systémy založené na chytrých telefonech a další.

V této práci jsou popsány nové typy detektorů pádu a stávající trendy a směry vývoje.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HISTORICKÝ VÝVOJ DETEKCE PÁDU

### 1.1 Definice pádu a systému detekce pádu

Pád můžeme definovat jako „Událost, při které osoba dopadne neočekávaně na zem nebo jinou nižší úroveň“. Tato definice byla použita jako základ ve studiích prevence pádů či hodnocení rizik pádu a pokrývá většinu typů pádů, na které cílí výzkum a vývoj detekce pádu. [8]

Systém detekce pádu pak můžeme definovat jako pomocné zařízení, které v případě pádu automaticky vyše upozornění.

### 1.2 První systém přivolání pomoci

První systém přivolání pomoci, v angličtině také často nazývaný Medical Alarm nebo PERS (Personal Emergency Response System) byl poprvé vyvinut v Německu na počátku 70. let 20.století Wilhemem Hormannem, viz Obr. 1. [9]

Byl naprogramován tak, aby zasílal zprávy po stisku tlačítka uživatelem. Tlačítko (vysílač) bylo určen k tomu, aby ho samostatně žijící senior nosil neustále při sobě. Stálo 795 USD a nabízeno bylo prostřednictvím časopisu Popular Science v říjnu roku 1975.



#### **Emergency dialer**

For the elderly or sick, the Phone Care delivers emergency phone messages to preprogrammed numbers at the touch of a remote transmitter button worn by the user. \$795. American Int'l. Telephone Corp., 180 Harbor Dr., Sausalito, Calif. 94965.

Obr. 1: Emergency Dialer [9]

### 1.3 Automatická detekce pádu

Výzkum automatické detekce pádu probíhá od devadesátých let dvacátého století. Lord a Colvin [4] studovali příčiny a důsledky pádů u seniorů, zkoušeli pádům předcházet a navrhli použití akcelerometru pro detekci pádu. První prototyp detektoru pádu byl vyvinut v roce 1998. Využíval piezoelektrický otřesový senzor pro detekci abnormálních špiček zapříčiněných pádem a rtuťový náklonný spínač pro detekci orientace uživatele po pádu.

Jeden z prvních pokusů o detekci pádu byl založen na videokamerách. Gu [10] provedl s kamerami experiment a ukázal tak, že vodorovné a svislé rychlosti mohou být využity pro rozlišení pádu od běžných aktivit.

V roce 2002, Prado a kolektiv [11] vyvinuli prototyp systému pro detekci pádu založený na dvou dvouosých akcelerometrech umístěných v náplasti, kterou nosil uživatel na zádech na úrovni kříže.

Norbert Noury [8] v roce 2002 vyvinul chytrý senzor s vyhodnocovacím algoritmem. Prototyp obsahoval piezoelektrický akcelerometr, vibrační senzor a přepínač reagující na polohu. Bohužel se ukázalo, že vibrační senzor je příliš citlivý.

T. Degen a kolektiv v roce 2002 představili detektor pádu pro seniory v náramku. Zařízení se dobře nosilo, ale jeho spolehlivost byla pouze 65%.

Sixsmith a kolektiv [12]. v roce 2004 použili řadu levných infračervených kamer namontovaných na zdi. Poplach byl spouštěn pokud příliš dlouhou dobou nebyla zaznamenána aktivita, nebo při detekci pádu. Pokusy (20 pádů + 10 pokusů bez pádu) bohužel ukázaly, že jen 30% pádů bylo správně určeno.

V roce 2006 se vývojem zabývalo několik skupin po celém světě. Kang a kolektiv [8] vyvinuli náramek, ve kterém sloučil monitoring pádu a moduly pro měření jednokanálového elektrokardiogramu, krevního tlaku, pulzní oxymetrie, dechu a teploty.

Nyan a kolektiv [5] provedli pokusy detekce pádu založené na vysokorychlostní kameře a 3 gyroskopech zabudovaných v nátělníku. Umístěny byly konkrétně na prsou, v podpaží a v pase. Kamera byla použita pro studium pozice těla během pádu, zatímco úhlová rychlost byla vodítkem pro detekci pádu.

Miaou a kolektiv [12] provedli detekci pádu na základě panoramatické kamery a informací o uživateli (poměr tělesné výšky ku šířce a BMI. Tento systém přinesl 70% přesnost bez informací o uživateli a 81% přesnost s těmito informacemi.

Alwan a kolektiv [13] navrhli systém detekce pádu založený na snímání otřesů podlahy piezoelektrickým senzorem. Vykazoval 100% úspěšnost detekce, ale simulace pádů byly prováděny s figurínami.

V roce 2007 studovali Srinivasan a kolektiv [14] automatickou detekci pádu založenou na trojosém akcelerometru a pasivních infračervených detektorech (PIR). Uživatelem nošený trojosý akcelerometr byl umístěn v pase pro zachycení pádů, zatímco PIR detektory byly namontovány na zdi a zajišťovaly informaci o horizontálním pohybu. Signály o absenci pohybu z PIR detektorů byly použity pro potvrzení pádů.

Pyroelektrické senzory uvnitř těchto detektorů jsou tvořeny hmotou, která při absorpci dopadajícího elektromagnetického záření změní orientaci polárních molekul, tj. polarizaci částic celého krystalu. Je-li krystal opatřen elektrodami, vzniká na nich elektrický náboj .

Pro teplotu lidského těla cca 35°C je charakteristická vlnová délka 9,4  $\mu\text{m}$ . Tohoto jevu je využito k zachycení pohybu těles, jež mají odlišnou teplotu od teploty okolí. Jako detektor je užit materiál vykazující pyroelektrický jev. Detekční prvek je měnič gradientní povahy, což znamená, že je schopen detekovat pouze změny záření dopadající na detektor. Obraz střeženého prostoru je v infračerveném pásmu transformován pomocí optiky na plochu senzoru. Zorné pole je rozděleno na aktivní a neaktivní zóny, které si lze představit jako viditelné a zakryté části střeženého prostoru. Pohybuje-li se těleso (narušitel), jehož teplota je odlišná od teploty okolí v zorném poli PIR, zachycuje detektor změny při přechodu cíle z aktivní do neaktivní zóny a naopak. Elektronika vyhodnotí signál vyvolaný těmito změnami. [15]

Almeida a kolektiv [5] představili hůl s gyroskopem, za pomoci kterého měl být detekován pád a prováděno měření kroků. Detekce pádu byla založena na velikosti úhlové rychlosti.

V roce 2008 Doukas a Maglogiannis navrhli kombinaci akcelerometru a mikrofonu umístěného na noze. Na základě krátkodobé Fourierovy transformace bylo popsáno, že během dopadu vznikaly nízkofrekvenční zvukové signály s vysokou amplitudou a daly se použít k detekci pádů.

Tzeng a kolektiv [11] použili tlakový senzor v podlaze pro určení silných dopadů a infračervenou kameru pro zjištění pohybu osob.

Bianchia a kolektiv [12] vyvinuli systém detekce pádu založený na barometrickém tlakovém senzoru a trojosém akcelerometru umístěném v pase. Na základě předpokladu, že atmosferický tlak mezi úrovní pasu a země je rozdílný, pak výsledky experimentů ukázaly,

že senzorem získané informace jsou užitečné pro detekci pádu.

#### 1.4 Mobilní osobní airbag

Je pilotní projekt z roku 2009 pro ochranu před zraněním při pádu, v angličtině „A Wearable Airbag to Prevent Fall Injuries“ [16]. Za tímto projektem stojí japonský vědec Tamura Toshiyo a jeho tým. Ve vývoji jdou dalším směrem. Navrhli nositelné zařízení obsahující detektoru pádu přímo spojený s airbagem. Toto využívá signály s informací o zrychlení i úhlové rychlosti pro spuštění airbagu. Algoritmus detekce pádu využívá akcelerometr i gyrosenzor. 16 osob bylo monitorováno při simulaci pádu. Z těchto dat byl algoritmus sestaven tak, že nastávající pád byl vyhodnocen 300 ms před skutečným dopadem osoby na zem. Tento signál byl pak použit ke spuštění naplnění airbagu o objemu 2,4 litru. Ačkoli tento systém může pomoci předcházet zraněním v důsledku pádu, další výzkum/vývoj je zapotřebí k miniaturizaci nafukovacího systému. Zařízení funguje na bázi MEMS senzorů (akcelerometrů a gyroskopů), tedy technologie společné integrace mechanických a elektronických struktur s vestavěným klasifikátorem SVM (Support vector machines).

Pohybové senzory MEMS se dají považovat za systémy na čipu nebo chytré snímače, obsahují totiž mechanický subsystém (transformující fyzikální podstaty na elektrickou veličinu) a elektronický subsystém pro další úpravy (například zesílení, saturaci, filtraci).

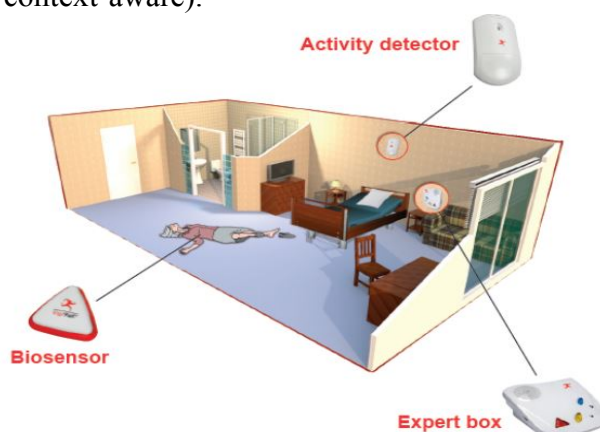
SVM – jedná se o metodu strojového učení. Klasifikace SVM hledá nadrovinu, která v prostoru příznaků optimálně rozděluje trénovací data. Optimální nadrovina je taková, že body leží v opačných poloprostorech a hodnota minima vzdáleností bodů od roviny je co největší. Jinými slovy, kolmo ke nadrovině je na obě strany co nejširší pruh bez bodů. Na popis nadroviny stačí pouze nejbližší body, kterých je obvykle málo - tyto body se nazývají podpůrné vektory (angl. support vectors) a odtud název metody. Tato metoda je ze své přirozenosti binární, tedy rozděluje data do dvou tříd. Rozdělující nadrovina je lineární funkcí v prostoru příznaků. [17]

#### 1.5 Projekt Fallwatch

Francouzská společnost Vigiio S. A. spustila projekt Fallwatch [18] dotovaný z programu FP7-SME s časovým rámcem r.2009 - 2012. Měl za úkol vyvinout novou generaci zařízení

pro detekci pádu včetně celého systému přivolání pomoci, který by byl efektivní v minimalizaci důsledků pádů seniorů. FallWatch je miniaturní, radiokomunikační, nositelné zařízení ve formě náplasti.

Projekt měl za úkol řešit pád od okamžiku kdy nastal. Od detekce, přes zkoumání důvodu po vyžádání zásahu. Fall-Watch tak může být považován za systém zohledňující okolní prostředí (v angličtině context-aware).



Obr. 2: FallWatch Vigifall [18]

Uživatel nosí „náplast“ a Fall Watch tak neustále měří kinematické veličiny a klasifikuje situaci podle tří stupňů stavu aktivity: nízkého, středního a vysokého. Další komponent systému je domácí centrální jednotka, která monitoruje aktivitu za využití signálů z PIR detektorů a klasifikuje situaci dle třístupňové škály (žádná aktivita, běžná aktivita, výjimečná aktivita). Viz Obr. 2 výše.

Miniaturizace zařízení zahrnuje komplexní technologický přístup v použité elektronice, konkrétně miniaturizovaný multičipový modul a miniaturizaci baterie. Dále bylo třeba vyvinout algoritmus pro detekci pádu i vývoj a výrobu funkční biokompatibilní náplasti a vhodného silikonového krytu.

## 1.6 Chytré mobilní telefony

Chytré telefony vývojáři pro detekci pádu zkoušejí využít již od roku 2010.

Dai a kolektiv [8] představili v roce 2010 detekci pádu na bázi mobilních telefonů. V poslední době je detekce pádu založená na trojosých akcelerometrech čím dál více oblíbená.



V roce 2012 Fang a kolektiv[10] porovnali přesnost detekce pádu u chytrých telefonů umístěných v pase, na hrudníku a na stehně a zjistili, že umístění na hrudníku je nejvhodnější. Výhodou použití chytrého telefonu pro detekci pádu je možnost současného využití pro zasílání varovných zpráv a/nebo sledování polohy ohrožené osoby.

Koshmak a kolektiv [11] experimentovali s detekcí pádu u 7 lyžařů. Ti měli u sebe při sjezdu chytrý telefon a měřen byl puls a saturace krve kyslíkem. Naměřeny byly nečekané variace hodnot v kritických situacích.

Kau a Chen [12] provedli také studii s chytrými telefony. Pád detekovali pomocí trojosého akcelerometru a elektronického kompasu.

Jiné studie [19] však ukázaly, že trojosý akcelerometr zabudovaný v chytrém telefonu může mít poměrně nízkou kvalitu a to pak znamená horší výsledky v detekci pádu ve srovnání s jinými akcelerometry dostupnými na trhu.

### **1.6.1 Aplikace detekce pádu pro chytré telefony**

V současnosti je již do chytrých telefonů možné nainstalovat programové aplikace využívající integrované detektory v mobilních telefonech pro detekci pádu. Některé z nich jsou popsány dále.

#### ***Aplikace Smart Fall Detection***

Je dostupná od roku 2011 a využívá umělé neuronové sítě ke zpracování signálů o zrychlení [20]. Výpočet vychází z databáze tisíců vzorků situací, kdy došlo/nedošlo k pádu a je určen pro detekci pádu seniorů.

Aplikace má tři stavy: kontrola pádu, dlouhé ležení a pád. Ve stavu kontroly pádu systém hlídá pád kontrolou signálu o zrychlení. Po detekci pádu přechází do stavu „dlouhého ležení“, ve kterém systém kontroluje, zda uživatel skutečně nehybně leží. Pokud se začne pohybovat, aplikace se přepne zpět do stavu kontroly pádu. V opačném případě po 30 sekundách přepíná do stavu pád.

Ve stavu pád spustí chytrý telefon akustický signál po dobu 60 sekund. Nedojde-li k mechanickému vypnutí stavu, pak telefon odešle textovou zprávu na předvolené telefonní číslo s žádostí o pomoc a pokud jsou k dispozici data GPS, je odeslána druhá textová zpráva s přesnou polohou.

