

Prototip ambientnega vmesnika za informiranje uporabnika o rabi zelene energije

Ajda Markič, Eva Vidmar, Jure Tič, Matjaž Rupnik, Janez Zaletelj, Matej Zajc

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

E-pošta: am6319@student.uni-lj.si, ev4036@student.uni-lj.si, jt8127@student.uni-lj.si, mr8339@student.uni-lj.si

Prototype of an ambient interface for informing the user about green energy use

Paper presents an IoT prototype to provide users with information about the availability of green energy and managing household's energy consumption of their home. The goal is to inform users about time intervals when green energy is available and giving real-time feedback about green energy use. With such feedback, the user can start using green energy and function eco-friendlier, which is our main goal. The proposed prototype follows available guidelines for ambient media eco-feedback design. In this paper, we will firstly describe the design process, prototype development and user testing within a small group of students.

1 Uvod

Varstvo narave in podnebja je ena izmed ključnih problematik modernega sveta. S tem namenom se je v zadnjih letih začelo govoriti o tako imenovanem zelenem prehodu. Ta predstavlja prizadevanje zmanjševanja onesnaževanja ter prehod na zeleno gospodarstvo s pomočjo modernih tehnologij. Evropska unija si je za cilj zelenega prehoda zadala leto 2050 in premiki v tej smeri so že krepko v teku [1]. Eden izmed takšnih premikov je tudi vse bolj razširjena proizvodnja zelene energije.

Predstavljeni ambientni prototip sistema smo uporabili za razvoj primernega podajanja povratne informacije o proizvodnji in porabi zelene energije v domu. Koncept sledi smernicam zelenega prehoda. Sistem uporabnika obvesti, kdaj je na voljo zelena energija, ter se mu pomaga odločiti, ob katerem času uporabljati določene naprave tako, da bo energijo kar najbolje izkoristil. Razvoj tovrstnih prototipov Interneta stvari je v pomoč načrtovalski ekipi, da celovito razume interdisciplinarnost problema, rešitev pa iterativno testira z različnimi skupinami uporabnikov.

2 Predstavitev predlagane rešitve

Predlagani prototip sistema smo oblikovali po smernicah podajanja ekološke povratne informacije (angl. eco-feedback design) in ambientne inteligence (angl. ambient intelligence) [2, 3]. Sistem, ki smo ga umestili v dnevno sobo, sestavljajo štirje gradniki: energetska ura, nadzorna plošča, prikaz trenutne porabe in mobilna aplikacija.

2.1 Smernice pri načrtovanju sistema

Na podlagi literature je prototip predlaganega sistema zasnovan tako, da uporablja različne ambientne prikazovalnike, ki so umeščeni v prostor. Torej ni

prikazan samo na zaslonu pametnega telefona, kot je običajno pri različnih aplikacijah.

Z ambientnim prikazovalnikom lahko uporabnik vzpostavi interakcijo, kar ga vzpodbudi k aktivnemu razmišljanju [2]. Ideja takšnega načrtovanja je, da je tehnologija v uporabnikovo življenje vključena tako, da postane nevsiljivo integrirana v vsakodnevne predmete in vsakodnevna opravila uporabnika. Sama inteligenca je integrirana v sistem, uporabniku pa sistem podaja enostavne informacije.

Poleg osnovne ideje ambientnega vmesnika smo pri načrtovanju prototipa sledili konceptom umirjene tehnologije (angl. calm technology). To je vrsta informacijske tehnologije, pri kateri je interakcija med tehnologijo in njenim uporabnikom zasnovana tako, da se odvija na obrobju uporabnikovega zaznavanja torej ne vedno v središču pozornosti. Tehnologija sporoča uporabniku informacije na nevsiljiv način, po potrebi pa priključuje pozornost uporabnika s pomočjo različnih vizualnih, zvočnih ali celo haptičnih alarmov. Tako lahko uporabnik preusmeri pozornost, ko je to potrebno, sicer pa tehnologija ostane mirno na uporabnikovem obrobju [3].

