

# Sistem za procenu zauzetosti korisnika u kućnom i kancelarijskom okruženju

Milan Z. Bjelica, Miloš Pilipović, Ivan Kaštelan, Bojan Mrazovac

**Sadržaj** — Savremene računarske tehnologije i tehnologije veze omogućuju korisnicima da obavljaju svakodnevne zadatke brže nego ikada ranije. Brzina rada više nije ograničena alatima koji se koriste u radu, već brzinom i veštinom samog radnika. Rad na više zadataka istovremeno postao je uobičajen, čak do te mere da se ljudi nadmeću sa sopstvenim elektronskim uređajima (npr. računarima i mobilnim telefonima) sve u cilju povećanja produktivnosti i izbegavanja „praznog hoda“. Ovakav tempo života i rada zahteva maksimalnu koncentraciju, pa bilo kakvi zahtevi od strane drugih lica koji bi izazvali prekid rada nisu poželjni. Ipak, ispostavlja se da su ti zahtevi neophodni, pa je procena zauzetosti korisnika od izuzetnog značaja. U radu je predstavljena višesenzorska platforma za procenu zauzetosti osobe u kućnom ili kancelarijskom okruženju, dok se druge osobe o tome obaveštavaju korišćenjem svetlosnih efekata i web portala. Na primer, platforma odabira režim osvetljenja hodnika ispred posmatrane prostorije na osnovu zaključaka donetih korišćenjem palete senzora (kamere, mikrofoni, stanje nekog od uređaja u kući ili kancelariji). Radnici u kompaniji, na primer, mogu posetiti web portal da provere zauzetost nekog od svojih kolega pre nego što im svrate u kancelariju.

**Ključne reči** — zauzetost, korisnik, upotrebljivost, DMX, senzori, veštačka inteligencija, ubiquitous computing

## I. UVOD

**S**VEOBUHVAATNA upotreba računara (*Ubiquitous Computing*), kao oblast koju je definisao Mark Weiser [1] u prvi plan stavlja potrebu za skrivanjem tehnologije od ljudi, dok u isto vreme tehnologija prilagođava životno i radno okruženje kako bi ispunila različite potrebe ljudi i olakšala život. Računarstvo zasnovano na kontekstu (*Context-aware computing*) predstavlja oblast koja okuplja istraživanja na temu upotrebe tehnologije za procenu parametara okoline u svrhu stvaranja pojednostavljenog životnog okruženja, gde je procena aktivnosti korisnika od velikog značaja. Jedan od poslednjih izazova je ispitivanje pažnje i zauzetosti korisnika.

Ograničenost raspoloživih resursa ne odnosi se isključivo na računarske sisteme, čije performanse zavise od količine radne memorije i zauzeća procesora. Ograničenost resursa svakog čoveka ponaosob privlači sve

veću pažnju. Ljudi svoje zadatke danas obavljaju brže nego ikada ranije, zahvaljujući ogromnom broju dostupnih izvora informacija. Vreme postaje najznačajniji resurs svakog čoveka, pa je pravilna upotreba vremena od ključnog značaja za očuvanje produktivnosti i umanjenje stresa. Upravljanje dostupnim vremenom korisnika, u smislu računarstva zasnovanog na kontekstu, predstavlja aktivnost koja ima za cilj smanjenje broja zahteva koji bi bili upućeni korisniku u neželjeno vreme; odnosno, da se takvi zahtevi rasporede tako da nastupe u vremenu najpogodnijem za korisnika. Procena zauzetosti korisnika je neophodna da bi se na pravilan način upravljalo raspoređivanjem tih zahteva.