Tato zdarma dostupná aplikace má jednoduché a přehledné menu. Telefonní číslo, na které bude upozornění o pádu odesláno, je třeba zadat manuálně. Je určena pro chytré mobilní telefony s operačním systémem Android a dostupná z Obchod Play: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fall&hl=cs>

Aplikace Smart Fall Detection zahrnuje možnost zrušení poplachu z důvodu pádu do desítek sekund po detekci, to zabraňuje plané signalizaci. Aplikace zatím není dostupná v češtině.

### ***Aplikace Cradar***

Cradar je další aplikace [21], kterou lze od roku 2013 stáhnout z Obchod Play: <https://play.google.com/store/apps/details?id=actionxl.mandown&hl=en>

Instalace na chytrý mobilní telefon je zcela zdarma. Rozpozná pád, čeká 30 – 120 s (tuto dobu lze uživatelsky nastavit) a pokud se uživatel nepohne alespoň o 2,5 m, pak aplikace odešle textovou zprávu na přednastavené telefonní číslo s informací, že pravděpodobně došlo k pádu. Zpráva také obsahuje odkaz na Google mapy s GPS polohou uživatele pro případ, že není v nastalé situaci schopen odpovědět telefonní hovor.

Nevýhodou ale je nepřehledné rozhraní. Pro seniory je příliš náročné se v něm orientovat.

Navíc jsou často detekovány plané pády např. při poskoku nebo při rychlém pohybu telefonem.

### ***Aplikace Fall Monitor***

Fall Monitor je aplikace z roku 2014 [22]. Podobně jako Smart Fall Detection také aplikace pro zvýšení bezpečí monitorované osoby. Posílá textovou zprávu na vybraná telefonní čísla v případě pádu. Lze ji využít také při těchto aktivitách: chůze, běh, cyklistika, turistika, jízda na koni a podobně. Odesílaná textová zpráva zahrnuje odkaz na místo pádu v Google mapách. Poloha může být určena třemi způsoby pomocí GPS, GSM vysílače nebo Wifi sítě. Aplikace vždy vybere nejpřesnější dostupný způsob k určení polohy.

Pro vyhodnocení pádu přichází deseti sekundové zpoždění před signalizací. Po uplynutí 10 sekund je pád vyhodnocen, ale zaslání zprávy o události může uživatel během následujících 40 sekund zrušit.

Klíčové vlastnosti aplikace Fall monitor jsou: automatická kalibrace, tři různé způsoby k určení polohy v případě pádu, aplikace běží i při vypnutém displeji a zamknutém telefonu, jednoduché rozhraní, aplikace se zapíná automaticky spolu se zapnutím telefonu, podpora více nouzových kontaktů. Zatím není dostupná v češtině. V angličtině je ke stažení zde: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ericcurtin.fallMonitor>

### *Aplikace CareBeacon na iTunes*

V roce 2014 přibyla na iTunes aplikace detekce pádu CareBeacon [23]: <https://itunes.apple.com/us/app/carebeacon-automatic-fall/id843502505>

Funguje jako mobilní zdravotní poplachový systém, který kontaktuje předvolená telefonní čísla blízkých osob. Využívá v iPhone zabudovaný akcelerometr a GPS funkce.

Je vhodná pro ty, kteří u sebe nosí iPhone neustále. Před kontaktováním blízkých osob se aplikace uživatele zeptá, kde je v pořádku. Tento dotaz přichází vždy po 15 minutách bez zaznamenané aktivity nebo pokud je detekován pád.

## **1.7 Projekt Senior Inspect**

Ryze českým produktem v oblasti detekce pádu je Senior Inspect, který slučuje zařízení vyvinuté ve spolupráci Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT, 1.lékařské fakulty UK a spin-off společnosti Cleverttech. První testování služby začalo v roce 2010, komerční nasazení pak v roce 2013 [24].

Uživatel nosí malou komunikační jednotku a v kritické situaci stačí jednoduše zmáčknout SOS tlačítko. Systém umožňuje řadu pokročilých automatických funkcí pro případ že uživatel není schopen tlačítko stisknout sám. Při vyvolání alarmu v aplikaci na dispečinku je určena poloha a navázán hovor s uživatelem přímo přes komunikační jednotku. Po dohodě a na základě individuálního asistenčního profilu je zvolen další postup (kontaktována rodina, odborné subjekty, IZS..). Hlavní výhody jsou:

- jednoduchost použití
- možnost komunikace, lokalizace, tísňové tlačítko
- podpora správného používání
- automatické rozpoznávání krizových situací včetně pádu

Projekt Senior Inspect je podrobně popsán v praktické části této diplomové práce.

## 1.8 Řešení FATE

Projekt University Polytechnic of Catalonia, který byl spuštěn v roce 2012 s dotací EU by měl v brzké době přinést své výsledky. FATE systém (Fall Detector for the Elderly) je vyvíjen s cílem být dostupný a spolehlivý pro detekci pádu nejen v místě bydliště seniora, ale i venku. [25] Systém obsahuje dva hlavní prvky a řadu vedlejších.

### 1.8.1 Hlavní prvky systému FATE

- **Vysoce citlivý detektor pádu** na bázi akcelerometrů využívající komplexní, speciální algoritmus s cílem dosažení maximální přesnosti.
- **Telekomunikační vrstva** systému je bezdrátová. Skládá se z vnitřní komunikační části s centrální jednotkou (dostupná bude verze včetně i bez připojení k internetu). A dále z mobilního telefonu, který komunikuje s jednotkou i detektorem pádu pomocí Bluetooth.

Všechny události i měření jsou ukládány a mohou být dále ošetřovateli a zdravotníky využity pro prevenci či léčbu. V případě vyhodnocení pádu je událost reportována předvořeným způsobem (telefon, SMS, e-mail, zpráva přes aplikaci DPPC apod.)

### 1.8.2 Vedlejší prvky systému FATE

- Postelová podložka.
  - Vylučuje nesprávnou detekci pádu v případě, že si sledovaný senior náhle lehne
  - Kontrola nad dobou, kdy senior leží bez přestávky. Slouží k odhalení případných akutních zdravotních problémů a anomálií v chování seniora
  - Slouží k detekci pádu z postele. Tato funkce je užitečná, protože uživatel většinou nenosí detektor na spaní.
- Integrované chodítko iWalker se senzory stisku rukojeti, náklonu chodítka a automatickou brzdou

Systém FATE, který je v současnosti testován třemi skupinami vývojového konsorcia v Irsku, Španělsku a Itálii má pomáhat především z těchto důvodů:

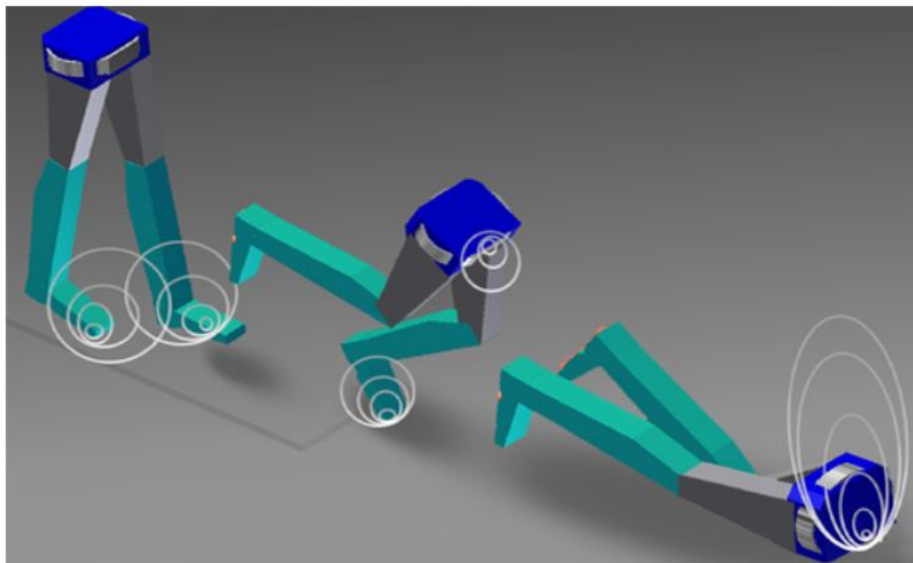
- automatická detekce pádu s minimální chybovostí
- lokalizace místa pádu sledované osoby a zajištění následné komunikace

- snížení důsledků strachu z pádu
- možnost použití chodítka iWalker pro zlepšení mobility a lepší rehabilitace
- jednoznačné omezení syndromu dlouhého ležení
- precizní detekce pádu pro osoby s omezenými kognitivními schopnostmi (např. výpadky paměti). Ta je kritickou součástí pro zařazení rehabilitačního programu.

### 1.9 Osobní senzor pohybu s detekcí pádu IMSAFE

IMSAFE (Individual Mobility Sensor for Automatic Fall Evaluation)[26] je kombinace silového převodníku energie v podrážkách bot s akcelerometrem v pásku měřícím náraz, orientaci, odchylky od vzoru držení těla. Model je na Obr. 3. Zařízení ve fázi 2 různých prototypů vyvinuli v roce 2012 na univerzitě v San Diegu.

První typ je analogový, druhý digitální. Dle autorů úspěšně detekují pády a sbírají data pro detekci pádu. Několik funkcí je v plánu začlenit, např. bezdrátové spojení mezi podrážkami a jednotkou v pase a více intuitivní poplachový systém (s manuálním i automatickým spouštěním), který bude přeposílat data v případě pádu dále.



Obr. 3: IMSAFE - detekce pádu v podrážkách [26]

Udávaná přesnost detekce je u tohoto projektu je vysoká 97,14%.

## 1.10 Projekt ARTEMIS

Snaha pomoci s monitoringem zdravotního stavu je vidět i v ČR. Student Marek Novák byl v roce 2013 oceněn za svůj projekt Artemis [27], jehož cílem byl vývoj konceptu bezdrátové sítě modulů pro monitorování a zpracování fyziologických parametrů. Jedná se o sadu senzorů, které bezdrátově přenášejí data do centrální jednotky v podobě náramkových hodinek (dále jen „hodinky“), jež provádí filtraci, zpracování a zobrazování dat. Hodinky umožňují komunikaci s podobnými zařízeními a se sítí internet.

Miniaturní senzory jsou nositelné na oblečení nebo mohou být nošeny jako náramky. Jako příklad zhotovených senzorů lze uvést senzor pro měření EKG, senzor pohybu pro detekci pádu, pro GPS lokalizaci, teplotu, transmisivní pulsní oxymetrii a několik dalších. Hodinky jsou vybaveny 1,8 palcovým barevným displejem.

Z technologického úhlu pohledu aplikace běží na levných nízkopříkonových komunikačních modulech Nordic nRF24L01+ a MRF49XA s nízkou spotřebou. Pro řízení jsou použity mikrokontrolery STM32L. Celá implementace využívá pro své napájení běžné Li-Ion baterie. Komunikace s veřejnými sítěmi je zajištěna pomocí Bluetooth a GSM.

Z aplikačního hlediska ARTEMIS přináší levný a pohodlný monitoring všech věkových skupin, od novorozenců po seniory. Příští verze má být založena na platformě Intel Quark, která s pomocí integrované Wi-Fi umožní ještě lepší možnosti bezdrátové komunikace.

## 1.11 Kinect, herní konzole

Uvedení herní konzole Microsoft Kinect na trh vzbudil zájem mnoha výzkumníků, zabývajících se kamerovou detekcí pádu. Tato konzole rozpoznává pomocí senzorů pohyb hráče a tak odpadá nutnost použití ovladače.

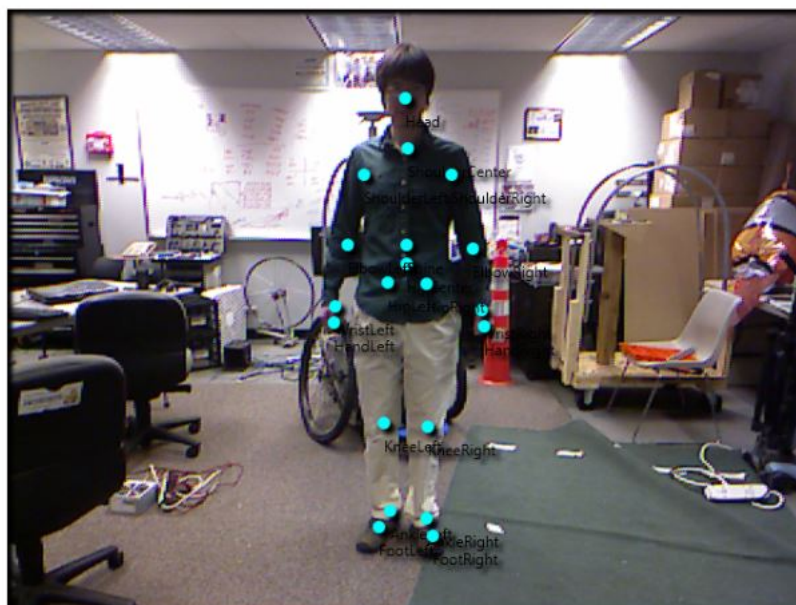
Stone a kolektiv [28] představili v roce 2013 dvoustavovou detekční techniku a ověřili systém na poměrně velkém souboru dat ze třinácti domácností.

Algoritmus detekce vycházel z těchto měřených veličin: minimální a průměrné vertikální rychlosti, maximální vertikální zrychlení a z míry zastínění (ta je hodnocena pro každý z pixelů).

Tento soubor dat zahrnoval 3339 dní (tj. 9 let) kontinuálních dat včetně 454 pádů, z nichž 445 pádů bylo provedeno herci a v devíti případech se jednalo o skutečné pády v běžné situaci.

Další studii s využitím herní konzole Kinect zpracovali na Lawrence Technological University [29]. Vyšli ze tří typů senzorů Kinectu - běžné kamery, infračervené kamery a mikrofonu. Infračervená kamera určuje body promítané laserem a automaticky je převádí na hloubku, tedy doplnění o třetí souřadnici pro vytvoření 3D obrazu. SDK (software development kit) Kinectu je zdarma a nabízí škálu užitečných nástrojů. Například automaticky detekuje 3D polohu a půdorys.

Vyvinuli tak hned 2 algoritmy detekce pádu s využitím Kinect SDK. První algoritmus vychází z pozic kloubů osob a propočítává vzdálenost každého kloubu od podlahy. Pokud je maximální vzdálenost menší než prahová hodnota, pak je vyhodnocen pád. Viz Obr. 4.



