

Dokumentace k výsledku typu funkční vzorek (G_{funk})

Wearable vitality monitor v1.0

Autoři: Jana Kolářová, Lukáš Smital, Radovan Smíšek, Martin Králík, Andrea Němcová, Daniela Chlíbařková

Projekt: H2020 ECSEL JU, ID: 8A20007 - Next generation smart perception sensors and distributed intelligence for proactive human monitoring in health, wellbeing, and automotive systems (NextPerception)

Součást: RG-1-02, CEITEC, VUT Brno

Datum: 30.9.2021

Popis:

Wearable vitality monitor v1.0 je produkt, obecně demonstrátor, pomocí něhož je představeno použití a funkčnost realizovaného systému pro monitorování vitality člověka. Tento systém sestává z několika nositelných bezdrátových zařízení sloužících pro kontinuální sledování fyzické aktivity a projevů lidského těla, na jejichž základě je proveden odhad vitality jedince. Ukázka demonstrátoru je na obrázku 1.

Je sledováno několik základních projevů lidského těla během denních aktivit snímaných z vhodných přístupných míst (zápěstí) a několik referenčních signálů (měřených na hrudníku). Tyto signály se zobrazují postupně (obrázek 1 vlevo) a je promítáno simultánně nahrané video během měření (obrázek 1 uprostřed) a využitých pro následnou validaci měřených dat a výsledků (obrázek 1 uprostřed). Mobilní aplikace, která umožňuje zobrazení dat včetně hodnocení a přehledů dlouhodobé aktivity, je zobrazena na obrázku 1 vpravo.

Demonstrátor pracuje s off-line daty snímanými během různých fyzických aktivit a simultánně získávaným videozáznamem pohybujícího se měřeného jedince. Vizualně je prováděna kontrola zobrazených naměřených dat včetně vyhodnocených aktivit a určení vitality vzhledem ke skutečnosti. Měřené signály se také zobrazují v mobilní aplikaci včetně vyhodnocení, což je praktickým výstupem, který je pomocí demonstrátoru evaluován. Tímto postupem je možné ověřit základní koncept systému, je možno optimalizovat výpočetní algoritmy a minimalizovat počet a typy použitých snímačů.



Obrázek 1: Demonstrátor, vlevo: snímané signály z různých zařízení, uprostřed: videozáznam z průběhu

měření, určení fyzické aktivity a odhad vitality, vpravo: náhled na zobrazení dat a výsledky v mobilní aplikaci.



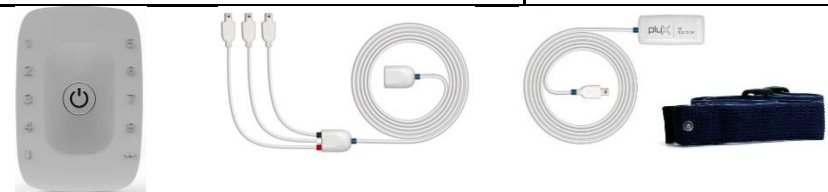

Použité přístroje:

V rámci demonstrátoru „Wearable vitality monitor v1.0“ byla použita následující zařízení pro snímání biologických signálů a pohybu: Empatica E4, BiosignalsPlux, Bittium Faros 180 a Perspiration rate sensor (obrázky a podrobnosti viz Tabulka 1). Pro validaci systému byla dále použita zařízení VO2 Master Pro – senzor pro analýzu objemu kyslíku VO₂, hrudní pás Wahoo Tickr HR (spolupracuje s VO₂ Master), IMU chytrého telefonu a chytré hodinky Garmin Forerunner 935 pro záznam GPS dat. Na obrázku 2 jsou všechna zařízení vidět přímo na měřeném subjektu.