U okviru rada biće predstavljen prototip sistema koji se sastoji od nekolicine različitih senzora (mikrofonski nizovi, optičke kamere, 3D kamere, akcelerometri) i upravljačkih sprega (Ethernet, DMX) koje se koriste za posmatranje kancelarije ili dnevne sobe u cilju procene zauzetosti prisutnih osoba. U skladu sa principom skrivanja tehnologije od korisnika, procenjena zauzetost se primarno objavljuje korišćenjem DMX osvetljenja u različitim bojama i jačinama. Svetlosni efekti mogu biti primenjeni za osvetljavanje delova prostora u blizini posmatrane prostorije, kao što su predsoblja, hodnici ili delovi zidova ili plafona. RGB LED lampe ili DMX svetla za bojenje površine zida (*wall-washers*) mogu se koristiti za osvetljavanje uglova plafona, zidova u predsoblju, ili ulaznih vrata u posmatranu prostoriju. Na primer, ako je osoba unutar kancelarije zauzeta, za osvetljenje bi bili korišćeni crveni tonovi, što za ostale kolege u kompaniji znači da svi zahtevi koji bi trebalo da budu upućeni osobi u tom trenutku nisu poželjni. Narandžasti i žuti tonovi označavaju da je osoba dostupna za kratka pitanja ukoliko je zahtev neizbežan. Najzad, plavi i zeleni tonovi osvetljenja označavaju nizak stepen zauzetosti, i u ovom slučaju zahtevi za pažnjom posmatrane osobe u kancelariji su dobrodošli. Ove informacije se takođe objavljuju posredstvom jedinstvenog web portala koji razvijeni sistem posluži.

Različita istraživanja su do sada sprovedena u cilju postavljanja koncepta ili realizacije uređaja za procenu pažnje i zauzetosti korisnika. Hudson i Fogarty u svojim Studijama Dostupnosti (*Interruption Studies*) [2] ispitali su mogućnost upotrebe različitih senzora za merenje dostupnosti ljudi, uz dodatno poređenje različitih tehnika odlučivanja, poput stabala odlučivanja, Bajesovih mreža, vektora podrške (*Support Vector Machines – SVM*), i adaptivnih algoritama (*AdaBoost*). Prosečna tačnost

Ovaj rad je delimično finansiran od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, projekat br. 11005 od 2008. godine.

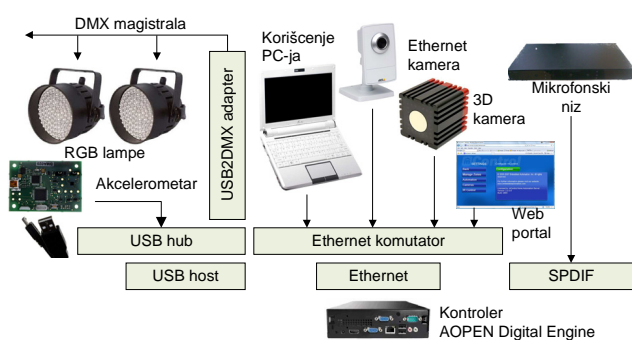
Milan Z. Bjelica, Miloš Pilipović, Ivan Kaštelan i Bojan Mrazovac su sa Fakulteta tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4801-204, e-mail: milan.bjelica@rt-rk.com, milos.pilipovic@rt-rk.com, ivan.kastelan@rt-rk.com, bojan.mrazovac@rt-rk.com).

procenjene zauzetosti (preko 75%) u poređenju sa subjektivnim ocenama koji su dale posmatrane osobe govori da je takav pristup izvodljiv. R. Vertegaal uvodi koncept Pažljive Korisničke Sprege (*Attentive User Interface – AUI*) [3] kao načina interakcije između ljudi i mašina u cilju smanjenja negativnih efekata prouzrokovanih porukama korisničke sprege koje prekidaju korisnika u nekoj drugoj aktivnosti (zvono mobilnog telefona, pristizanje nove e-mail poruke, novi chat zahtev i sl). Bjelica i Teslić u svojoj studiji [4] prikazali su koncept i realizaciju paketa za omogućavanje razvoja aplikacija svesnih aktivnosti korisnika i njegove zauzetosti (*User Awareness Kit*), korišćenjem različitih senzora za procenu korisničke aktivnosti i automatsko postavljanje profila u aplikacijama (nečujan, pasivan, aktivan i sl).

Osnovni doprinosi predloženog rešenja, koji ga razlikuju od dosadašnjih istraživanja u oblasti, su njegova jednostavna integracija u životno okruženje kao i inovativni način za saopštavanje znanja korišćenjem svetlosnih efekata. U nastavku rada biće navedeni neki detalji realizacije sistema i rezultati ispitivanja na dva slučaja upotrebe.