Obr. 4: Detekce pádu pomocí Kinect [29]

Druhý algoritmus počítá vektorovou rychlost kloubů. Pokud je průměr těchto rychlostí nižší (rychlosti směrem dolů jsou definovány jako záporné) než nastavená prahová hodnota, pak je detekován pád.

Pro eliminaci planých poplachů je využito rozpoznávání hlasu. Po detekci pádu je událost ověřena skrze mikrofon Kinectu a systém rozpoznávání hlasu. Po detekci pádu je vytvořeno nové vlákno pro dotaz směrem k uživateli, zda potřebuje pomoc. Vlákno čeká na odpověď ANO/NE. Pokud je odpověď ANO, je hlášen pád, v případě odpovědi NE je hlášení zrušeno. Odpověď musí přijít v nastaveném čase. Pokud nepřijde, je pád také hlášen.

Samotné hlášení pádu je realizováno zasláním obrazů z kamery dle nastavení buď e-mailem nebo multimediální zprávou.

Tento systém byl poměrně rozsáhle testován a to i s osobami o holi, berlích či s použitím chodítek. Nabízí cenově dostupný způsob detekce pádu. Jedna z hlavních výzev je, že simulovaný pád může být výrazně odlišný od pádu skutečného. Software je k dispozici ke stažení zde: <http://www.robofest.net/FDR>.

## 1.12 Projekt MIT WiTrack

Od roku 2013 je ve fázi prototypu je také WiTrack. Jde o finančně dostupné sledování 3D skrze zdi nejen pro detekci pádu ale i pro chytrou domácnost a hraní her. Tento projekt vznikl na Massachusettském technologickém institutu.

Zařízení WiTrack sleduje pohyb uživatele ve 3D za pomoci radiových signálů odražených od těla. Pracuje i když je sledovaná osoba zastíněna nebo v jiné místnosti, než je Witrack umístěn. A především WiTrack nevyžaduje, aby sledovaná osoba nosila cokoli na sobě nebo sebou. Při tom všem je přesnost detekce vyšší než u zařízení, kde je uživatel nucen mít při sobě vysílač. [30]

WiTrack vysílá signály jejichž síla je 100 krát menší než Wifi a dokonce 1000 nižší než vysílací signál z GSM telefonu.

WiTrack dokáže určit nejen střed lidského těla, ale také sleduje pohyb končetin a hlavy. Přesnost detekce je 96,9%. WiTrack může být součástí uživatelské elektroniky a má široké možnosti použití, tedy nejen detekci pádu, ale i ovládání spotřebičů nebo hraní her.



## 2 PRINCIPY DETEKCE

Z popsané historie detekce pádu lze usuzovat na chybějící společný přístup. Noury [8] dělí detekci pádu podle toho, zda se soustředí na detekci dopadu (včetně otřesu) a zda se zaměřuje na po pádový stav. Detekci pádu lze podle něj přehledněji dělit do tří kategorií: detekce zohledňující prostředí, nositelná elektronika a detekce na základě snímání obrazu. Další možnost rozdělení se nabízí, zohledníme-li měřené fyzikální veličiny a to na metody měřící pouze zrychlení, metody měřící zrychlení spolu s další veličinou a metody které měření zrychlení nezahrnují.

V podstatě je struktura všech systémů detekce pádu podobná. Hlavním cílem je rozlišit mezi pádem a aktivitami běžného života. Není to jednoduchý úkol, protože některé aktivity například sed nebo leh jsou pádu velmi podobné. Proto je při testování nutné vycházet z dat pádových událostí i z dat o aktivitách běžného života.

Tato data jsou zaznamenána senzory a mohou být například ve formě signálů o zrychlení, změně tlaku, snímaných obrazů a podobně. Poté jsou zpracována a klasifikována tak, aby bylo možno rozlišit mezi situací, kdy skutečně došlo k pádu a aktivitami běžného života. Ve většině případů je výkon detektoru popsán z hlediska citlivosti a specifity. Citlivost je schopnost detektoru přesně určit pád jako pád, zatímco specifita je schopnost detektoru rozpoznávat aktivity běžného života.

Pro přehlednost budou v této práci systémy rozděleny na systémy zohledňující prostředí, nositelnou elektroniku a detekci pádu na bázi chytrých telefonů.

### 2.1 Systémy zohledňující prostředí

V angličtině označované jako „context-aware systems“ využívají při vyhodnocení pádu okolní prostředí. Ve střeženém prostředí jsou umístěny senzory, pomocí nichž je pád detekován. Jejich hlavní výhodou je, že sledovaná osoba nemusí mít na sobě připevněno žádné zařízení. Avšak jejich provoz je omezen na právě ta místa, kde jsou senzory instalovány. Z mnoha typů možných senzorů jsou nejčastěji používány kamery, otřesové detektory v podlaze, pasivní infračervené detektory, mikrofony a tlakové detektory. Systémy založené na videodetekci mohou být považovány za podkategorii této skupiny, techniky videotekce se liší.

Níže uvedená Tab. 1 nabízí porovnání nejvýznamnějších studií z této oblasti [8].

Studie	Rok	Způsob (basis)	Využití vlastnosti	Typ pádu	Typ testování	Výsledky: citlivost/specifita	Typ senzoru
Miaou a kol.	2006	Detekce z obrazu panoramatické kamery	Poměr výšky a hmotnosti sledované osoby	neuveďeno	20 osob	5 osob. údaj: 86% / 90%	kamera
Vishwakam a kol.	2007	Automatická detkce pádu z videa	Horizontální a vertikální změny + úhel pádu	stranou, dopředu, dozadu	1 osoba	100% /100%	kamera
Fu a kol.	2008	Kontrastní videodetekce pádu	Změna osvětlení	stranou, dopředu, dozadu	3 osoby	3 různé situace přesně vyhodnoceny	kontrastní videosenzor
Anderson a kol.	2009	3D videodetekce (více kamer) + 2 úrovně fuzzy logiky	Výška a orientace postavy vzhledem k rovině	stranou, dopředu, dozadu, včetně i bez pokusu poté vstát	neuveďeno	100% /93,75%	kamera
Lie a kol.	2010	Videodetekce s ochranou soukromí	Poměr a rozdíl výšky a šířky silulety	neuveďeno	15 osob (věk 24-60)	Přesnost 84%	tlakový/PIR senzor
Tzeng a kol.	2010	Detekce přizpůsobuje citlivost jednotlivým situacím	Signály o změně tlaku v podlaze; směrodatná odchylka vertikální a horizontální změny	neuveďeno	neuveďeno	96,7% / 100%	kamera
Rougier a kol.	2011	Videodetekce vycházející z deformace postavy	Krajní body postavy	vřed, vzad, pád při sedání	neuveďeno	Přesnost 98%	kamera
Mastorakis a kol.	2012	Detekce s pomocí Kinect	Šířka, výška, hloubka postavy určující 3D kvádr	stranou, dopředu, dozadu	8 osob	Přesnost 100%	PIR
Zhang a kol.	2012	Videodetekce s ochranou soukromí	Změna výšky postavy	pády ze stoje a ze židle	5 osob	Přesnost 94%	RGBD kamery

Tab. 1: Porovnání systémů zohledňujících prostředí [8]

Ve sloupcích tabulky je uveden rok publikování, stručný popis techniky detekce, typy pádů uvažovaných ve studii, způsob testování i typy použitých senzorů. V tabulce je vysoká rozmanitost detekčních technik vzhledem k jejich závislosti na typu detekce.

Obavy o ochranu soukromí jsou u systémů zohledňujících prostředí na místě. Metody ochrany soukromí jsou závislé na typu použité detekce. Extrémní je detekce založená na videodohledu. Proto někteří autoři volí rozostření nebo zastínění obrazu sledované osoby. Ačkoli by ochrana soukromí měla být brána v potaz už při návrhu systému, ne ve všech studiích tomu tak je. Je to jasným znakem, že systémy zohledňující prostředí jsou v současnosti hlavně zaměřeny na rozvoj technologie a nikoli na nasazení ve skutečném životě.

V rámci srovnání dostupných zdrojů je zde uvedeno více použitých strategií, ale žádná standardní technika detekce zohledňující prostředí se zatím na českém trhu jako dominantní neprosadila.

## 2.2 Nositelná elektronika

V angličtině nazývaná jako „wearable devices“ může být v detekci pádu definována jako miniaturní zařízení se senzorem, které uživatel nosí na sobě a to jak pod, uvnitř nebo nad oblečením. Hlavní skupinou nositelné elektroniky jsou zařízení s akcelerometrem. Některé také zahrnují další senzory např. gyroskopy, které dodávají informaci o poloze. Aplikace chytrých mobilních telefonů jsou také založeny na akcelerometrech a gyroskopech. Jejich využití je aktivně zkoumáno zejména v souvislosti s rozšířením a finanční dostupností chytrých telefonů.

### 2.2.1 Akcelerometr připevněný k tělu

Studie detekce pádu akcelerometrem připevněným k tělu v posledních 10 letech lze rozdělit do 2 kategorií.

V první kategorii je pád detekován při překročení prahové hodnoty (TBM – threshold based methods).

Ve druhé jsou využity metody strojového učení. Zejména SVM, optimalizace hejnem částic, adaptace struktury perceptronové sítě a další.

Data jsou shromažďována při pádech za použití nezávislých trojosých akcelerometrů připevněných na různé části těla. Přehled některých studií je v Tab. 2 a ukazuje vývoj v čase.

Studie	Rok	Účel	Detekční technika	Testováno	Citlivost a specifita %	Umístění detektoru
Kangas a kol.	2009	ověření prototypu	Překročení prahové hodnoty; min.2 fáze	20 osob	100% / 97%	zápěstí, hlava, pas
Shan a kol.	2010	výzkum detekce před dopadem	Strojové učení SVM	5 osob	100% / 97,5%	pas
Bourke a kol.	2010	porovnání nových typů detektorů	Překročení prahové hodnoty; rychlost, dopad, poloha osoby	20 osob	100%/94,6%	pas
Lai a kol.	2011	test více senzorů umístěných na kloubech	Překročení prahové hodnoty; porovnání zrychlení ve 3 osách	9 osob	Přesnost 92%	krk, ruka, pas, kotník
Yuwono a kol.	2012	ověření sofistikované detekce pádu	Strojové učení, adaptace struktury perceptronové sítě	8 osob	99% / 98,6%	pas
Kerdagari a kol.	2012	výzkum výkonu různých klasifikačních algoritmů	Strojové učení; kombinace několika metod	50 osob	Citlivost 93%	pas
Cheng a kol.	2013	monitoring běžných aktivit a pádů	překročení prahové hodnoty; rozhodování dle stromové struktury	14 osob	95%/97,6%	hrudník, stehenní sval

Tab. 2: Porovnání detekce na bázi akcelerometrů [8]

Stejně jako u systémů zohledňujících prostředí je uváděna vysoká přesnost, ale faktem zůstává malá použitelnost v každodenní geriatrické praxi a nepříliš významná nabídka na trhu, především z důvodu planých poplachů, které vedou k nežádoucím zprávám ošetřovatelům, rodinným příslušníkům a podobně. [31]. Udávané údaje jsou platné pro laboratorní prostředí s omezenými daty z běžného života, ve kterém působí řada těžko kontrolovatelných faktorů. Ty pak vedou k významnému poklesu přesnosti detekce pádu.

### 2.3 Akcelerometry v chytrých telefonech

Dnešní chytré telefony jsou běžně vybaveny řadou vestavěných senzorů: akcelerometry, digitálními kompas, gyroskopy, GPS, mikrofonem a kamerou. Současný výzkum se toho snaží řádně využít pro detekci pádu. Tab. 3 uvádí přehled studií na toto téma.

Převažují jednoduché algoritmy pracující s prahovou hodnotou a pouze některé jdou dále využitím metod strojového učení. Typy uvažovaných pádů jsou podobné těm z kapitoly o detektorech na bázi akcelerometrů. Jako nejvýhodnější umístění chytrého telefonu pro detekci pádu se jeví pas, ačkoliv nadějně vypadá i umístění na stehně, kde lze využít umístění v kapse kalhot.

Některé studie vyústily v aplikace pro detekci pádu, dostupné v Obchodě Play. Žádná z nich ale nepřekročila řád deseti tisíců stažení a zpětná vazba uživatelů je maximálně v desítkách.

To poukazuje na minimální využívání těchto aplikací a obrovský potenciál v případě, že bude vyvinuta výrazně uživatelsky lepší aplikace.

Studie	Rok	Účel	Detekční technika	Testováno	Citlivost a specifita %	Umístění detektoru
Sposaro a kol.	2009	Systém upozornění na pád	Překročení prahové hodnoty; dopad, rozdíl v pozici	-	-	kapsa na stehně
Dai a kol.	2010	Chytrý tel. Jako základ pro vývoj systému	Překročení prahové hodnoty; orientace uživatele, mechanika chůze	15 osob	-	hrudník, pas, stehno
Lopes a kol.	2011	Aplikace pro detekci pádu	Překročení prahové hodnoty; dopad	-	-	stehno
Albert a kol.	2012	Demonstrace techniky detekce pádu i jeho klasifikace	Strojové učení, využití série časových údajů z akcelerometru	15 osob	3 mylné detekované pády týdně	záda
Fang a kol.	2012	Prototyp detektoru pádu na základě Androidu	Překročení prahové hodnoty; dopad a poloha uživatele	4 osoby	73%/77%	hrudník, pas, stehno
Abbate a kol.	2013	Systém pro monitoring pacientů s upozorněním	Strojové učení; 8 údajů o zrychlení klasifikovaných, využití adaptace struktury perceptronové sítě	7 osob	100%/100%	pas

Tab. 3: Přehled studií detekce pádu s chytrými telefony [8]

### 3 TRENDY V OBLASTI DETEKCE PÁDU

V této kapitole je popsán současný stav a výhled do budoucna na základě studií uvedených v kapitole Historický vývoj detekce pádu.

#### 3.1 Videodetekce

Techniky detekce zohledňující prostředí se poprvé objevily před 10 – 15 lety. Většina z nich je založena na zpracování videosignálu a výrazně se rozvíjí. Je nešťastné, že se použité algoritmy nesbližují a nesjednocují. Videodetekce pádu je velmi komplexní a je složité vyvinout systém, který bude spolehlivý v podmínkách běžného života.

#### 3.2 Detekce s chytrými mobilními telefony

Na druhé straně nositelné detektory s akcelerometry v posledních letech stagnují, výjimkou jsou studie zabývající se detekcí pádu s chytrými telefony. Ve skutečnosti se stále jedná o novou, převratnou technologii. První studie s využitím chytrého telefonu byla publikována v roce 2009 a od té doby výzkum v této oblasti roste. Důvodem jsou výhody, které chytré telefony nabízí. Jako soběstačná zařízení představují vyspělý hardware včetně softwarového prostředí pro vývoj aplikací a systémů detekce pádu. Mají zabudované komunikační protokoly umožňující snadnou práci s daty a bezdrátový přenos. Cena těchto zařízení je stále příznivější vzhledem k objemům výroby.

