

ZVÝŠENÍ BEZPEČNOSTI ZASAHUJÍCÍCH SLOŽEK IZS

**Zdeněk Hon¹, Pavel Smrčka¹, Jana Vidunová², Karel Hána¹, Jan Kašpar¹,
Jan Mužík¹, Radek Fiala¹, Martin Vítězník¹, Tomáš Veselý¹, Lukáš Kučera¹,
Tomáš Kuttler¹, Radim Kliment¹**

ABSTRAKT

Príspevek shrnuje průběžné výsledky výzkumu a vývoje systému, který je zaměřen na zvýšení bezpečnosti zasahujících složek IZS při řešení mimořádné události či krizové situace (požár, povodeň, hromadné neštěstí, únik průmyslové škodliviny) a na podporu jejich výcviku. Jsou uvedena jednotlivá dílčí technická řešení, která povedou k vytvoření bezobslužného telemetrického monitorovacího zařízení v zodolněné podobě, které umožní v reálném čase a v extrémních podmínkách sledování zdravotně-fyziologických parametrů a signalizaci rizikového stavu (fyzické vyčerpání, stres, přehřátí aj.), rozlišení povahy a intenzity pohybu včetně stanovení aktuálního a celkového energetického výdeje, sledování environmentálních parametrů (teplota, kouř aj.) a zpětnou analýzu průběhu zásahu či výcviku.

Klíčová slova:

integrovaný záchranný systém, monitorování

ABSTRACT

This paper summarizes the ongoing research and development of the system, which is aimed at enhancing the security of interweaving IRS to address various emergency or crisis situations (fire, flood, disaster, escape industrial pollutants) and to support their training. They are listed by individual technical solutions that will lead to the creation of an unmanned telemetry piece of monitoring equipment, which will allow real-time monitoring in extreme conditions. The equipment will also establish medical-physiological parameters and will signal risk conditions (physical exhaustion, stress, heat, etc.) nature and resolution intensity of movement, including determining the current and total energy expenditure, monitoring of environmental parameters

¹ Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.; Ing. Pavel Smrčka, Ph.D.; Ing. Karel Hána, Ph.D.; Ing. Jan Kašpar; Ing. Jan Mužík, Ph.D.; Ing. Radek Fiala; Ing. Martin Vítězník; Ing. Tomáš Veselý; Bc. Lukáš Kučera; Ing. Tomáš Kuttler; Ing. Radim Kliment; ČVUT v Praze, Fakulta biomedicínského inženýrství, nám. Sítná 3105, 272 01 Kladno; tel.: 224 359 973; email: zdenek.hon@fbmi.cvut.cz

² MUDr. Jana Vidunová; 1. LF UK a Zdravotnická záchranná služba Plzeňského kraje, Edvarda Beneše 19, 301 00 Plzeň; tel.: 224 359 973; email: jana.vidunova@zzspk.cz

(temperature, smoke, etc.) and reverse engineering during crisis intervention or training.

Key words:

Integrated Rescue System, monitoring

1 ÚVOD

Řešení následků různých mimořádných událostí či krizových situací je primárně spojeno především se záchranou lidských životů. Nelze ale opomenout ani vlastní bezpečnost jednotlivých členů zasahujících složek IZS, kteří jsou při takovýchto situacích vystaveni celé řadě rizikových faktorů. Ve světě již existuje několik podpůrných bezpečnostních systémů, jako je například LifeNet, jehož účelem je lokalizace zasahujících hasičů uvnitř složitých budov (1, 2) či systém MiTag, který je určen pro získávání údajů z množství postižených osob (3). Dosud ale nebylo vyvinuto bezobslužné monitorovací zařízení v zodolněné podobě, které by bylo schopné i v extrémních podmínkách poskytovat kombinované relevantní údaje o poloze, osobním zdravotně-fyziologickém stavu i environmentálních parametrech v okolí monitorovaného člena zásahového týmu a přitom se jedná o značně důležité parametry, které přímo ovlivňují efektivnost/kvalitu zásahu a bezpečnost jednotlivých členů zásahového týmu.

2 PROJEKT FLEXIGUARD

Na základě výše uvedených skutečností se vědecký tým z Českého vysokého učení technického v Praze, Fakulty biomedicínského inženýrství rozhodl řešit projekt v rámci bezpečnostního výzkumu. Cíle projektu je vývoj telemetrického monitorovacího zařízení v zodolněné podobě, které umožní v reálném čase a v extrémních podmínkách lokalizaci jednotlivých členů zásahového týmu, sledování jejich zdravotně-fyziologických parametrů (tep, tlak, kožní odpor - pocení, teplota), automatickou detekci a signalizaci rizikového stavu jako je fyzické vyčerpání, nadměrný stres, přehřátí atd. Zařízení dále umožní rozlišení povahy a intenzity jejich pohybu (leh, stoj, běh, plazení atd.) včetně stanovení aktuálního a celkového energetického výdeje, sledování environmentálních parametrů (teplota, kouř aj.) a další stavů dle reálných požadavků vybraných složek IZS.