## II. OPIS REŠENJA SISTEMA

Sistem se sastoji od nekoliko fizičkih jedinica: (1) kontroler sa USB, Ethernet i SPDIF spregama; (2) fizički senzori: IP optička kamera (*AXIS M1011*), IP 3D (*time of flight – TOF*) kamera (*MESA SR4000*), akcelerometar (*Bosch*), mikrofonski niz (*RT-RK SEA<sup>2</sup>M*); (3) USB2DMX adapter (*KWL*); (4) DMX RGB LED lampe (*Prolight*) kao aktuatori; (5) implicitni IP senzori, kao što je PC računar. Kontroler obrađuje merene veličine koje isporučuju senzori, obavlja procenu zauzetosti korisnika i aktivira šemu svetlosnih efekata na DMX magistrali. Dijagram arhitekture sistema prikazan je na Slici 1.



Sl. 1. Arhitektura sistema

Na kontroleru se izvršava Xubuntu Linux operativni sistem kao podloga za osnovni program, pod imenom *Estimator*. Ovaj program pisan je u programskom jeziku C++. *Estimator* se sastoji od sledećih slojeva programske podrške: (1) sloj rukovalaca (*drivers*); (2) sloj apstrakcije senzora; (3) sloj virtuelnih senzora; (4) sloj zaključivanja i (5) sloj aktuatora.

*Sloj rukovalaca* se sastoji od mehanizma za dodavanje priključaka (*plug-in*) koji predstavljaju dinamičke .so

biblioteke sa realizacijom programa za rukovanje spregama. Ove biblioteke komuniciraju sa fizičkim sensorima i aktuatorima koji su povezani sa sistemom. Da bi se omogućilo pokretanje u okviru sistema, svaka biblioteka mora biti usklađena sa *API (Application Programming Interface)* definicijom propisanom od strane sloja rukovalaca. Propisana definicija sadrži sledeće funkcije: (1) otvaranje rukovaoca; (2) zatvaranje rukovaoca; (3) pokretanje instance senzora na rukovaocu; (4) zaustavljanje instance senzora na rukovaocu; (5) registracija povratne funkcije (*callback*) u slučaju događaja na senzoru sa zadatim identifikatorom. Jedna od biblioteka zadužena je za nadgledanje korisničkog PC računara. Jednostavna aplikacija se izvršava na korisničkom računaru u cilju otkrivanja korišćenja tastature i miša. Takođe, aplikacija obaveštava biblioteku o trenutno pokrenutim programima i ostalim aktivnostima na korisničkom računaru. Za komunikaciju sa bibliotekom aplikacija koristi *Ethernet* spregu.

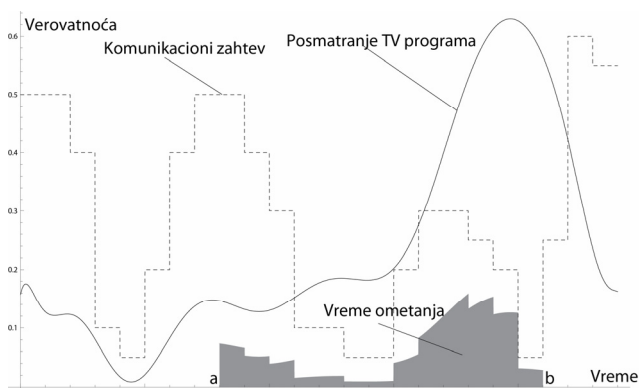
*Sloj apstrakcije senzora* vodi evidenciju o svim sensorima dostupnim u okviru sistema, naslanjajući se na onaj deo sloja rukovalaca koji opslužuje fizičke senzore. Ovaj sloj takođe omogućava nadređenim slojevima da se prijave za čekanje određenog događaja sa nekog od senzora, te da budu obavešteni kada se taj događaj desi. Zahvaljujući ovom sloju svi senzori su predstavljeni na isti način (korišćenjem identifikatora senzora i identifikatora događaja) pa je moguće koristiti algoritme klasifikacije na višim nivoima bez potrebe za poznavanjem strukture pojedinačnih komunikacionih sprega.