#### 3.3 Strojové učení v oblasti detekce pádu

Jsou zde dva hlavní směry v technice detekce pádu vycházející ze signálu akcelerometrů:

- metody překročení prahové hodnoty
- metody strojového učení

Aplikace metod překročení prahové hodnoty bývá snadná a výpočetní požadavky minimální. Detekce pádu je možná. Nicméně počet planých poplachů je významným problémem.

Přístup se strojovým učením je sofistikovanější a vede k vyšší detekční přesnosti. Přináší ale vysoké nároky na implementaci těchto technik (požadavky na nadstandardní matematické dovednosti, využití pokročilé výpočetní techniky). I přesto se zdají být v současnosti převažující.

### 3.4 Prostor pro zlepšení v podmínkách běžného života

Jako téměř všechno na světě i detekci pádu lze zlepšovat. Klíčové vlastnosti pro zlepšení jsou uvedeny v následujících odstavcích.

#### 3.4.1 Spolehlivost

Detektory pádu musí být maximálně přesné a spolehlivé. Funkční systém detekce pádu musí vykazovat vysokou přesnost i specifitu. Toho bývá někdy dosaženo v laboratorních podmínkách, ale při implementaci v praxi jsou výsledky detekce horší. [31] Tato zařízení jsou navržena a testována v kontrolovaných podmínkách. Například data o pádech a aktivitách běžného života jsou simulována obvykle mladšími lidmi, protože neexistuje standardní proces nebo veřejná databáze k porovnávání. Stejně tak by bylo vhodné, aby data od uživatelů byla získávána dlouhodobě a to alespoň v řádu měsíců.

#### 3.4.2 Použitelnost

Systémy zohledňující prostředí jsou z hlediska denního využívání seniorem vhodné v tom, že zcela nespolehají na aktivní účast sledovaného uživatele (např. dobíjení akumulátoru, nošení detektoru). Jejich velkou nevýhodou ale je, že fungují jen v místě bydliště. Na vycházce pak senior jistotu automatické pomoci v případě pádu ztrácí a to může vést k omezení jeho běžných denních aktivit (např. procházka lesem), které jsou však velmi důležité pro udržení fyzického zdraví i duševní pohody.

Detektory pádů na bázi chytrých telefonů jsou atraktivní vzhledem k širokému užívání a to i mezi seniory. Většina studií však s chytrým telefonem pracuje ve stále stejné poloze. Viz

Tab. 3. Proto pak měření probíhá velmi stereotypně, zlepšuje výsledky ale vzdaluje je od nasazení ve skutečném životě. V tom totiž lidé umísťují chytré telefony nejen do různých kapes ale také do kabelek, na stůl apod.

#### 3.4.3 Praktičnost a osvojení

Je třeba se také zamyslet nad tím, zda jsou detektory pádu praktické a zda se s nimi senioři sžijí. To je zásadní problém, protože senioři často novou elektroniku odmítají. Pro překonání tohoto problému je zásadní způsob provozu systému detekce pádu. Detektor by měl pracovat automaticky bez uživatelského zásahu. V tomto směru je velmi vhodná videode-

tekce, ale přetrvává u ní otázka ochrany soukromí.

U nositelné elektroniky je potřeba vypěstovat u sledovaného uživatele silný zvyk nevstávat bez detektoru, což nebývá vždy snadné.

Zatím se jako velmi nepraktické a jen stěží osvojitelné jeví aplikace detekce pádu v chytrých mobilních telefonech. Na druhou stranu mají tyto aplikace výhody, které napomáhají jejich přijetí seniorem a přitahují pozornost výzkumníků. Fungují doma i venku a mohou integrovat i další zdravotnické aplikace. Bohužel využití chytrých telefonů pro detekci pádu je vzhledem k počtu majitelů těchto zařízení zanedbatelné. Absence ratingu dostupných aplikací je jako ukázka velmi nízkého využití vypoovídající.

Je zřejmé, že zásadní vylepšení uživatelských vlastností mobilních aplikací je žádoucí a to nejlépe s integrací dalších funkcí zejména v těchto dvou příbuzných oblastech:

- zdraví a domácí péče (sledování životních funkcí, pádů, aktivity s přenosem)
- bezpečnost doma i na cestách (integrace PZTS a hlášení o poloze v případě pádu)

#### 3.4.4 Projekt Neptun Suite

Projekt Neptun Suite otevírá nové možnosti. Problém nutného nošení chytrého telefonu na těle uživatele by v relativně blízké budoucnosti mohl vyřešit revoluční kanadský projekt **Neptune Watch**. [42] Jedná se o kompletní elektroniku, kterou v současnosti obsahuje chytrý telefon umístěný v hodinkách. K nim bude pro dostatečně velké zobrazení dodáván „hloupý“ displej a další příslušenství. Slovem „hloupý“ se rozumí to, že se jedná skutečně jen o displej s možností připojení přes Bluetooth. Již existující a na trhu dostupné Neptun Watch v sobě integrují:

- OS Android 4
- dvoujádrový procesor Qualcomm 1,2GHz
- akcelerometr
- gyroskop
- digitální kompas
- krokoměr
- 2 kamery
- mikrofon a SW funkci pro rozpoznávání hlasu

- GPS
- slot pro Micro SIM
- podpora GSM/GPRS/EDGE 850, 900, 1700, 1900
- podpora UMTS/HSPA+/WCDMA 850, 1700, 1900, 2100
- Bluetooth 4
- baterii slibující 120 hodin v pohotovostním režimu na jedno nabití a další

Přechod na novou, použitelnější verzi je očekávaným krokem. Převratné na ní je, že problém malého displeje a chybějící klávesnice řeší externě. Uživatel tak má stále na ruce hodinky, které jsou „mozkem a srdcem zařízení“ a v kabelce nebo na stole je externí displej a klávesnice. Tento přístup je pro detekci pádu výhodný a nezbyvá než projektu Neptun držet palce a těšit se na konec roku 2015, kdy má být uveden na trh.



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 SYSTÉMY PŘIVOLÁNÍ POMOCI PODLE NORMY

Poplachové systémy - Systémy přivolání pomoci (SAS -Social Alarm Systems) jsou definovány normou ČSN EN 50134-X (334590)

Ta specifikuje požadavky na systém přivolání pomoci [32] pro:

- aktivaci poplachu
- identifikaci
- přenos signálu
- přijetí poplachu a potvrzení
- záznam
- obousměrnou hlasovou komunikaci včetně tříd prostředí ovlivňujících návrh (projekt) systému

Systém přivolání pomoci se skládá z částí, které mohou být konfigurovány různými způsoby zajišťujícími jejich funkčnost.

Uživatel může požadovat pomoc při užití manuálně spouštěných aktivačních zařízení, která jsou určena ke spuštění poplachového signálu. Aktivační poplachové signály lze též generovat automatickými aktivačními zařízeními. Místní jednotka nebo kontrolér přijímá generovaný poplachový signál, přechází z normálního do poplachového stavu a signalizuje ho uživateli (některé systémy využívají volitelný předpoplachový stav, který dovoluje uživateli v krátké době zrušit poplach).

Kontrolér přenáší poplachový stav přes poplachový přenosový systém do dohledového poplachového přijímacího centra (DPPC). To může být jednak v blízkosti kontroléru nebo od kontroléru vzdáleno. Musí mít prostředky k identifikaci místní jednotky, typu poplachu a navázat obousměrnou hlasovou komunikaci mezi příjemcem poplachu a uživatelem, pokud je tato komunikace zřízena. Příjemce poplachu tak poskytuje uživateli jistotu a přímou pomoc, pokud je třeba.

V některých případech může být poplach neúmyslně vyvolán. V takovém případě je poplach identifikován příjemcem poplachu a zřízenou obousměrnou hlasovou komunikací kontrolérem přijatý poplach ověřen. Ve všech případech systém zaznamenává čas, datum, místo a typ poplachu.

System je navržen k detekování a hlášení poruchových stavů ovlivňujících přenos poplachů. V některých případech je možná dočasná ztráta propojení místní jednotky k minimalizaci poruch nebo prevenci proti ovlivnění správné funkce systému neúmyslně aktivovanými poplarchy.

V případě integrace systémů přivolání pomoci je třeba respektovat tyto požadavky:

- všechny části systému přivolání pomoci musí splňovat požadavky vybraných částí řady technických norem ČSN EN 50134
- přídavná zařízení nesmí zabraňovat správné funkci systému přivolání pomoci
- systém přivolání pomoci musí obsahovat záložní poplachové přijímací centrum
- místní jednotka a kontrolér musí být nainstalovány tak, aby umožnily v případě poplachu přerušit jiné použití poplachového přenosového systému
- poskytovatel služby přivolání pomoci musí při uzavření smlouvy na dílčí části systému specifikovat činnosti týkající se každého subdodavatele a zároveň nese za činnost subdodavatelů odpovědnost
- v rámci propojení systému přivolání pomoci je možné využít drátové a bezdrátové prostředky
- klasifikace přenosových tras v systému přivolání pomoci rozlišuje nevyhrazené (veřejná komutovaná telefonní síť, PTSN - Public Switched Telephone Network) a vyhrazené (neveřejné přenosové trasy- radiové a kabelové sítě) [33]

## 5 DETEKCE PÁDU NA TRHU V ČR

V této kapitole jsou popsány detektory pádu a asistenční služby včetně detekce pádu dostupné na území naší republiky.

### 5.1 Senior Inspect

Senior Inspect je asistenční služba [34]. Uživatel u sebe nosí jednotku a platí měsíční paušál za dohled. Jednotka integruje následující automatické funkce: detekce pádu, podpora správného užívání, nepřetržitá kontrola funkčnosti, lokalizace a další. Výhodou je jednoduché bezpečné ovládání jedním tlačítkem. Dohledová asistence pracuje s veškerými dostupnými moduly systému a poskytuje plnou bezpečnost včetně individuálního profilu a všech automatických služeb.

#### 5.1.1 Vývoj Senior Inspect

Společnost Clever Technologies vznikla v roce 2005. Společnost má vlastní modulární systém a od svého vzniku se zabývá snímáním, přenosem a zpracováním biologických dat osob, jejich napojením na DPPC a také shromažďováním a vyhodnocováním údajů zpětné vazby. Modulární strategie zahrnuje oblasti hardwaru, softwaru, firmwaru, metodicko-aplikační oblast a oblast komerčního nasazení.

Na projektu Senior Inspect spolupracuje s Fakultou biomedicínského inženýrství ČVUT a 1.lékařskou fakulty UK od roku 2009. V roce 2010 proběhlo první testování ve spolupráci s občanským sdružením Život 90.

Nejen testování prvních prototypů ale i testování takto významně upraveného zařízení přímo pro seniory není snadné uvést do praxe. To potvrzují dojmy Mgr. Zavadilové, vedoucí střediska Pečovatelské služby Třeboň z testu na 5 osobách [35]:

- Většina uživatelů je se systémem Senior Inspect spokojená, vyhovuje jim celodenní nošení, mají pocit bezpečí, jsou rádi, že je tzv. „někdo hlídá“
- Špatnou zkušenost obecně nemají, ale jen 2 uživatelky přemýšlejí o koupi přístroje, ale vše se bude odvíjet dle ceny přístroje
- Tři uživatelé z pěti si na přístroj rychle zvykli, vyhovuje jim po všech stránkách, i rodina je klidnější - senior není úplně sám, je stále kontrolován
- Jedna uživatelka po psychické stránce nošení přístroje vzdala, nezvykla si na něj, byla z nošení přístroje nervózní

### 5.1.2 Cíle Senior Inspect

Aktivní prevence stárnutí spočívá v pochopení mechanismu způsobujícího nástup a zrychlení procesu stárnutí, opouštění aktivit a z něho vyplývající snižování kvality života. V okamžiku kdy senior zaznamená první vážnější objektivní zdravotní indispozici, pád apod. preventivně omezí své rizikovější aktivity. Důsledkem snížené aktivity je horší kondice, která vede k dalšímu objektivnímu zvýšení rizika pro doposud zcela bezpečné aktivity, často i sekundárně ke zhoršení zdravotního stavu a tak se tato situace opakuje. V rámci kvalitní prevence stárnutí je cílem tento proces zpomalit aktivní asistenční službou.

Ta má zajistit:

1. zvýšení bezpečí při provádění běžných životních aktivit formou sofistikovaného asistenčního řešení a poskytnutí nepřetržité asistenční podpory
2. automaticky rozpoznat krizové situace
3. poskytnout informační podporu pro osobní práci se zdravím seniora formou přehledů umožňujících sledování a kvantifikaci zdravotního stavu seniora [34]

### 5.1.3 Koncepce a popis systému

#### *Technologická koncepce*

Systémové řešení Senior Inspect vzniklo na již zmíněné technologii modulárního mobilního systému. Vznikl tak dynamický systém, který obsahuje všechny žádoucí prvky pro provoz daných kompaktních řešení zároveň si však zachovává svoji modularitu a umožňuje operativně začleňovat velmi rychle se měnící a vyvíjející požadavky různých typů uživatelů systému. Veškeré současné know-how je vhodně členěno do jednotlivých bloků, bloky jsou pak samostatně použitelné v jakékoliv aplikaci. To umožňuje rychlý efektivní a cenově dostupný vývoj nových aplikací (řešení pro další specifické skupiny uživatelů). Jednotlivé moduly řešení mohou vycházet z nejaktuálnějších technologických i softwarových řešení dostupných na trhu, aniž by časová nebo finanční zátěž ztěžovala jejich aplikaci. Celý systém je tedy možno průběžně inovovat a držet krok s technologickým pokrokem na světové úrovni.