Obrázek 2: Snímaný dobrovolník se všemi přístroji

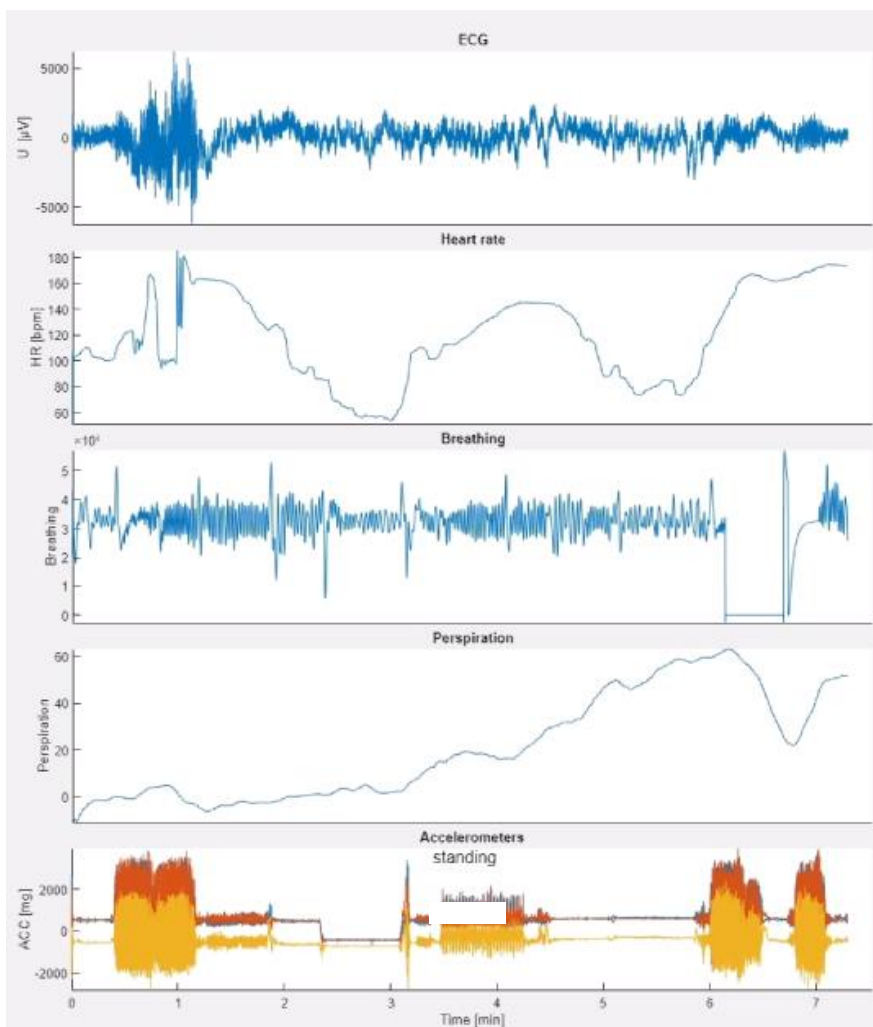
Tabulka 1: Senzory a měřené biosignály a signály pohybu použité v rámci Wearable vitality monitor v1.0.

<p>Empatica E4</p> <ul style="list-style-type: none"> • fotopletysmogram (PPG) • tepová frekvence (TF) • elektrodermální aktivity (EDA) • akcelerometrická (ACC) data • teplota 		<p>Bittium Faros 180</p> <ul style="list-style-type: none"> • elektrokardiogram (EKG) • ACC 
<p>BiosignalsPlux</p> <ul style="list-style-type: none"> • dechová křivka • ACC 		
<p>Perspiration rate sensor</p> <ul style="list-style-type: none"> • míra pocení 		



Měření a snímané signály:

Měření bylo prováděno na atletickém stadionu pro zajištění konstantních podmínek, jako jsou typ povrchu a elevace. Snímáno bylo pět typů aktivit – klid, chůze, step test, běh a jízda na kole, každá aktivita byla zastoupena rovnoměrně cca 10 minutami záznamu, což zajišťuje stejné velikosti datových sad pro následný vývoj detektoru aktivity. Na Obrázku 3 vidíme ukázkou snímaných biosignálů při aktivitě “klid”, této aktivitě předchází několik úseků běhu a chůze do schodů mezi 3:30 a 4:15.