*Sloj virtuelnih senzora* daje značenje događajima pristiglim sa fizičkih senzora. Ovaj sloj sadrži realizacije nekoliko različitih algoritama za klasifikaciju i zaključivanje, i to: (1) otkrivanje korisničkog gesta zasnovano na podacima ubrzanja sa akcelerometra korišćenjem Skrivenih Markovljevih Lanaca; (2) otkrivanje pokreta i položaja lica zasnovano na primljenim fotografijama sa kamera, korišćenjem biblioteke *OpenCV* [5]; (3) otkrivanje položaja govornika korišćenjem *SEA<sup>2</sup>M* [6] algoritama zasnovano na podacima sa mikrofonskog niza; (4) procenu zauzetosti korisnika zasnovano na primljenim podacima sa više različitih senzora i statističkih modela (u skladu sa postupkom navedenim u studiji Bjelice i Teslića [7]). Statistički model predstavlja raspodelu verovatnoće neželjenog preklapanja aktivnosti korisnika i spoljnih zahteva, u toku jednog dana. Na primer, pretpostavimo da korisnik posmatra televizijski program u toku dana sa verovatnoćom  $p(t)$ , gde je  $t$  tačno vreme dana ( $t \in [0,24]$ ). Dalje, neka je  $q_i$  verovatnoća da će se od korisnika zahtevati reakcija na komunikacioni zahtev (mobilni telefon, *Skype*) u času  $i$  u toku dana. Tada se sledećom jednačinom:

$$T_{if} = \sum_{i=a}^{b-1} \left\{ q_i \int_i^{i+1} p(t) dt \right\}$$

dobija ukupno vreme neželjenog ukrštanja dve aktivnosti (vreme ometanja – *interference*) u vremenskom intervalu  $[a,b]$ . Na osnovu vrednosti ovog vremena može se napisati

adekvatno pravilo u stablu odlučivanja kojim se podešava stepen zauzetosti. Ilustracija koncepta data je na Slici 2.



Sl. 2 Statistički model procene ometanja korisnika

*Sloj zaključivanja* učitava XML datoteku koja sadrži specifikaciju težinskog stabla odlučivanja. Konfiguracija se sastoji od više pravila, od kojih svako definiše sledeće; (1) spisak događaja na određenim senzorima koji je zahtevan (ili zabranjen) u vremenskom okviru od poslednjih  $n$  milisekundi; (2) složene Bulove izraze nad tim spiskom događaja; (3) promenu u konačnoj sumi bodova na skali dostupnosti korisnika (*Availability Score – AS*). Svaki događaj pristigao sa najnižeg nivoa programske podrške pokreće obradu spiska pravila i podešava izlaznu skalu dostupnosti. Svako pravilo dodaje bodove, odnosno oduzima bodove na skali dostupnosti, u zavisnosti od toga u kom stepenu to pravilo doprinosi zaključku o zauzetosti korisnika (negativne vrednosti bodova), odnosno u kom stepenu pravilo doprinosi zaključku o dostupnosti korisnika (pozitivne vrednosti bodova). Kao izlaz dobija se stepen zauzetosti korisnika koji uzima vrednosti  $[0,1]$  i računa se na osnovu formule:

$$SZ = e^{-bodovi}$$

Primer definicije jednog od pravila u okviru stabla odlučivanja dat je na Slici 3. U ovom primeru dodaju se negativni poeni na skalu dostupnosti ukoliko je otkriveni ugao govornika u odnosu na mikrofonski niz (senzor 12, ID = 1) promenjen u poslednjoj sekundi sa leve na desnu stranu (ovo označava da se govornik promenio, tj. da je konverzacija u toku).

```
<rule>
  <and>
    <check sensorID = "12" event = "1"
      within = "1000" param1 = "[-180:0]" />
    <check sensorID = "12" event = "1"
      within = "5000" param1 = "[0:180]" />
  </and>
  <availability adjustment="-3.0" />
</rule>
```

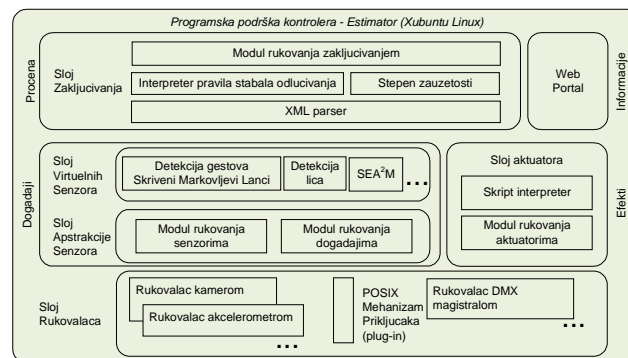
Sl. 3. Primer pravila u stablu odlučivanja

*Sloj aktuatora* na osnovu dodatnih postavki i trenutne vrednosti stepena zauzetosti izvršava XML skriptove koji upravljaju DMX osvetljenjem i omogućavaju postizanje opisanih efekata u skladu sa zauzetošću korisnika. Podrazumevana postavka, koja postavlja boju osvetljenja na crvenu ukoliko je zauzetost visoka odnosno na zelenu ukoliko je zauzetost niska, može se izmeniti na potpuno proizvoljan način. Skriptovi omogućavaju postavljanje

postepenih prelaza iz jedne boje u drugu, efekte pretapanja boja i programiranje vremenske sekvence izmene boja. Skript jezik zasnovan je na XML i primenjen na osnovu ranijih studija [8].