2.2 Načrtovanje glavnih komponent sistema

Vsaka od štirih komponent predlaganega prototipa sistema je postavljena v prostor dnevne sobe. Pri načrtovanju smo sledili predlaganim dimenzijam načrtovanja [4].

2.2.1 Energetska ura

V literaturi zasledimo številne primere prikaza energije v kombinaciji s časom, velikokrat v obliki ure. Glavni povod za idejo energetske ure smo pridobili iz članka, v katerem so avtorji predstavili sistem imenovan ClockCast, kjer prototip ure pokaže čas najbolj primeren za učinkovito porabo energije [5].

V našem prototipu energetska ura prikazuje napoved zadostne razpoložljive zelene energije. Namen takšnega prikaza je, da uporabniku sporoči najboljši časovni interval za prižig naprave, ki uporablja zeleno energijo. Tako v primeru, ko ura pokaže porast zelene energije ob 15.00 se uporabnik pripravi, da bo takrat prižgal pralni stroj.

Energetsko uro smo oblikovali kot analogno uro s kazalci. Čas, ko bo na voljo zelena energija, je prikazan z zeleno zagozdo, ki sega iz sredine do številčnice. Zagozda predstavlja med katerimi urami bo predvidoma na razpolago zelena energija glede.

2.2.2 Nadzorna plošča

Namen nadzorne plošče je prikaz vseh električnih naprav v gospodinjstvu (slika 4). Preko takšnega prikaza lahko uporabnik jasno in enostavno vidi katere naprave so vklopljene, ter katere naprave lahko vklopi, da bo najbolj učinkovito porabljal zeleno energijo. Vsaka naprava je predstavljena z ikono. V primeru, da je naprava vklopljena, se nad ikono naprave prikaže vrteča animacija.

Ikone naprav se obarvajo z rdečo ali zeleno barvo glede na to, ali bi lahko v tem trenutku delovale z uporabo zelene energije, ali ne. Barva simbolov naprav se spreminja glede na trenutno razpoložljivost zelene energije.

2.2.3 Prikaz porabe

Za prikaz porabe, ki uporabniku služi kot dodatna informacija o njegovi porabi energije, smo se izbrali stenski prikaz, ki sledi načelom informativne umetnosti [5]. Pri informativni umetnosti načrtovalci uporabijo umetniške slike za tako informativen, kot tudi estetski prikaz podatkov. V našem primeru to pomeni, da prikaz na steni od daleč izgleda kot dinamična umetnina, hkrati pa uporabniku sporoča informacijo.

Odločili smo se za dve glavni barvi, rdečo in zeleno. Rdeča barva pomeni, da naprava večinoma ali v celoti porablja energijo iz neobnovljivih virov. Zelena barva pa, da je poraba dane naprave v celoti pokrita z razpoložljivo zeleno energijo. Na končni verziji prikaza smo dodali belo polje v velikosti preostanka zelene energije, ki je na voljo. V kolikor uporabnik uporablja vso zeleno energijo belega polja ni. Velikosti kvadratov se dinamično spreminjajo glede na stanje energije v omrežju in trenutno porabo (slika 2).

Tekom razvoja prototipa je bil ta element deležen velikih sprememb. V prvotnem prototipu je bil predstavljen kot slika narave, ki s porabo več zelene energije vedno bolj zeleni. Tak prikaz je bil sicer vizualno privlačen, na žalost pa so bili kontrasti premajhni in bile so težave pri berljivosti stanja zelene energije iz prikaza.