### ***Podrobný popis systému***

System se skládá z těchto funkčních modulů (viz Obr. 5) [24]:

1. vstupní rozhraní pro příjem dat z dané uživatelské jednotky
2. centrální serverová část (SW) zajišťuje servisní logiku a interakci mezi moduly systému
3. dohledová aplikace (SW) pro obsluhu pracovníky asistence
4. uživatelská mobilní jednotka

### **VSTUPNÍ ROZHRANÍ UŽIVATELSKÉ JEDNOTKY**

umožňuje zpracovávat následující parametry z uživatelské jednotky:

- Pohyb – snímání dat pomocí akcelerometru,
  - detekce pádu
  - záznam fyzické aktivity
- Lokalizace – lokalizace uživatele s využitím GSM (výhodou je funkčnost i uvnitř budov)
- Správa a sledování stavu baterií, připojení do nabíjecího zařízení
- GSM parametry – síla signálu, komunikující buňky
- Nepřetržitá kontrola funkce pomocí pravidelných kontrolních paketů
- Hlasová komunikace – obousměrná hlasová komunikace
- Tísňové tlačítko

### **CENTRÁLNÍ SERVEROVÁ ČÁST**

je jako softwarové řešení jádrem platformy s následujícími funkcemi:

- Ukládání dat včetně zabezpečení přístupu
- Výpočty parametrů z uživatelských dat; např. výpočet polohy na základě GSM parametrů
- Automatické služby provádějící sledování hodnoty uživatelských parametrů nastavených individuálních kritérií jednotlivých uživatelů a návazný modul generování alarmů:
  - Sledování stavu baterie (nízký / kritický stav / vypnutí)
  - Sledování připojení do nabíječky
  - Sledování délky nabíjení v nočním režimu
  - Analýza pohybu – detekce delší nehybnosti s nastavitelnou dobou, detekce pádu
  - Analýza polohy

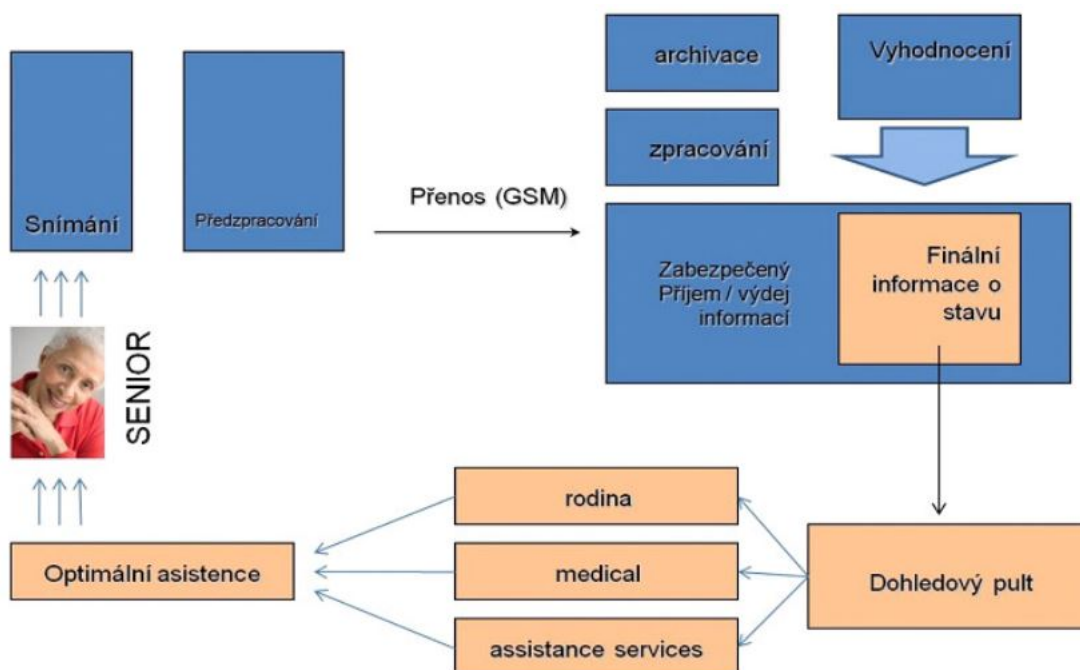
- Sledování stavu alarmů
- Sledování funkcí systému (délka výpadku datových přenosů, intenzita signálu)

### DOHLEDOVÁ APLIKACE

nabízí univerzální vizualizační rozhraní umožňující obsluhu a správu systému operátorem asistenčního pracoviště.

V rámci správy systému je možné:

- vkládat uživatelská data / osobní profily / nastavovat parametry pro generování alarmů u jednotlivých uživatelů
- spravovat jednotky; nastavovat jejich konfigurační parametry
- správa osob: k uživateli přiřadit kontaktní osoby, pečovatele, supervizora, asistenta
- využít nástroje pro manažerskou notifikaci stavu systému / uživatelů



Obr. 5: Senior Inspect - blokové schéma [24]

#### 5.1.4 Partneři projektu Senior Inspect v ČR

- Občanské sdružení Život 90, Praha

Sdružení bylo založeno v roce 1990 a je zakladatelem sociální služby Tísňová péče v České republice. Tuto službu se i díky úsilí Život 90 povedlo zařadit do zákona o sociálních

službách 108/2006 Sb. §44, do kategorie služeb péče. [36]

Pokud si senior objedná službu Senior Inspect od Život 90 v Praze je možné po ověření polohy a situace uživatele vyslat za uživatelem, který potřebuje pomoc, výjezdovou - sanitní službu Života 90. Výjezd je hrazen v rámci měsíčního poplatku za službu. Ve zbytku republiky funguje napojení na integrovaný záchranný systém a kontaktní osoby klienta.

Klienti mohou také využít možnost uložení klíčů v centrále ŽIVOTA 90. V případě jakýchkoliv komplikací je možno klíče vyzvednout a umožnit vstup do objektu (např. záchranné službě) pokud klient již není schopen sám otevřít.

- Vodafone Czech Republic a.s.

Projekt Senior Inspect podpořila Nadace Vodafone již ve fázi vývoje zařazením do své Laboratoře. Laboratoř Vodafone je startupový akcelerační program pro neziskové organizace a společensky prospěšné podniky. Zprostředkovává pravidelná setkávání, workshopy, mentory, mikrogranty a to vše podkládá procesem inovačního účetnictví a zákaznickým vývojem. Není proto divu, že Vodafone službu Senior Inspect nyní nabízí s názvem Senior Inspect - edice Vodafone.

K dalším distributorům Senior Inspect patří:

- Anděl Strážný, z.ú., Praha
- HENIG – security servis, s.r.o., Česká Lípa
- Eurocross Assistance Czech Republic s.r.o., Praha
- Seňorina s.r.o., Kostelec na Černými Lesy

### 5.1.5 Stav využití Senior Inspect

Z dostupných materiálů je velmi zajímavý poměr typů interakcí asistenčního centra:

- automatická detekce krizových stavů (včetně detekce pádu a neaktivity).... 34%
- ruční stisk tísňového tlačítka ..... 31%
- podpora správného užívání ..... 27%
- sledování stavu baterií ..... 8%

Nejčastější interakcí je tedy reakce na krizový stav!



V roce 2013 měl Senior Inspect 300 uživatelů, 4 aktivní DPPC, 5 distributorů a speciální edici Vodafone. [37]

#### CENA SENIOR INSPECT

Cenová nabídka Senior Inspect je přehledná a jednotná u všech distributorů.

Mobilní jednotka ..... 4.800,-Kč

Měsíční paušál za připojení ..... 550,- Kč

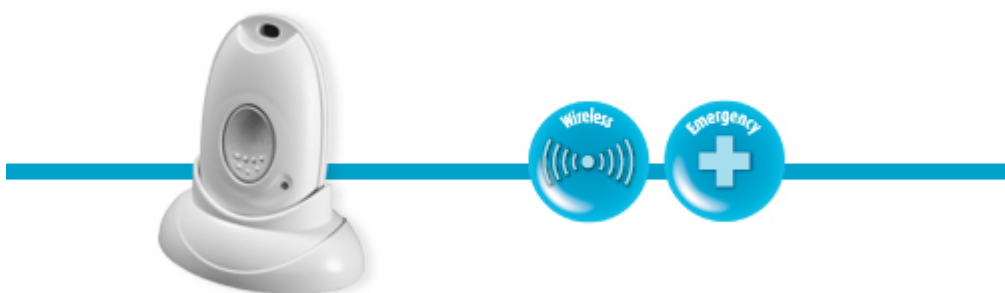
Měsíční paušál 550,- Kč ročně není pro českého seniora zanedbatelná částka. Průměrný český starobní důchod v roce 2014 byl podle výpočtu České správy sociálního zabezpečení 11.075,- Kč. Na druhou stranu DPPC řešilo v roce 2014 v průměru 46 poplachů na uživatele Senior Inspect, z toho 78% planých a to také není málo.[37]

## 5.2 Detektor pádu MCT 241MD Visonic

Slouží jako tísňové tlačítko i jako detektor pádu současně. Jedná se o plně vodotěsný model s řetízkem na krk, sponou pro nošení na opasku a 3 V litiovou baterií v základním balení. Lze ho mít ve sprše, na zahradě v dešti apod.

Je-li stisknuto tísňové tlačítko, pak MCT-241 vysílá signál, viz Obr. 6 . Použitý inteligentní algoritmus předchází zarušení signálu při současném vysílání z jiných zařízení. Další vlastností je viditelná i vysílaná signalizace nízkého stavu baterie – nutnosti její výměny.

Pád je detekován pomocí zabudovaného náklonového čidla. Je-li detektor pádu nakloněn o více než 60° na delší než předprogramovaný časový úsek (nejčastěji 60 s), je aktivován vysílač, který pošle signál centrální jednotce a následně je pak spuštěna kontrolní komunikace a v případě potřeby, nebo chybějící odezvy seniora je zajištěna okamžitá pomoc. Zařízení slouží současně i jako tísňové tlačítko. Tedy vyvolá poplach po stisku.[38]



Obr. 6: Detektor pádu – MCT241 [38]

Detektor pádu MCT241 je spolu s přijímačem (typ MCR 304 nebo MCR 308) připojitelný k většině ústředn PZTS.

### 5.3 Systém medical alarm Piperfon

Jedná se o službu tísňové péče pro samostatně žijící osoby. Podobně jako u Senior Inspect se jedná o dohledovou službu s měsíčním paušálem. Vlastní zařízení je možné jak zakoupit, tak pronajmout. Podle rozsahu nabídky služeb jsou k dispozici 3 programy ve třech cenových hladinách měsíčních paušálů. Výrobcem prvků je anglická společnost Tunstall. V ČR tyto služby nabízí společnost Griffin.

#### 5.3.1 Přehled služeb a komponentů Piperfon

V rámci služeb Griffin poskytuje domácí tísňové volání s možností integrace GPS trackeru. Jedná se o zařízení s funkcemi mobilního telefonu a GPS přijímačem, který určuje polohu a odesílá o ní data příslušné osobě nebo na operační centrálu. Podobně jako u občanského sdružení Život 90 je v nabídce i klíčová služba.

Mezi nabízené prvky patří: PiperFon Connect a PiperFon Connect +.

Základní řídicí jednotka s možností připojit maximálně

- 12 periferních zařízení v případě varianty Connect
- 35 zařízení u Connect plus, který má navíc ještě přehledný displej.

Piperfon obsahuje vestavěný mikrofon a reproduktor pro oboustrannou komunikaci s operátory, kteří zajistí rychlou pomoc. Prostřednictvím tlačítka lze přijímat hovory na pevné lince například z lůžka seniora. Je to vhodná funkce pro osoby se sníženou mobilitou.

**Detektor pádu** systému PiperFon je malý a lehký. Součástí je baterie, mikroprocesor a vysílač. Pokud dojde k detekci pádu a pozice detektoru se nezmění během

následujících 15 sekund, detektor vyhlásí poplach. To omezuje plané poplachy. Detektor má zabudované tísňové tlačítko. Řídící jednotka umí rozeznat, ze kterého zařízení byl poplach odeslán.

Dalšími dostupnými zařízeními jsou kouřové, plynové, PIR detektory a záplavové detektory, tísňová tlačítka, tísňové táhlo do vany, dávkovač léků, postelová podložka a epileptická podložka. [39]

#### CENY PIPERFON

Ceny prvků Piperfon jsou uvedeny v Tab. 4 níže.

Medical Alarm	Cena	Cena
Produkt	prodej do os.vlastnictví	za pronájem na měsíc
Piperfon Connect	14.500,- Kč	480,- Kč
Piperfon Connect Plus	18.500,- Kč	480,- Kč
Detektor pádu	8.500,- Kč	240,- Kč
GPS tracker	6.500,- Kč	480,- Kč

Tab. 4: Ceník Piperfon

#### 5.4 NEO – tísňové telefony

Tísňové telefony NEO a náramkovým detektorem pádu (viz.Obr. 7) vyrábí švédská společnost NEAT Electronics AB.

Dostupné na českém trhu jsou ve dvou verzích: GSM a pro pevnou linku. Švédský výrobce nabízí dokonce i v IP verzi.



Obr. 7: Tísňový telefon NEO [41]

#### 5.4.1 Funkce NEO telefonu a příslušenství

Systém s tísňovým telefonem NEO zajišťuje asistenční službu pro samostatně žijící seniory. Po stisku červeného tlačítka kontaktuje automaticky DPPC nebo blízké osoby na předvolených telefonních číslech (dle nastavení až 6 čísel) a spustí obousměrnou hlasovou komunikaci.

NEO tísňový telefon podporuje další zařízení společnosti NEAT electronics a díky 9 přenosovým formátům ho lze připojit na většinu DPPC.

Další vlastnosti jsou uvedeny v bodech:

- Rozměry 19 x 18 cm; hmotnost 400 g
- Mnoho bezpečnostních funkcí
- Velmi snadné programování
- Kompaktní adaptér
- Výborné akustické vlastnosti
- Dlouhý dosah přidavných zařízení
- Podsvícené červené tlačítko (lze naprogramovat)
- Obousměrná komunikace
- Nastavení hlasitosti
- Při poplachu zpráva rozlišuje až 10 typů událostí
- LED displej pro důležité informace
- Možnost snadné instalace na zeď
- Monitoring telefonní linky a výpadků el. proudu
- Monitoring stavu baterie

- Režim napájení z baterie při výpadku el. proudu
- Akustické i vizuální varování (programovatelná funkce)
- Poplach při zarušení z jiných radiových vysílačů
- Radiokomunikace s potvrzením
- Dostupný aktuální firmware update

#### 5.4.2 Kompatibilní zařízení

##### NÁRAMKOVÉ TLAČÍTKO FALL – DETEKCE PÁDU

monitoruje uživatele, vysílá automaticky poplachový signál v případě pádu a také může být poplach aktivován stiskem tlačítka uživatelem. Díky pokročilému vyhodnocovacímu algoritmu tlačítko Fall rozezná chůzi do/ze schodů, posazení nebo leh střežené osoby. Plané poplachy jsou tak téměř eliminovány.