Web portal realizovan je kao poseban dodatak sistemu, i on takođe pristupa trenutnoj vrednosti stepena zauzetosti, korišćenjem mrežnog prolaza ka osnovnom programu. Portal je zasnovan na jeziku *PHP* i izvršava se na *web* poslužiocu *Apache*. Bilo koji korisnik u mreži može pristupiti portalu i iz padajućeg menija odabrati naziv jedne od nadgledanih prostorija. Nakon izbora, korisniku će biti prikazana skala koja odgovara stepenu zauzetosti, obojena u odgovarajuću boju (zelena, žuta ili crvena).

Blok dijagram programske podrške kontrolera prikazan je na Slici 4.



Sl. 4. Blok dijagram programske podrške kontrolera

### III. PRIMER UPOTREBE

Predloženi sistem je ispitan u dva različita slučaja: (1) tipična situacija u dnevnoj sobi (dve osobe povremeno razgovaraju i gledaju TV program) i (2) kancelarija direktora sa radnim stolom i računarom. U slučaju dnevne sobe, korišćeni senzori su 3D kamera, optička kamera i mikrofonski niz (koji su bili postavljeni vertikalno iznad TV prijemnika), dok je akcelerometarska pločica fiksirana za telefonsku slušalicu (Slika 5). Glavni faktori odlučivanja u ovom slučaju bili su detekcija lica (što je korišćeno za detekciju posmatranja TV programa), detekcija glasa i pozicije govornika, kao i detekcija telefonskog razgovora. U svrhu ilustracije, zid iza TV prijemnika osvetljen je bojom koja odgovara trenutnoj vrednosti stepena zauzetosti. Neke od dobijenih vrednosti stepena zauzetosti u zavisnosti od aktivnosti u dnevnoj sobi, dati su u Tabeli 1. Podebljanim tekstom u zagradi dat je prosečan stepen zauzetosti (preveden sa Likert skale 1-10) subjektivno procenjen od strane pet nezavisnih posmatrača situacije.

U slučaju kancelarije, pravila odlučivanja postavljena su tako da se u obzir u najvećoj meri uzimaju podaci dobijeni od strane akcelerometarske pločice fiksirane za telefonsku slušalicu (otkrivanje telefonskog poziva), kao i od aplikacije koja nadgleda korisničku aktivnost na PC računaru. Dodatno, korišćen je mikrofonski niz za detekciju glasa, 3D kamera i optička kamera za dobavljanje podataka o broju osoba u kancelariji i njihovim pozicijama (ovako je moguće otkriti da li je u toku sastanak). Deo hola ispred kancelarije bio je osvetljen

korišćenjem DMX RGB lampi na sličan način kao i u slučaju dnevne sobe. Web portal je takođe bio upotrebljen radi obaveštavanja radnika o zauzetosti direktora. Neke od dobijenih vrednosti stepena zauzetosti u zavisnosti od aktivnosti u kancelariji dati su u Tabeli 2. Rezultat nezavisnih posmatrača dat je kao u prethodnom slučaju.



Sl. 5. Procena zauzetosti u slučaju dnevne sobe

TABELA 1: STEPEN ZAUZETOSTI U SLUČAJU DNEVNE SOBE

SZ	Boja svetla	Situacija
0 (0)	Zelena	Prostorija je prazna.
0.09 (0.26)	Zelena	Osobe se kreću po sobi, ne posmatraju TV, glasan zvuk
0.19 (0.24)	Zelena	Osobe živahno razgovaraju, ne posmatraju TV, sedeći za stolom
0.43 (0.54)	Žuta	Osobe živahno razgovaraju dok posmatraju TV, sedeći za stolom
0.53 (0.68)	Žuta	Osobe razgovaraju sa dužim monolozima
0.79 (0.92)	Crvena	Osobe posmatraju TV, ne razgovaraju, sede za stolom