2.2.4 Mobilna aplikacija

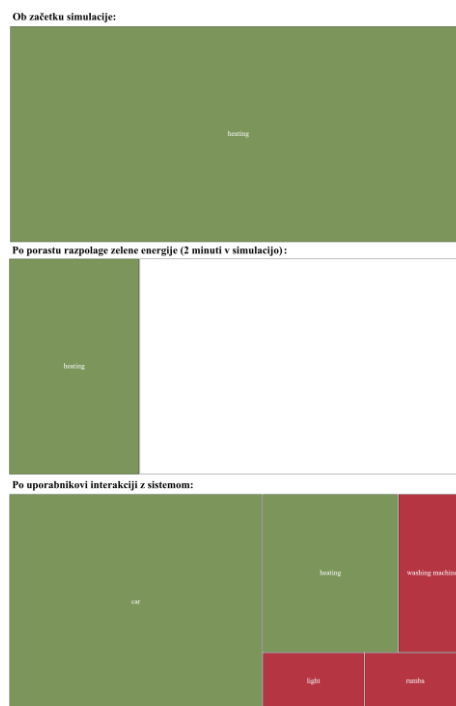
Četrta komponenta predlaganega sistema je mobilna aplikacija, ki predstavlja povezavo med uporabnikom in sistemom (slika 5). Uporabnik vklopi in izklopi izbrano napravo s klikom na ikono. S tem sledimo načelom uporabniško usmerjenega načrtovanja, kjer sistem prevzame kompleksnost aktivnosti in od uporabnika zahteva le minimalno interakcijo in preproste odločitve.

3 Implementacija prototipa sistema

Zgoraj opisane komponente smo implementirali kot prototip, ki je primeren za interno testiranje z uporabniki. Vloga internega testiranja prototipne rešitve je podpora procesu razumevanja problema in učenja v načrtovalskem timu.

Za razvoj tovrstnih sistemov internega testiranja, potrebujemo orodje za hitro in preprosto prototipiranje.

Eno od takih orodij je okolje NodeRed, ki smo ga uporabili za razvoj prototipa.



Slika 1: Spreminjanje prikaza porabe tekom simulacije.

3.1 Okolje NodeRed

Za razvojno okolje prototipa našega sistema smo uporabili okolje NodeRed, ki je primerno za načrtovanje sistemov Interneta stvari. Orodje omogoča preprosto povezljivost velikega števila interaktivnih gradnikov in implementacijo procesne logike. Na sliki 3 je prikazana naša končna implementacija v okolju NodeRed.

3.2 Energetska ura in nadzorna plošča

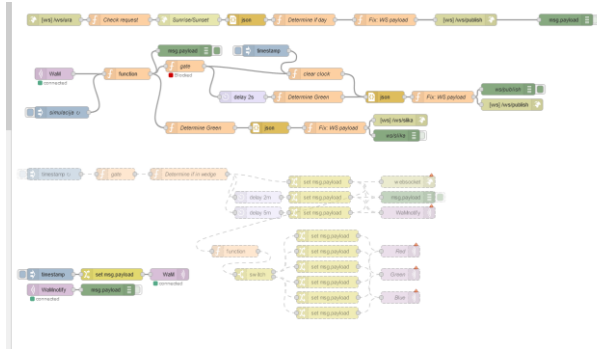
Energetsko uro in nadzorno ploščo smo združili na en ambientni prikazovalnik, kar je prikazano na sliki 4. Ura podatke o napovedi razpoložljivosti zelene energije pridobi iz NodeRed. Prikaz ure je sprogramiran v JavaScript z uporabo knjižnice P5.js [7], vse skupaj pa se posreduje do končne naprave preko strežnika, ki teče na Node.js.

Nadzorna plošča je narejena z JavaScript, HTML in CSS. Prikaz nadzorne plošče se ni veliko spreminjal, saj je bil vključen v zadnjem delu razvoja, več sprememb pa je bila deležna ura. Ta je bila del prvotnega prototipa. Prilagajali smo njeno velikost, uporabljen font in prikaz zelene zagozde. Prav tako smo jo tik pred zadnjim prototipom spremenili iz 24-urne številčnice na klasično 12-urno številčnico zaradi boljše preglednosti.