Vlastnosti tlačítka Fall v bodech:

- předpoplachový stav – náramek vibruje
- integrace manuálního spuštění poplachu
- obousměrná komunikace s NEO telefonem
- životnost baterie přibližně 2 roky
- automatické rozpoznání nízkého stavu baterie

##### DALŠÍ ZAŘÍZENÍ

- tísňové tlačítko ATOM
- PIR detektor
- kouřový detektor
- magnetický kontakt [40]

##### CENY TÍSŇOVÝCH TELEFONŮ NEO S PŘÍSLUŠENSTVÍM

NEO pro pevnou linku..... 5.990,- Kč

NEO pro GSM ..... 7.850,- Kč

Náramkové tlačítko Fall .....5.396,- Kč [41]

## 6 NÁVRH SYSTÉMU

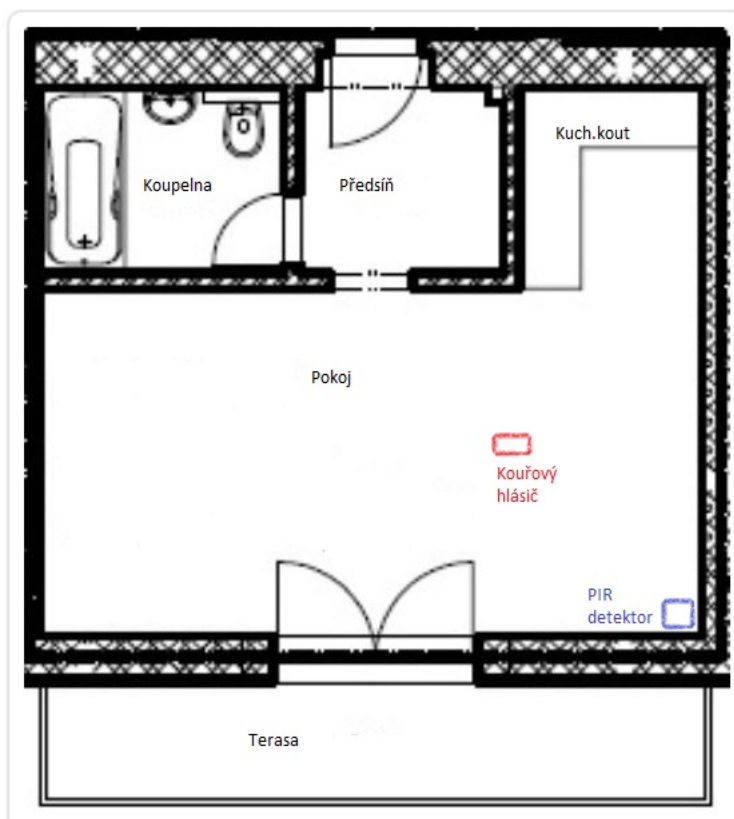
V této kapitole je uvedeno několik navržených systémů s automatickou detekcí pádu. Systémy se liší funkcemi i cenou.

### 6.1 Půdorys modelového bytu

Na Obr. 8 je půdorys modelového bytu samostatně žijícího seniora o rozloze 33,4 m<sup>2</sup>.

- chodba bytu..... 3,6<sup>2</sup> m<sup>2</sup>
- koupelna s toaletou ..... 4,25 m<sup>2</sup>
- pokoj ..... 25,58 m<sup>2</sup>
- balkon ..... 7,9 m<sup>2</sup>

Je zde zobrazeno umístění kouřového hlásiče i prostorového PIR detektoru v případě rozšíření systémů NEO a Piperfon Connect.



Obr. 8: Půdorys modelového bytu

## 6.2 Senior Inspect

Uvedení Senior Inspect zařízení vlastně není návrhem, ale zařazením hotového produktu do této kapitoly.

Jak již bylo v uvedeno v teoretické části, uživatel Senior Inspect nosí malou komunikační jednotku a v kritické situaci stiskne tísňové tlačítko. Dále systém podporuje automatické funkce pro případ že uživatel není schopen tlačítko stisknout sám. Při vyvolání alarmu v aplikaci na dispečinku je určena poloha a navázán hovor s uživatelem přímo přes komunikační jednotku. Po dohodě a na základě individuálního asistenčního profilu je zvolen další postup. Zařízení nesouvisí s bydlištěm seniora a proto jeho použití není zohledněno vzhledem k modelovému bytu.

Senior Inspect zajišťuje okamžitě automatickou detekci pádu bez projektu a instalace.

Dalšími výhodami tohoto řešení je: nepřetržitý dohled, sledování polohy, neaktivity, možnost komunikace, kontrola používání.

Nevýhodou je poměrně vysoká cena, nutnost nosit jednotku neustále s sebou a zcela chybí možnost integrace s PZS.

Zařízení je dostupné od několika distributorů uvedených v kapitole 5.1. Ceny jsou u všech distributorů stejné:

Mobilní jednotka ..... 4.800,-Kč

Měsíční paušál za připojení ..... 550,- Kč

## 6.3 Piperfon

V Tab. 5 jsou uvedeny ceny komponentů systému a to jak pro prodej do osobního vlastnictví, tak za měsíční pronájem. U varianty bez rozšíření bude systém zajišťovat pouze komunikaci, tísňové volání seniora a detekci pádu. Varianta s rozšířením pak rozšiřuje tísňový systém i o zabezpečovací, i když velmi jednoduchý. Další přidanou hodnotou je elektronický dávkovač léků, který zajistí pravidelnou a bezpečnou medikaci seniora.

Medical Alarm	Cena	Cena
Produkt	prodej do os.vlastnictví	za pronájem na měsíc
Piperfon Connect	14.500,- Kč	480,- Kč
Detektor pádu	8.500,- Kč	240,- Kč
<b>Bez rozšíření celkem</b>	<b>23.000,- Kč</b>	<b>720,- Kč</b>
Kouřový detektor	4.500,- Kč	120,- Kč
Pohybový detektor	8.500,- Kč	240,- Kč
Dávkovač léků	18.500,- Kč	240,- Kč
<b>S rozšířením celkem</b>	<b>54.500,- Kč</b>	<b>1.320,- Kč</b>

Tab. 5: Piperfon - přehled cen systému

Samotná služba tísňové péče od společnosti Griffin je nabízena ve třech variantách. V tzv. žlutém, zeleném a modrém programu.

- **ŽLUTÝ PROGRAM**
  - Nepřetržitý 24h dohled
  - Správa a pravidelná aktualizace údajů o klientovi
  - Přijetí nouzového signálu
  - Hlasová komunikace s hlídanou osobou
  - Zajištění záchranné služby či zajišťujících osob
  - Kontaktování osob určených klientem

Cena služby je se zařízením Piperfon Connect 250,-Kč měsíčně

#### ZELENÝ PROGRAM

- Služby Žlutého programu a navíc:
- Komunikace se záchrannou službou a ověření stavu osoby
- Kontaktování lékaře
- Vypracování zprávy pro osoby určené klientem a lékaře určeného klientem
- Elektronická archivace událostí
- Pravidelné volání 2x týdně



Cena služby je se zařízením Piperfon Connect 595,-Kč/měsíc

#### MODRÝ PROGRAM

- Služby Zeleného programu a navíc:
- Pravidelné volání 7x týdně
- Aktivní spolupráce s určeným lékařem
- Upomínková služba (Připomenutí užití léku, návštěvy lékaře atd.)
- Zajištění místa v případě hospitalizace podle předem dohodnutých instrukcí
- Klíčová služba
- Možnost zařazení kamerového dohledu

Cena služby je se zařízením Piperfon Connect 833,-Kč/měsíc. [39]

## 6.4 Tísňové telefony NEO

V Tab. 6 je přehled prvků a cen systému s tísňovým telefonem NEO. Vzhledem k uživatelsky snadnému nastavení není třeba montáže a naprogramovat telefon zvládne i řádně poučený laik. Pokud se senior spokojí s voláním blízkým osobám, není pak třeba platit měsíční paušál – s výjimkou toho za telefon. Ten však senior téměř jistě stejně využívá. Samozřejmě možnost napojení na DPPC v sobě tento systém obsahuje.

Produkt	Cena
NEO Tísňový telefon – pevná linka	5 990 Kč
NEO FALL Tísňové tlačítko s detektorem pádu	5 396 Kč
<b>Bez rozšíření celkem</b>	<b>11 386 Kč</b>
NEO PIR bezdrátový detektor pohybu	3 910 Kč
NEO SMOKE bezdrátový hlásič kouře	3 969 Kč
<b>S rozšířením celkem</b>	<b>19 265 Kč</b>

Tab. 6: NEO systém s tísňovým telefonem

U varianty bez rozšíření bude systém zajišťovat pouze komunikaci, tísňové volání seniora a detekci pádu. Varianta s rozšířením pak rozšiřuje tísňový systém také o zabezpečovací, i když velmi jednoduchý.

Další možností je využití tísňového telefonu NEO s GSM komunikací. Je třeba počítat se zvýšenou cenou 7850,- Kč. Systém bez rozšíření pak lze zakoupit od společnosti Multitone CZ, spol. s r. o. za 13.246,- Kč a s rozšířením 22.125,- Kč.

## 6.5 Systém s detektorem pádu MCT-241

Výhodou detektoru pádu MCT-241 je možnost jeho využití s téměř jakoukoli ústřednou PZTS v kombinaci s přijímačem.

Pro zabezpečení modelového bytu seniora je zde rozepsána nabídka s bezdrátovým modulem MICRA vyráběný společností SATEL z polského Gdaňska.

Řešení je jiné, protože se nejedná prvoplánově o systém přivolání pomoci. Jeho instalace a programování by měla provádět řádně proškolená osoba. Vlastní ústřednu je vhodné schovat a na rozdíl od NEO telefonu a Piperfon Connectu nenabízí obousměrnou hlasovou komunikaci, ale pouze umožňuje DPPC odposlech pomocí volitelného, připojitelného mikrofónu. Jedná se o jednoduchý zabezpečovací systém s GSM komunikátorem.

Výhody systému MICRA jsou:

- možnost připojit drátové i bezdrátové detektory
- lze ovládat dálkovými ovladači ve formě klíčenek, bezdrátovou klávesnicí, či mobilním telefonem
- k dispozici jsou analogové vstupy pro sledování technických zařízení, a předání informací o dosažení kritických parametrů, jako je teplota nebo tlak
- GSM / GPRS komunikátor (zasílání SMS, komunikace s DPPC, hlasitý odposlech)
- Aplikace MICRA CONTROL (+) pro chytré telefony s OS Android; Aplikace umožňuje ovládat:
  - zastřežení/odstřežení systému
  - odpojení/připojení zón
  - kontrolu stavu systému

- zapínání/vypínání výstupů

Dále lze využít následujících vlastností ústředny MICRA:

- Automatická diagnostika hlavních částí systému, přes kterou je systém schopen detekovat a hlásit například ztrátu sítě nebo požadavek na výměnu baterií.
- 4 programovatelné analogové nebo digitální vstupy: 4+1 (NO, NC, analogový + tamper)
- 2 výstupy pro vzdálené ovládání (2 relé, 1 OC )
- podpora 8 typů bezdrátových ovladačů
- podpora 8 bezdrátových detektorů či magnetických kontaktů
- prvky jsou napájeny lithiovou baterií s životností několik let
- bezdrátová klávesnice
- GPRS, SMS nebo CLIP přenos s automatickou zálohou
- funkce odposlechu
- stálá paměť událostí s kapacitou 1024 událostí
- vzdálené programování
- integrovaný napájecí pulzní zdroj s ovládním dobíjení akumulátoru
- počet tel. čísel: 4; počet SMS zpráv: až 32

Typ:	Popis:	počet	cena/jedn.	cena s DPH
MICRA	MICRA Univerzální GSM/GPRS/SMS komunikační modul s funkcemi zabezpečovací ústředny	1	5 750 Kč	6 958 Kč
TR40VA	Krytý transformátor	1	554 Kč	670 Kč
AKU CJ-12/1,3Ah	12V, 1,3Ah, AGM akumulátor	1	240 Kč	290 Kč
MKP-300	Bezdrátová ovládací klávesnice	1	1 003 Kč	1 214 Kč
GPRS-Soft	servisní software	1	0 Kč	0 Kč
Detektory:				
MCT241	Detektor pádu	1	2 010 Kč	2 432 Kč
MCR 308	Přijímač pro MCT 241	1	1 887 Kč	2 283 Kč
MPD-300	Bezdrátový PIR detektor	1	884 Kč	1 070 Kč
MMD-300	Bezdrátový magnetický kontakt	1	746 Kč	903 Kč
MSD-300	Bezdrátový kouřový hlásič s integrovanou sirénou	1	1 181 Kč	1 429 Kč
Kabely:				
W-4x0,22+2x0,5	Sdělovací kabel 4 x 0,22 + 2 x 0,5, sběrnice – délka 25m	1	320 Kč	387 Kč
CYKY-J 3x1,5	Kabel CYKY-J 3x1,5, napájení (5m)	1	75 Kč	91 Kč
Cena celkem v Kč, bez DPH			14 650 Kč	17 727 Kč

Tab. 7: Systém s detektorem MCT-241

V Tab. 7 je uveden návrh komponentů včetně cen systému PZTS MICRA s detektorem pádu MCT-241. K výsledné ceně je třeba ještě započíst cenu montáže, která se pohybuje okolo 2000,- Kč.

## 6.6 Shrnutí kapitoly

V Tab. 8 jsou shrnuty vlastnosti jednotlivých navržených systémů.

Nejvýhodnější pro důkladné střežení asistenční službou u **seniorů s vysokým rizikem pádu** je služba Senior Inspect. Pro dosažení stejného efektu vychází ostatní služby výrazně finančně hůře.

V případě, že střežený senior necítí velké riziko pádu a nemá potřebu být napojen na DPPC a stačí mu **volání blízkým osobám**, pak je vhodný systém s tísňovým telefonem NEO.

Pokud chce detekci pádu **integrovat do stávajícího poplachového zabezpečovacího** systému, pak je vhodné přidat detektor pádu MCT-241. Chce-li nejen detekovat pád, ale zařídit rovnou celý poplachový zabezpečovací a tísňový systém, pak je vhodné využít řešení MCT-241+MICRA.

Systém Piperfon Connect nabízí na českém trhu nejširší technologické možnosti i dostupné služby, ale cenově vychází jako výrazně nejdražší.

U všech navržených systémů je bohužel nutné, aby uživatel nosil detektor pádu u sebe.