TABELA 2: STEPEN ZAUZETOSTI U SLUČAJU KANCELARIJE

SZ	Boja svetla	Situacija
0.18 (0.12)	Zelena	Osoba sedi za stolom, tišina, najčešće koristi miš, koristi IE web pregledač
0.41 (0.54)	Žuta	Osoba sedi za stolom, tišina, najčešće koristi miš, koristi program za pregled pošte
0.61 (0.5)	Žuta	Osoba sedi za stolom, tišina, najčešće koristi tastaturu, program za pregled pošte
0.76 (0.82)	Crvena	Osoba govori, telefonska slušalica je podignuta 2 minuta
0.78 (0.9)	Crvena	Osoba razgovara sa gostom u kancelariji.
0.89 (0.82)	Crvena	Osoba govori, telefonska slušalica je podignuta 10 minuta
0 (0)	Crvena	Kancelarija je prazna (pristup nije dozvoljen)

U prikazanim rezultatima može se uočiti znatan stepen korelacije između zaključenih vrednosti i sopstvene procene posmatrača situacije, što svedoči o upotrebljivosti sistema za predviđenu namenu.

#### IV. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen način na koji se od ideje za procenu zauzetosti korisnika može doći do proizvoda potrošačke elektronike. Predloženo rešenje je skalabilno (može da se primeni na različite prostore sa manjim ili većim skupom senzora), proširivo (senzori se jednostavno mogu dodati zahvaljujući mehanizmu priključaka u sloju rukovalaca u okviru programske podrške) i prilagodljivo (pravila u okviru stabla odlučivanja se mogu prilagođavati, kao i svetlosni efekti). Rešenje je takođe isplativo i može se primeniti u bilo kom kućnom ili kancelarijskom okruženju. U nastavku istraživanja razmatra se dodavanje podrške za nove tipove senzora (ultrasonični, RFID) kao i uključivanje novih algoritama u sloju virtuelnih senzora (npr. detekcija gestova korišćenjem 3D kamere).

#### LITERATURA

- [1] M. Weiser, "The Computer for the 21st century," Scientific American, Vol. 265, No. 9, pp. 66-75, 1991.
- [2] J. Fogarty, S. E. Hudson, C. G. Atkinson, D. Avrahami, J. Forlizzi, S. Kiesler, J. C. Lee, J. Yang, "Predicting human interruptibility with sensors", ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 12, No. 1, pp. 119-146, 2005.
- [3] R. Vertegaal, "Attentive user interfaces", Communications of the ACM, Vol. 46, No. 3, pp. 30-33, 2003.
- [4] M. Z. Bjelica, N. Teslic, "Multi-purpose User Awareness Kit for Consumer Electronic Devices", 2010 Digest of Technical Papers International Conference on Consumer Electronics, Las Vegas, USA, pp. 239-240, 2010.
- [5] "OpenCV Wiki", web stranica: <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>
- [6] I. Papp, Z. Saric, S. Jovicic, N. Teslic, Adaptive microphone array for unknown desired speaker's transfer function, Journal of the acoustic society of America, 2007, Vol. 122
- [7] M. Z. Bjelica, N. Teslic, "Characterizing application attentiveness to its users: A method and possible use cases", International Journal on Computer Science and Applications, Vol. 7, No. 3, pp. 60-83, 2010.
- [8] Bjelica, M. Z., Savic, M., Vujanovic, V., Temerinac, M., „Izrada PC aplikacije za emulaciju komunikacionog podsistema integrisanog kola,“ zbornik radova konferencije TELFOR 2008

#### ABSTRACT

This paper presents a multi-sensorial platform that estimates person availability, and alerts others by using light effects and a web portal. Using cameras, microphones and events from home/office equipment, the platform decides the light scheme to illuminate the foyer in front of the monitored room using the color corresponding to occupant's availability (by using DMX-based RGB lamps). People, such as coworkers, can also visit the web portal to check the availability of their colleagues prior to visiting them in person.

#### USER BUSYNESS ESTIMATION PROTOTYPE WITH RGB LIGHTING ALERTS

Milan Z. Bjelica, Miloš Pilipović  
Ivan Kaštelan, Bojan Mrazovac