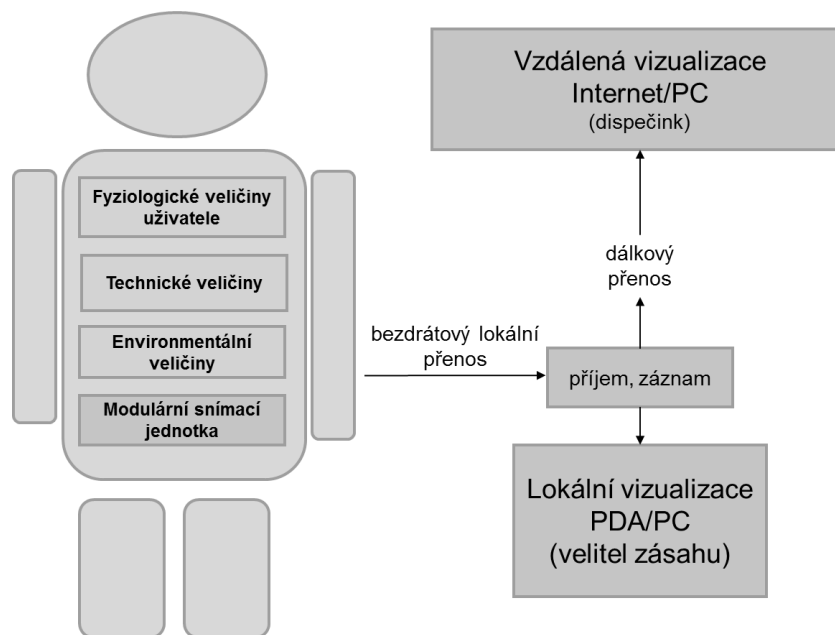
Při přípravě projektu, byli vydefinováni předpokládaní uživatelé výsledků projektu. Možnosti využití vychází především z potřeb výcviku jednotlivých typů uživatelů a vyvinuté metodiky použití při možných mimořádných událostech běžného, nebo i méně častého typu. Zde je uveden přehled předpokládaných uživatelů s uvedeným rámcem použití.

- Hasičský záchranný sbor České republiky – výcvik, ochrana pro všechny typy zásahů, zejména zásahy s použitím dýchací techniky, fyzicky namáhavé zásahy, rozsáhlé požáry, záplavy, hromadné nehody.

- Horská služba – výcvik, navigace a lokalizace, prevence kolapsu a fyzického vyčerpání ve vysokých nadmořských výškách.
- Policejní složky – výcvik, zásah speciálních jednotek (URNA), zásahy většího rozsahu.
- Zdravotnická záchranná služba – výcvik, zásahy členů zdravotnické záchranné služby a monitoring zraněných při hromadných haváriích, nehody apod.
- Báňská záchranná služba – výcvik, zásahy v podzemí, možnost lokalizace v zakouřeném prostředí.
- Vodní záchranná služba – výcvik, práce pod vodní hladinou.
- Armáda – výcvik, speciální zásahy, širší uplatnění.

2.1 PRŮBĚŽNÉ VÝSLEDKY

Jednotlivé veličiny, tj. technické, fyziologické, environmentální apod. jsou snímány pomocí sítě senzorů a tato naměřená data z čidel jsou digitalizována a bezdrátově přenesena do modulární snímací jednotky, blíže viz obrázek 1. Každý člen týmu má přitom svoji vlastní modulární snímací jednotku, na kterou jsou zasílána data z příslušných autonomních senzorů. Do budoucna se předpokládá, že síť senzorů bude zabudována do výstroje, například za využití speciálních nanotextilií. Z modulární snímací jednotky jsou dále data přenesena do lokální vizualizační jednotky a softwarově zpracována do jednoduchých výstupních informací použitelných například pro velitele zásahu. Počítá se i s případnou možností přenosu do vzdálené vizualizační jednotky, tzn., pokud to bude aplikačně možné tak například na operační a informační středisko či dispečink.