	Senior Inspect	Piperfon	NEO telefon	MCT-241+Micra
Lokalizace GSM	ano	ne	ne	ne
Lokalizace GPS	ne	ano / volitelně	ne	ne
Integrace PZS	ne	ano	ano	ano
Střeží i mimo domov	ano	ano / volitelně	ne	ne
Možnost připojení na DPPC	ano	ano	ano	ano
Kontrola provozu	ano	ano	částečná	částečná
Nutnost měsíční platby za službu /cena	ano / 550	ano /250 - 833	volitelně	volitelně
Nutnost odborné instalace /cena	ne	ne	ne	ano / 2000
Rozhraní pro přenos medicínských měření	ano	ne	ne	ne
Nutnost nosit detektor pádu	ano	ano	ano	ano
Ovládání PZS pomocí mobilní aplikace	ne	ne	ne	ano
Kontrola aktivity seniora	ano	ano	ne	ne
Monitoring stavu baterie	ano	ano	ano	ano
Obousměrná hlasová komunikace	ano	ano	ano	jen odposlech

Tab. 8: Porovnání navržených systémů

## 7 ODHAD VÝVOJE

V této kapitole jsou popsány možné směry vývoje v detekci pádu. Konkrétně plánované rozšíření zařízení Senior Inspect o další zdravotnické funkce, další úpravy technologie WiTrack, možnosti technologické novinky Neptun Suite i pravděpodobné změny v informačních a komunikačních technologiích v příštích letech.

### 7.1 Senior Inspect

U systému Senior Inspect se do budoucna uvažuje o rozšíření funkčnosti ve dvou krocích.

1. Integrace měření pulsu (tepové frekvence) přímo do mobilní jednotky Senior Inspect
2. Rozšíření o externí snímače (technicky náročnější proces), které zajistí monitoring:
  - EKG – za využití hrudního pásu z vodivé gumy se dvěma elektrodami. Nasnímaný signál je zesílen a digitalizován.
  - Krevního tlaku
  - Glykémie při diabetu druhého typu
  - Saturace krve kyslíkem oxymetrem

Toto rozšíření by znamenalo stálý dohled nad zdravotními parametry střežených seniorů. [37]

### 7.2 Další vývoj WiTrack

Vědci z Massachusettského technologického institutu vyvinuli systém WiTrack (kapitola 1.12), který sleduje 3D pohyb osoby na základě radiosignálů odražených z těla. Sledování funguje i skrze zdi. Vzdálenost a pozice sledované osoby je pak určena z času, po který odražený signál putuje do přijímacích antén. Ty jsou tři, zatímco vysílací je jen jedna. Náhlé změny polohy osoby jsou vyhodnoceny jako pád. [30]

Zásadní výhodou tohoto přístupu je, že odpadá nutnost nosit detektor pádu u sebe a proto je tento směr nadějí do budoucna.

Sledování pohybu 3D pouze pomocí RF odrazů signálu od lidského těla je náročný technický úkol. Současná verze má následující limity, na které je potřeba se ve vývoji soustředit:

**Sledování jediné osoby:**

Současný prototyp umí sledovat pouze jedinou osobu. To neznámá, že vyžaduje přítomnost pouze sledované osoby v prostředí. Další osoby mohou být přítomny, ale musí být za směrovými anténami. V MIT však věří, že to není zásadní překážka a že může být v příštím výzkumu odstraněna. V případě dvou pohybujících se osob každá z antén musí rozeznat souběžně každou z nich. Pro odstranění možných nepřesností je možné například využít více antén.

**Nutnost pohybu:**

Další výzvou je fakt, WiTrack zatím pro lokalizaci potřebuje, aby se osoba pohybovala. Tato potřeba vychází z toho, že WiTrack přijímá odrazy ze všech statických objektů v prostředí a proto nedokáže rozeznat osobu, která se nehýbe od nábytku a podobně.

Budoucí výzkum se může zaměřit na odstranění tohoto nedostatku například fází „učení“, kdy zařízení bude napřed umístěno v prostředí bez sledované osoby. Takto se odrazy od statických objektů „naučí“, že je v ostrém provozu má ignorovat. Tento přístup bude samozřejmě vyžadovat opakování fáze učení pokaždé, když dojde k přemístění statických objektů (nábytku apod.)

**Rozpoznávání částí těla:**

Současný prototyp dokáže zhruba rozpoznávat pohyb částí těla sledované osoby. Sledovaná část těla musí být relativně velká, např. paže nebo noha. WiTrack ale neví, která část těla konkrétně se hýbe (tedy nerozpozná, zda se pohnula paže nebo noha). V pokusech sledované osoby ukazovaly pažemi. Rozšíření této dovednosti tj. sledování pohybu konkrétních částí těla, bude nejspíše vyžadovat začlenění komplexních modelů lidského pohybu. Pro budoucí výzkum WiTrack může být inspirativní schopnost konzole Kinect sledovat části těla pomocí kombinace

- rozpoznávání 3D pohybu infračervenými kamerami,
- pokročilých algoritmů,
- modelů lidského pohybu

se zdá být dobrým směrem příštího výzkumu v této oblasti. I Kinect má své limity, „nevidí“ skrze zdi a tak se cesta kombinace těchto technologií přímo nabízí.

### 7.3 Neptun Suite

V březnu 2015 byly zveřejněny podrobné informace o produktu Neptun Suite, který vychází ze stávajících Neptun Watch popsaných v kapitole 3.4.4 této práce.

Jak již bylo zmíněno v uvedené kapitole, tyto „hodinky“ obsahují celou řadu senzorů, které se přímo nabízejí pro detekci pádu a sledování polohy seniora. [42]

Využití by mohlo být obdobné, stejně jako u chytrých telefonů, prozatím chybí pouze softwarová aplikace schopná vyhodnotit potřebná data. Vzhledem k otevřenému prostředí operačního systému Android pro developery bude tato aplikace pravděpodobně velmi brzy vyvinuta.

Na rozdíl od WiTracku tento přístup předpokládá, že uživatel musí neustále nosit hodinky s názvem Neptun Hub, ale ty mají být podle vize vývojářů projektu pro uživatele tak nepostradatelné, že bez nich stejně nebudou chtít být. Tato vize nejspíš není příliš smělá, projekt byl přidán 16.března na crowdfundingový server Indiegogo.com s cílem vybrat 100.000,- USD a možností pro přispěvatele si Neptun Suite předobjednat za zvýhodněnou cenu. Již za tři dny, tj. 19.března bylo vybráno 859.000,- USD od více než čtyřiceti sedmi tisíc podporovatelů z nichž čtvrtina je z Evropy.

Vize Neptun Suite spočívá v tom, že uživatel bude potřebovat jediné zařízení „Neptun Hub“ v podobě hodinek. K nim pak bude možné připojit v podstatě jakékoli zobrazovací zařízení a tím umožní různé způsoby využití. Všechna data, kontakty, spojení jsou v hodinkách Neptun Hub, což zajistí uživateli nepřetržitý přístup bez ohledu na to na jakém zařízení pracuje a bez nutnosti ukládat svá data do cloudového úložiště.

V současné nabídce crowdfundingového serveru Indiegogo jsou následující komponenty:

- Neptun Hub - chytré hodinky s funkcí telefonu a senzory potřebnými k detekci pádu
  - OS Android 5
  - Senzory: akcelerometr, trojosý gyroskop, digitální kompas, snímač pulsu
  - čtyřjádrový procesor 1.8GHz Qualcomm
  - interní úložiště 64GB
  - kapacitní dotykový displej – 2.4" (šířka 36mm)
  - konektivita – GSM/3G/LTE



- slot pro nano SIM kartu
- konektivita – 802.11 Wi-Fi, 60Hz WiGig 802.11ad, Bluetooth 4.0 a GPS
- Audio – mikrofon+reproduktor
- baterie 1000 mAh
- voděodolné
- k dispozici ve 3 velikostech (S,M,L)

Jako přídatná zařízení jsou v Neptun Suite dostupné :

- 5“ displej do kapsy (velikost mobilního telefonu)
- 10“ displej (velikost tabletu)
- klávesnice
- bezdrátová sluchátka
- adaptér pro zobrazení na stávajících monitorech/televizích apod.

Neptun Suite by měl být v prodeji na přelomu roku 2015 a 2016 a naprogramovat funkční aplikaci detekce pádu pro Neptun Hub je velká výzva.

## 7.4 Směry inovací v budoucích letech

Eric Schmidt, šéf správní rady Google, v Davosu v lednu 2015 šokoval svět, když prohlásil, že „internet zmizí“. Myslel tím, že bude všude kolem nás a tak samozřejmý, že ho přestaneme vnímat. A také to byl výrok, kterým Google dostal zdarma do titulků mnohých vlivných médií.

Technologické inovace, kterých může detekce pádu alespoň částečně využívat, se dynamicky rozvíjejí doslova každým dnem.

Podle analytické a poradenské společnosti IDC Cema můžeme v nejbližší budoucnosti čekat významný nástup inovací v tzv. Třetí platformě, která má čtyři základní pilíře [43]:

- mobilitu
  - v oblasti telekomunikačních služeb je nejrychleji rostoucím segmentem mobilní přenos dat
  - prodeje chytrých telefonů a tabletů rostou, trh mobilních zařízení a aplikací se bude i nadále dynamicky rozvíjet

- cloudové služby
  - se stávají jedním z nejdynamičtějších segmentů
  - datová centra prochází v éře třetí platformy zásadní transformací. Většina hrubého výpočetního výkonu a kapacit pro ukládání dat se přesouvá do obřích datových center provozovaných poskytovateli cloudových služeb, optimalizovaných pro cloud, mobilitu a velká data. Tento posun přispěje k hardwarovým inovacím s využitím cloudu a povede k větší konsolidaci mezi dodavateli serverů, řešení pro ukládání dat, softwaru a síťových prvků a zařízení.
- rozvoj internetu věcí (IoT)
  - Internet věcí je významným akcelerátorem vývoje, zvyšuje užitek. Vývoj stále inteligentnějších a lépe propojených zařízení povede ke vzniku dalších řešení. Vývoj IoT bude často směřovat do inteligentních vestavěných zařízení mimo odvětví IT a telekomunikací, čemuž napomohou nová partnerství mezi předními IT společnostmi, odvětvím služeb a průmyslem. Důležitou oblastí IoT řešení bude prediktivní údržba strojů, zařízení a infrastruktury.
- zpracování „velkých dat“ tj. tak rozsáhlých souborů dat, kde tradiční softwarové aplikace pro zpracování jednoznačně nestačí
  - významným vývojem prochází i oblast tzv. velkých dat a jejich analýzy. Analýza médií (videa, zvuku a statického obrazu) bude důležitým stimulem rozvoje. Stoupá i důležitost dodavatelských řetězců (tj. data jako služba), kdy poskytovatelé cloudových a analytických platform nabízí zákazníkům zpracované informace s přidanou hodnotou.
  - také se očekává rozvoj v oblasti strojového učení a analýzy dat z „internetu věcí“.
  - rozvoj senzorických sítí - spojení inteligentních čidel a síťových technologií za účelem získat data pro další zpracování

Dále je do budoucna potřeba počítat se změnou konceptu soukromí. Automatické přenosy informací, senzorické sítě i inteligentní domácnosti představují postupné okrajování prostoru pro soukromí uživatele.

## ZÁVĚR

Ačkoliv se laikovi může zdát, že v dnešní době plně pokročilých technologických zařízení v mnoha oblastech lidského života bude spolehlivá detekce pádu seniora jednoduchou záležitostí, není tomu tak. Detekce pádu je složitý proces, pro který v současné době stále není standardní řešení. Detektory pádu jsou nezbytné pro zajištění rychlé pomoci a výrazně se podílejí na prevenci strachu z pádů u seniorů. Složitost této problematiky naznačuje teoretická část práce obsahující historický přehled vývoje detekce pádu i přehled principů a metod detekce pádu a to jak teprve vyvíjených, nebo již v praxi využívaných. Nejčastěji tyto metody využívají signály z akcelerometrů a gyroskopů v různých typech zařízení a videodetekci. Popsány jsou zde metody detekce pádu, které zahrnují integraci detekce v zabezpečovacích a kamerových systémech, v herních konzolích, v široce rozšířených chytrých telefonech, nebo ve speciálních zařízeních která spojují detektor pádu s airbagem či komunikačním modulem.

Jak z práce vyplývá, počet studií v oblasti videodetekce pádu vzrůstá, stejně tak se čím dál více projevuje snaha o integraci chytrých telefonů. Spolehlivá, cenově příznivá a seniory snadno uživatelsky akceptovatelná detekce pádu na trhu stále chybí. Proto je začleněn i rozbor trendů detekce v pádu podle použitých principů.

Nedostatky současných řešení lze spatřovat převážně v narušení ochrany soukromí a to nejen u videodetekce. Dalšímu vývoji by též mohla pomoci veřejná databáze signálů z akcelerometru a videosignálů pádových situací či otevřené sdílení algoritmů. Rovněž neexistují v dostatečném rozsahu data o skutečných seniorských pádech. Většina popsaných studií využila pro simulaci pádů mladé dobrovolníky, takže i v případě vzniku veřejné databáze není jasné, jestli by tato simulovaná data odpovídala těm skutečným z běžného života seniorů. Pro detekci pádu pomocí chytrých telefonů je navíc potřeba vyřešit problémy spojené s omezenou kapacitou baterie a nutností dobíjení.

V praktické části jsou popsány dostupné produkty pro detekci pádu na českém trhu. Z těchto produktů jsou navrženy čtyři rozdílné systémy s detekcí pádu včetně rozpočtů. Protože se liší nejen cenou, ale přidavnými funkcemi, obsahuje práce tabulku s vlastnostmi těchto systémů, podle které lze pro konkrétního seniora vybrat optimální systém. Všechny jsou bohužel poměrně drahé v poměru k průměrnému důchodu v ČR v roce 2015. Na druhou stranu právě to ukazuje na obchodní příležitost, na významný prostor pro nový kvalitní produkt detekce pádu na trhu.

Odhad vývoje v detekci pádu zahrnuje plánovaná rozšíření systému Senior Inspect o další zdravotnické funkce, dále směry vývoje zařízení WiTrack a nový koncept nositelné osobní elektroniky Neptun Suite. Zohledňuje také požadavky na mobilitu a trend rozvoje cloudových služeb, internetu věcí, softwarového zpracování velkých objemů dat i pomalu se měnící vnímání ochrany soukromí uživatelů.