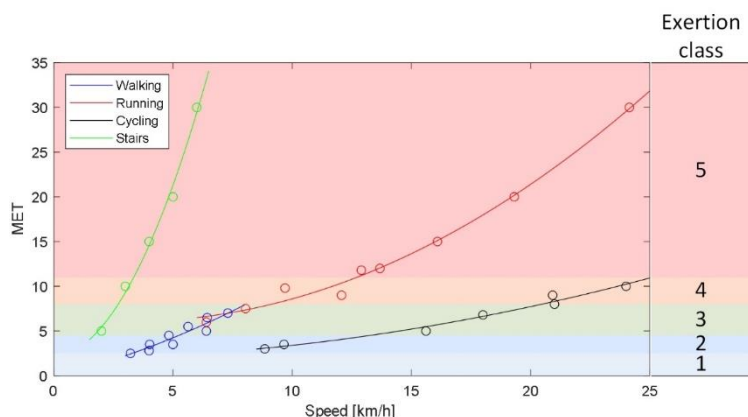
Obrázek 3: Snímané signály během různých aktivit s uvedením použitých přístrojů: EKG (Faros), Heart Rate - srdeční rytmus (Faros), Breathing - dechová aktivita (BiosignalsPlus), Perspiration - míra pocení (perspiration senzor), ACC - zrychlení ve 3 směrech (Empatica).

Stanovení fyzické zátěže:

Jako metriku fyzické zátěže jsme v demonstrátoru „Wearable vitality monitor v1.0“ zvolili jednotky MET (Metabolic equivalent). Jednotka 1 MET odpovídá množství spotřebovaného kyslíku v klidovém režimu (sed, leh) a je přibližně rovna 3,5 ml na kilogram váhy za minutu. Stupeň fyzické námahy je tedy reprezentován násobkem klidového metabolického ekvivalentu a jedná se o bezrozměrnou jednotku.



Jednotky MET jsou v literatuře hojně uváděné např. [A], [B] a jejich hodnoty jsou tabelované pro konkrétní aktivity při určité intenzitě (rychlosti). Demonstrátor „Wearable vitality monitor v1.0“ rozlišuje klidový stav a čtyři druhy aktivit (chůze, chůze do schodů, běh, jízda na kole). Tabelované hodnoty MET jednotek pro různé aktivity při dané rychlosti jsou vidět na Obrázku 4.



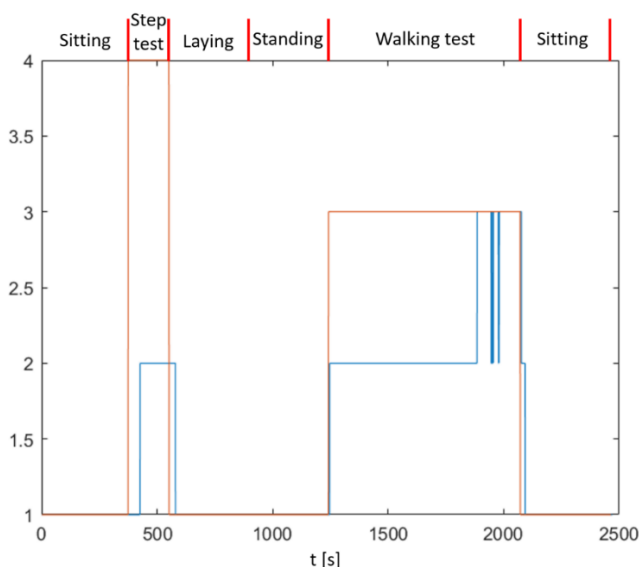
Obrázek 4: MET jednotky pro různé aktivity při dané rychlosti s určením klasifikované úrovně aktivity.

Vstupem algoritmu pro odhad MET jednotek je klasifikovaná aktivita měřeného subjektu a rychlost subjektu měřena pomocí GPS. Klasifikace aktivit je provedena na základě informace z akcelerometrů v rámci spolupracujícího projektu [C].