Obrázek 1 Princip fungování dohledového systému

V projektu bylo připraveno a ověřeno několik variant vizualizačních (analyzačních) jednotek v provedení PC, zodolněný notebook a PDA, které byly vybaveny speciálně navrženým a odladěným aplikačním softwarem. Pro účely testování základní modulární snímací jednotky se v této fázi projektu nejlépe osvědčil v roli vizualizační jednotky zodolněný notebook. Vizualizační jednotka je v základní variantě schopná v reálném čase přijímat, zobrazovat a archivovat data z připojených modulárních snímacích jednotek. V základní variantě podpůrného softwaru vizualizační jednotky bylo v této fázi řešení projektu implementováno zpracování a analýza následujících veličin:

- aktuální zátěž – výpočet založen na nomogramu Astrand-Rhyming; vstupní parametry jsou hmotnost, výška, věk, pohlaví, maximální tepová frekvence, maximální přijatý kyslík (VO₂max), energetický ekvivalent pro kyslík a aktuální tepová frekvence,
- integrální zátěž – agregace aktuální zátěže v definovaném klouzavém časovém oknu,
- náklon – rozlišení několika poloh (leh, stoj apod.),
- zátěž – vypočtená z dat z akcelerometrů,
- aktuální stav baterie a odhad její výdrže,
- tělesná teplota – měřená termistorem v hrudním pásu,
- externí teplota (teplota prostředí),
- adaptivní zpracování tepové frekvence, odstranění artefaktů.

V rámci projektu byla dále realizována základní hardwarová platforma pro výzkum a vývoj jednotlivých potřebných měřicích a komunikačních modulů a detekčních algoritmů s následným odladěním jednotlivých aplikačních variant. Sestavený testovací vzorek umožňuje již v základní variantě on-line sledování základních fyziologických a environmentálních parametrů:

- EKG a z něho odvozená tepová frekvence – zdrojový signál pro sledování adaptability členů IZS na zátěžové a stresové situace a pro automatický odhad energetického výdeje,
- aktigram měřený 3osým akcelerometrem, který je zdrojovým signálem pro následné odvození informace o povaze a intenzitě fyzické aktivity (klid, chůze, běh, plazení), o poloze těla (leh, stoj) a o intenzitě fyzické zátěže,
- tělesná teplota a teplota okolí (možno měřit v několika bodech – zdrojový signál pro vyhodnocení tepelného komfortu, resp. přehřátí vybraných částí např. výstroje apod.).

Připraveny jsou dále moduly pro měření sycení krve kyslíkem, snímání povrchového myogramu, krevního tlaku, kožního odporu (a pocení) a další. Sada těchto výchozích parametrů je zcela otevřená a na základě průběžně probíhající zpětné vazby při ladění systému s členy IZS se množina zdrojových signálů podle požadavků dále doplňuje a zpřesňuje.

Navržený dohledového systému je cílen na vytvoření senzorové sítě umožňující bezdrátový přenos fyziologických a environmentálních veličin měřených na těle uživatele, či v jeho těsné blízkosti (např. v obleku). Bezdrátové řešení bylo zvoleno s

ohledem na možnosti integrace systému do výstroje a odolnosti proti mechanickému poškození. V rámci projektu byla vyvinuta kompletní sada 4 kusů výcvikového monitoru, která se skládá z těchto částí (blíže viz obrázek 2):

- modulární snímací jednotka, která přijímá data z jednotlivých senzorů a odesílá je do koncové vizualizační jednotky,
- přijímač dat z modulárních snímacích jednotek připojitelný k PC nebo tabletu pomocí USB kabelu,
- hrudní pás se zabudovaným snímačem tepové frekvence,
- jednotlivá čidla pro specifické snímání (teplota apod.).



Obrázek 2 Sada 4 kusů výcvikového dohledového systému

2.3 TECHNICKÉ OVĚŘENÍ FUNKCE VYVINUTÉHO SYSTÉMU

V rámci projektu kromě návrhu implementace výstupů z vizualizační jednotky byla technicky ověřena funkce základní modulární snímací jednotky, která snímá data z jednotlivých senzorů a přenáší je právě do vizualizační jednotky. Technické ověření funkce proběhlo za pomoci laboratorních a poloterénních experimentů. Řešitelský tým provedl řadu řízených technických experimentů laboratorně simulujících různé zátěžové situace (klidový stav, běh, dřepy, plazení apod.). Modulární snímací jednotka byla testována na členech Hasičského záchranného sboru ČR, konkrétně na výcvikovém polygonu ve Zbirohu. Jednalo se o prvotní pilotní experimenty, během nichž byly ověřeny technické parametry základní snímací jednotky včetně propustnosti komunikačního kanálu v poloprovozním prostředí. Byly získány informace o vhodném rozmístění čidel, fyzickém uspořádání a ergonomických požadavcích na měřící zařízení. Otestován byl též algoritmus pro odhad zátěže resp. energetického výdeje.