## CONCLUSION

Although it may seem that nowadays with the state of art technological equipment in many areas of human life, fall detection will be a simple matter, it is not. Fall detection is a complex process for which currently there is not a standardized solution. Fall detectors are essential in order to provide a rapid assistance and to prevent fear of falling among seniors. The theoretical part contains a historical overview of the development of fall detection and an overview of the principles and methods of detection fall either under development or already marketed. Most often, these methods use signals from accelerometers and gyroscopes in the various types of equipment and video detection. Therefore the thesis describes methods of fall detection, which include integration of burglar alarm and camera systems, in gaming consoles, in smart phones, or special devices that connect a fall detector with an air bag or communication module.

As it is clear from the thesis, the number of studies in the field of video fall detection increases, there are growing efforts to integrate smart phones. Reliable, inexpensive and senior friendly devices for fall detection are still not available on the market. Therefore, the thesis incorporates an analysis of trends in fall detection.

The shortcomings of current solutions are in privacy protection and not only in video detection. There is no public database of signals from the accelerometer and video signals of fall situations. Sharing source code of the algorithms would also be helpful. Since it is not acceptable to subject older people to simulated falls, the data are severely limited. Most reported studies used young volunteers to simulate crashes. Even if there was a public database the simulated data might not match those of the seniors' daily life situations. The smart phone fall detection needs to solve the problems associated with limited battery capacity and the need for recharging.

The practical part of the thesis describes the available products for the fall detection on the Czech market. There are four proposals of different fall detection systems including budgets. Because they differ in price as well as in the additional functions the thesis includes a table with the properties of these systems, which can be used for selection of the best system according to specific needs of the senior. All systems are unfortunately quite expensive relative to average income in the Czech Republic in 2015. On the other hand, it shows a business opportunity and significant space for better fall detection products on the market.

Estimating the development of the fall detection includes the planned extension of the

Senior Inspect with other health functions, as well as trends and equipment like WiTrack or the new concept of wearable personal electronics Neptune Suite. It takes into account the requirements for mobility and the development trend of cloud services, Internet of Things, the Big Data and a slowly changing perception of the privacy of users.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] WHO global report on falls prevention in older age. 2008. Geneva, Switzerland: World Health Organization, iv, 47 p. ISBN 92-415-6353-2.
- [2] FRIEDMAN, Susan M., Beatriz MUNOZ, Sheila K. WEST, Gary S. RUBIN a Linda P. FRIED. *Falls and Fear of Falling: Which Comes First? A Longitudinal Prediction Model Suggests Strategies for Primary and Secondary Prevention*. ISBN 10.1046/j.1532-5415.2002.50352.x.
- [3] MARX, David. 2007. *Prevence pádů ve zdravotnickém zařízení: cesta k dokonalosti a zvyšování kvality*. 1. vyd. Praha: Grada, 171 s. ISBN 978-802-4717-159.
- [4] BROWNSSELL, S. a M. S. HAWLEY. 2004. Automatic fall detectors and the fear of falling. *Journal of Telemedicine and Telecare*. **10**(5): 262-266. DOI: 10.1258/1357633042026251. ISSN 1357-633x. Dostupné také z: <http://jtt.sagepub.com/lookup/doi/10.1258/1357633042026251>
- [5] *2007 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society: Lyon, France, 22-26 August 2007*. 2007. Piscataway, NJ: IEEE Service Center [distributor], 16 v. (cx, 6759, 13, 46 p.). ISBN 14-244-0787-7.
- [6] NOURY, N., P. RUMEAU, A.K. BOURKE, G. ÓLAIGHIN a J.E. LUNDY. 2008. A proposal for the classification and evaluation of fall detectors. *IRBM*. **29**(6): 340-349. DOI: 10.1016/j.irbm.2008.08.002.
- [7] MUBASHIR, Muhammad, Ling SHAO a Luke SEED. 2013. A survey on fall detection: Principles and approaches. *Neurocomputing*. **100**: 144-152. DOI: 10.1016/j.neucom.2011.09.037.
- [8] IGUAL, Raul, Carlos MEDRANO a Inmaculada PLAZA. 2013. Challenges, issues and trends in fall detection systems. *BioMedical Engineering OnLine*. **12**(1): DOI: 10.1186/1475-925X-12-66. ISSN 1475-925x. Dostupné také z: <http://www.biomedical-engineering-online.com/content/12/1/66>
- [9] "Emergency Dialer" Popular Science, October 1975, p. 104. [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné také z: [http://books.google.cz/books?id=LQEAAAAAMBAJ&pg=PA104&dq=popular+science+1930&hl=en&sa=X&ei=zOkDT4znGcrZgQev-ZywAg&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=true](http://books.google.cz/books?id=LQEAAAAAMBAJ&pg=PA104&dq=popular+science+1930&hl=en&sa=X&ei=zOkDT4znGcrZgQev-ZywAg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true)

- [10] WU, Ge. 2000. Distinguishing fall activities from normal activities by velocity characteristics. *Journal of Biomechanics*. **33**(11): 1497-1500. DOI: 10.1016/s0021-9290(00)00117-2.
- [11] PRADO, M., J. REINA-TOSINA a L. ROA. 2002. Distributed intelligent architecture for falling detection and physical activity analysis in the elderly. In: *Proceedings of the Second Joint 24<sup>th</sup> Annual Conference and the Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society* [*Engineering in Medicine and Biology*]. DOI: 10.1109/iembs.2002.1053088.
- [12] PANNURAT, Natthapon, Surapa THIEMJARUS a Ekawit NANTAJEEWARAWAT. 2014. Automatic Fall Monitoring: A Review. *Sensors*. **14**(7): 12900-12936. DOI: 10.3390/s140712900. ISSN 1424-8220. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1424-8220/14/7/12900/>
- [13] MIAOU, S.-G., PEI-HSU SUNG a CHIA-YUAN HUANG. 2006. A Customized Human Fall Detection System Using Omni-Camera Images and Personal Information. In: *1st Transdisciplinary Conference on Distributed Diagnosis and Home Healthcare, 2006. D2H2*. IEEE, s. 39-42. DOI: 10.1109/DDHH.2006.1624792. ISBN 1-4244-0058-9. Dostupné také z: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1624792>
- [14] HRUŠKA, František. 2011. *Senzory, Fyzikální principy, úpravy signálů, praktické použití*. ZLÍN. ISBN 978-80-7454-0967.
- [15] KŘEČEK, Stanislav. 2003. *Příručka zabezpečovací techniky*. Vyd. 2. S.l.: Cricetus, 351 s. ISBN 80-902-9382-4.
- [16] TAMURA, T., T. YOSHIMURA, M. SEKINE, M. UCHIDA a O. TANAKA. 2009. A Wearable Airbag to Prevent Fall Injuries. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. **13**(6): 910-914. DOI: 10.1109/TITB.2009.2033673. ISSN 1089-7771. Dostupné také z: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=5290145>
- [17] Support Vector Machines. 2001-. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Support\\_vector\\_machines](http://cs.wikipedia.org/wiki/Support_vector_machines)
- [18] Fall Watch: VigiFall. 2012. <Http://www.vigilio.fr>, [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://www.vigilio.fr/solutions-4-71.html>
- [19] ALBERT, Mark V., Konrad KORDING, Megan HERRMANN, Arun JAYARAMAN a



- Christian LOVIS. 2012-5-7. Fall Classification by Machine Learning Using Mobile Phones. *PLoS ONE*. 7(5): e36556-.  
DOI: 10.1371/journal.pone.0036556. ISSN 1932-6203. Dostupné také z:  
<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0036556>
- [20] KERDAGI, Hamideh. 2011. Smart Fall Detection: Application. *Google Play* [online]. [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fall&hl=cs>
- [21] Cradar App: CRash Detection And Response; Man-down application that uses the accelerometer to detect a fall. 2013. *Google Play* [online]. [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=actionxl.mandown&hl=en>
- [22] CURTIN, Eric. 2014. Fall Monitor Application. *Google Play* [online]. [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?>
- [23] *CareBeacon: Emergency Monitoring Smartphone Application* [online]. 2014. [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: <http://www.care-beacon.com/>
- [24] *Senior Inspect - Podrobné informace* [online]. 2010. [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://www.seniorinspect.cz/cs/podrobne-informace.html>
- [25] *FATE PROJECT - Fall Detector for the Elderly* [online]. 2011. [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://fate.upc.edu/index.php>
- [26] IMSAFE: Individual Mobility Sensor for Automatic Fall Evaluation. 2012. *FUNCTIONAL CARDIOVASCULAR ENGINEERING LABORATORY* [online]. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://web.eng.ucsd.edu/~pcabrales/imsafe.html>
- [27] *Česká škola: Šestice studentů jede na Intel ISEF* [online]. 2014. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: <http://www.ceskaskola.cz/2014/04/sestice-studentu-jede-na-intelisef.html>
- [28] STONE, Erik E. a Marjorie SKUBIC. 2015. Fall Detection in Homes of Older Adults Using the Microsoft Kinect. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*. 19(1): 290-301. DOI: 10.1109/JBHI.2014.2312180. ISSN 2168-2194. Dostupné také z: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?Arnumber=6774430>
- [29] KAWATSU, Christopher a Jiaying LI. 2013. *Development of a Fall Detection System with Microsoft Kinect* [online]. [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://www.robofest.net/FDR/fallDetection.pdf>

- [30] KABELAC, Zachary, Fadel ADIB a Dina KATABI. 2013. *3D Tracking via Body RadioReflections: Massachusetts Institute of Technology* [online]. : [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://witrack.csail.mit.edu/witrack-paper.pdf>
- [31] NOURY, N., A. FLEURY, P. RUMEAU, A.K. BOURKE, G. O LAIGHIN, V. RIALLE a J.E. LUNDY. 2007. Fall detection - Principles and Methods. *2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. IEEE, : 1663-1666. DOI: 10.1109/IEMBS.2007.4352627. ISBN 978-1-4244-0787-3. ISSN 1557-170x. Dostupné také z: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=4352627>
- [32] ČSN EN 50134-1. *Poplachové systémy- Systémy přivolání pomoci: Část 1: Systémové požadavky*. 2003. Praha: Český normalizační institut
- [33] VALOUCH, Jan. 2013. *Projektování integrovaných systémů* [online]. UTB, Zlín [cit. 2015-03-17]. ISBN 978-80-7454-296-5.
- [34] CLEVERTECH. 2010. *Senior Inspect: Asistenční systém* [online]. [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://www.seniorinspect.cz/>
- [35] *ProSeniory.cz: Pilotní program Senior Inspect* [online]. 2012. [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://www.peceoseniory.cz/aktuality/pilotni-program-seniorinspect/>
- [36] Život 90 o.s. 2009. *Tísňová péče a asistence* [online]. [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://www.zivot90.cz/146-novinky/4-socialni-sluzby/10-tisnova-pece-areion/162-senior-inspect>
- [37] FIALA, Radek. *Konference E-Health Day 2014: Příspěvek Senior Inspect*. Dostupné také z: [http://www.stech.cz/Portals/0/Konference/2014/Ehealth/Prezentace/03\\_3-Fiala\\_FBMICVUT.pdf](http://www.stech.cz/Portals/0/Konference/2014/Ehealth/Prezentace/03_3-Fiala_FBMICVUT.pdf)
- [38] *Fall detector MCT-241: Visonic* [online]. 2009. [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <http://www.visonic.com/Products/Wireless-Property-Protection/Fall-detectormct-241md>
- [39] GRIFFIN, A.S. 2010. *Piperfon: Medical Alarm Tunstall* [online]. [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <http://www.medicalalarm.cz/cz/produkty/tunstall>
- [40] MULTITONE CZ, *Tísňové telefony pro seniory* [online]. [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: [http://www.multitone.cz/eshop/index.php?id\\_product=14&controller=product](http://www.multitone.cz/eshop/index.php?id_product=14&controller=product)
- [41] NEAT ELECTRONICS. 2013. *NEO Care Phones* [online]. [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: [www.neat-group.com/se/en/carephones/](http://www.neat-group.com/se/en/carephones/)

[42] *Neptune Suite: One Hub, Infinite Possibilities [online]*. 2015. [cit. 2015-03-25].

Dostupné z: <https://www.getneptune.com/>

[43] *IDC-Czech: Analytická a poradenská společnost [online]*. [cit. 2015-03-19].

Dostupné z: <http://idc-czech.cz/cze/o-idc/tiskove-zpravy/60493-rok-2015-sepone-se-ve-znameni-digitalni-transformace-ekonomiky-vydaje-do-ict-technologieletos-vzrostou-o-3-8-na-vice-nez-3-8-bilionu-usd>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

WHO	World Health Organization / Světová zdravotnická organizace
PERS	Personal Emergency Response System / Osobní systém přivolání pomoci
BMI	Body Mass Index / Index tělesné hmotnosti
PIR	Passive Infra Red / Pasivní infračervený
GPS	Global Positioning System / Globální polohový systém
GSM	Globální Systém Mobilní komunikace
SDK	Software Development Kit / Softwarový vývojový nástroj
EKG	Elektrokardiograf
SVM	Support vector machines
MEMS	Micro-Electro-Mechanical Systems / Mikro-elektro-mechanické systémy
IMSAFE	Individual Mobility Sensor for Automatic Fall Evaluation / Osobní mobilní senzor pro automatické vyhodnocení pádu
FATE	FAll detector for The Elderly / Detektor pádu pro seniory
DPPC	Dohledové poplachové a přijímací centrum
PTSN	Public Switched Telephone Network / Veřejná komutovaná telefonní síť
PZS	Poplachový zabezpečovací systém
SMS	Short Message Service / Služba krátkých zpráv v síti GSM
MIT	Massachusettský technologický institut
IoT	Internet of Things / Internet věcí
FP7-SME	The Seventh Framework Programme – Small and Medium-sized Enterprises

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1: Emergency Dialer [9].....	12
Obr. 2: FallWatch Vigifall [18].....	16
Obr. 3: IMSAFE - detekce pádu v podrážkách [26].....	21
Obr. 4: Detekce pádu pomocí Kinect [29].....	23
Obr. 5: Senior Inspect - blokové schéma [24].....	39
Obr. 6: Detektor pádu – MCT241 [38].....	42
Obr. 7: Tísňový telefon NEO [41].....	44
Obr. 8: Půdorys modelového bytu.....	47

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1: Porovnání systémů zohledňujících prostředí.....	26
Tab. 2: Porovnání detekce na bázi akcelerometrů.....	27
Tab. 3: Přehled studií detekce pádu s chytrými telefony.....	29
Tab. 4: Ceník Piperfon.....	43
Tab. 5: Piperfon - přehled cen systému.....	48
Tab. 6: NEO systém s tísňovým telefonem.....	49
Tab. 7: Systém s detektorem MCT-241.....	52
Tab. 8: Porovnání navržených systémů.....	53