Po odhadu MET jednotek následuje klasifikace úrovně aktivity. V souladu s předchozí kapitolou klasifikujeme aktivitu do pěti tříd MET: rozmezí 0 až 2,5 odpovídá lehké fyzické námaze, 2,5 – 4,5: střední, 4,5 – 8: těžká 8 – 11: velmi těžká, více než 11: nadměrná fyzická námaha. Takto klasifikovaná fyzická námaha je jedním ze vstupů pro hodnocení vitality.

Odezva těla na zátěž:

Vyhodnocení odezvy těla na zátěž je inspirována podle běžně používané Borgovy škály [D]. V našem řešení stanovujeme odezvu organismu na zátěž podle tepové frekvence. Tepová frekvence byla odvozena ze signálu EKG – komplexy QRS byly detekovány podle dříve validovaného automatického detektoru. Princip a přesnost tohoto detektoru byly popsány v [E]. Na obrázku 5 je zobrazena velikost zátěže a odezva organismu na tuto zátěž. Je vidět, že snímaná osoba má malou odezvu těla i na velkou zátěž.



Obrázek 5: Velikost zátěže (červená křivka) a odezva organismu na tuto zátěž (modrá křivka). Konkrétní vykonávané aktivity jsou v hlavičce obrázku.



Hodnocení vitality:

Vitalitu je možné stanovit ve vybraném časovém intervalu porovnáním výstupů z algoritmů pro stanovení velikosti zátěže a odezvy těla. Čím je zátěž vyšší, tím je očekávána větší odezva těla. Pokud je odezva těla malá i při vysoké zátěži, pak je vitalita nadprůměrně dobrá (třídy Medium, High, Expert a Excellent). Naopak pokud je odezva těla velká i při malé zátěži, vitalita je podprůměrná (třídy Low, Poor, Very Poor a Critical). Tabulka 2 ukazuje výslednou třídu vitality pro každou dvojici zátěže a odezvy těla. Toto vyhodnocení probíhá v krátkých časových oknech (10 s). Pro výslednou hodnotu vitality je nutné sloučit vyhodnocení vitality z více časových intervalů (pro více aktivit). Výsledná vitalita je stanovena dle následujících pravidel: 1. Aktivita, které trvají méně než 30 s jsou vyloučeny; 2. Pokud je zachycena zátěž vyšší než 1, pak jsou úseky se zátěží 1 vyloučeny z hodnocení; 3. Vitalita je vyhodnocena pro každou třídu zátěže zvlášť. Tato vitalita je stanovena jako většinová vitalita stanovená při daném stupni zátěže; 4. Výsledná vitalita je stanovena jako průměrná hodnota vitality pro jednotlivé stupně zátěže.

Tabulka 2: Stanovení vitality na základě vztahu zátěže organismu (angl. exertion) a odezvy organismu na tuto zátěž (angl. body response).

		Exertion				
		1	2	3	4	5
Body response	1	Normal	Medium	High	Expert	Excellent
	2	Low	Normal	Medium	High	Expert
	3	Poor	Low	Normal	Medium	High
	4	Very Poor	Poor	Low	Normal	Medium
	5	Critical	Very Poor	Poor	Low	Normal

- [A] M Jetté, K Sidney, G Blümchen. Metabolic equivalents (METS) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. *Clin. Cardiol.* 13, 555-565 (1990)
- [B] MET Values for 800+ Activities; <https://golf.procon.org/met-values-for-800-activities/>
- [C] Rozpoznávání aktivit za využití umělé inteligence v1.0, výstup projektu NextPerception
- [D] Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14:377–381
- [E] Smital, L.; Maršánová, L.; Smíšek, R.; Němcová, A.; Vítek, M. Robust QRS Detection Using Combination of Three Independent Methods. In *Computing in Cardiology 2020. Computing in Cardiology*. Rimini, Italy: IEEE, 2020. s. 1-4. ISSN: 2325-887X.