Dále proběhl výzkum, vývoj a odladění základních detekčních algoritmů pro získání zdrojových signálů nesoucích informaci o fyziologickém stavu sledovaných členů IZS. Dále byla rozpracována a ověřena metodika kvantifikace fyzické zátěže resp. energetického výdeje členů IZS za pomoci aktigramu a tepové frekvence,

pracující na principu Astrand-Rhyning nomogramu a započaty práce na výzkumu kalibračního mechanismu pro individuální nastavení algoritmu.

Získané výsledky a zkušenosti bezprostředně poslouží v následných fázích řešení projektu jednak k optimalizaci testovacího vzorku a dále při vývoji koncových aplikačních variant systému (výcvikového a zásahového monitoru). Ve spolupráci s vybranými složkami IZS budou dále rozvíjeny aplikační požadavky na výcvikový resp. zásahový modul, tak, aby výsledné aplikační varianty systému byly prakticky použitelné a užitečné.

3 ZÁVĚR

Vyvíjené dohledové zařízení je koncipováno jako modulární s možností snadného rozšíření o další aplikační hardwarové i softwarové moduly podle požadavků konkrétních koncových uživatelů. Je tedy možné přidat například čidlo pro detekci vybraných skupin nebezpečných látek, či softwarově upravit výstupy z naměřených dat a vytvořit tak systém „šitý na míru“ pro konkrétního uživatele.

Výsledný vyvinutý výcvikový modul bude využitelný při individuálním sledování a kvantifikaci průběhu výcviku jednotlivých členů týmu v reálném čase, ke zjištění okamžité reakce na různé situace (stresové, zátěžové), k archivaci průběhů cvičení a následnému dlouhodobému sledování trendu jednotlivých parametrů během výcvikového procesu – zjištění progresu jednotlivých členů během výcviku, hodnocení efektivity výcviku, stanovení individuálních mezních parametrů jednotlivých členů týmu v dané fázi výcviku.

Naopak zásahový modul bude použitelný jako podpůrný ochranný a dohledový prostředek pro členy vybraných složek IZS při zásahu. Systém bude pracovat na principu sledování fyziologických parametrů u jednotlivých zasahujících a doplňkových informací o okolním prostředí. Rovněž bude schopný automatické detekce kritických stavů (přehřátí, fyzické vyčerpání, extrémní stres), jejich automatické signalizace a lokalizace jednotlivých členů týmu.

Celý dohledový systém je koncipován jednak pro podporu rozhodovacího procesu velitele zásahu IZS v reálném čase a dále pro zpětné vyhodnocení průběhu zásahu a pro získání a vizualizaci souhrnných i individuálních informací o chování členů týmu při řešení různých situací během zásahu a při výcviku.

Příspěvek byl podpořen projektem VG20102013029 v rámci Programu bezpečnostního výzkumu České republiky v letech 2010-2015 (BV II/2-VS).

Poděkování a dík za reálný zájem o projekt a velmi vstřícný postup při spolupráci patří HZS Středočeského kraje.

LITERATURA

[1] KLANN Markus, RIEDEL Till, GELLERSEN Hans, FISCHER Carl, OPPENHEIM Matthew, LUKOWICZ Paul, PIRKL Gerald, KUNZE Kai, BEUSTER Monty, BEIGL Michael, VISSER Otto and GERLING Mirco. LifeNet:

- an Ad-hoc Sensor Network and Wearable System to Provide Firefighters with Navigation Support. In: Adjunct Proc. Ubicomp Innsbruck, Austria. 2007. pp. 124-127. Dostupné z: <http://eprints.lancs.ac.uk/13037/2/2007-LifeNet.pdf>
- [2] KLANN, Markus. Tactical Navigation Support for Firefighters: The LifeNet Ad-Hoc Sensor-Network and Wearable System In: J. Löffler and M. Klann. Mobile Response. Berlin: Springer, 2009. pp. 41-56. ISBN: 978-3-642-00439-1
- [3] TIA, Gao, et al. Wireless Medical Sensor Networks in Emergency Response: Implementation and Pilot Results. In: Proc. 2008 IEEE International Conference on Technologies for Homeland Security. 12-13 May 2008, pp. 187-192. Dostupné z: <http://www.cs.jhu.edu/~ljh/paper/ieehst2008.pdf>

Článok recenzovali dvaja nezávislí recenzenti.