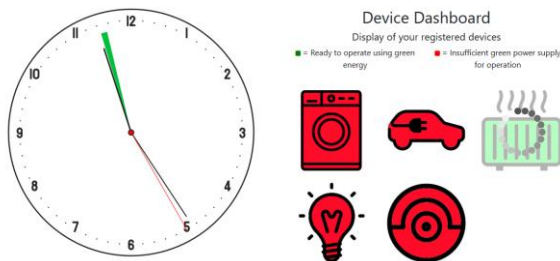
3.3 Prikaz porabe

S pomočjo projektorja smo na steno prikazali informacijo, ki prikazuje koliko zelene energije je na voljo in katera naprava jo trenutno porablja (slika 4).

Stenski prikaz je ravno tako narejen s pomočjo spletnih tehnologij. Za dinamično zlaganje pravokotnikov glede na njihov odstotek porabe električne energije je bila uporabljena knjižnica D3.js [8]. To je JavaScript knjižnica za napredne vizualizacije podatkov. Za zlaganje pravokotnikov v celoto smo uporabili funkcijo *treemap* [8].



Slika 2: Končni izgled poteka našega sistema v NodeRed.



Slika 3: Prikaz ure z zeleno zagotovo in stanja naprav na nadzorni plošči pred porastom količine zelene energije.

3.4 Aplikacija na mobilnem pametnem telefonu

Pred uporabnika, smo na mizo postavili mobilni telefon z aplikacijo, kjer lahko s pomočjo gumbov zažene posamezno napravo (slika 5). Uporabili smo aplikacijo MQTT Dash [10], ki je omogočala preprosto dodajanje gumbov za pošiljanje podatkov v NodeRed. Na začetku smo uporabili dva gumba, ki sta pošiljala številko '1', vendar je bilo to pomanjkljivo. Skupaj z nadgradnjo NodeRed, ki je zdaj hranil stanje za posamezno napravo, se je spremenilo sporočanje gumbov. Pošiljati so začeli zaporedna števila, da je NodeRed lahko ločil med kliki. Da bi gumbi lahko odražali trenutno stanje naprave, torej ali je vklopljena ali izklopljena, se je pošiljanje sporočil še dodatno dopolnilo. Končno stanje gumbov je sledeče: v NodeRed pošiljajo svojo zaporedno številko, kateri je dodan +, če je naprava vklopljena, ali -, če je izklopljena. Ikone na gumbih so za izklopljene naprave bele in zelene za vklopljene.

4 Izvedba testiranja

V prostor, kjer smo izvajali testiranje, smo postavili vse prikazovalnike, nastavili poljubno oddajo na televizijo in postavili naslonjalo pred televizijo, kamor se je usedel testiranec. Prototip sistema smo interno testirali z 9 študenti in raziskovalci laboratorija LUCAMI.

4.1 Postavitev prototipa

Končna postavitev ambienta za testiranje je prikazana na sliki 6. Testiranec sedi na naslonjalu pred televizijo, na levi je prikazovalnik z uro in ikonami naprav (slika 4), na desni projekcija slike (slika 2), pred njim pa postavljen mobilni telefon (slika 5).



Slika 4: Mobilna aplikacija MQTT Dash z gumbi za vklop robotskega sesalca, pralnega stroja, luči in polnjenje električnega avta.



Slika 5: Testiranje prototipa postavljenega v prostor.

4.2 Scenarij in potek testiranja

Pred samim testiranjem smo opredelili okvirni scenarij po katerem se naj bi testiranec ravnal. Pripravili smo kratka navodila, ki smo jih predvajali testirancu, ko se je usedel na naslonjalo, nato pa zagnali simulacijo. Pripravili smo kratko 10-minutno simulacijo prikaza proizvodnje in porabe zelene energije.

Ob začetku simulacije so se v NodeRed začeli pošiljati vnaprej pripravljene podatki. Ura je pričela prikazovati zeleno območje, ki se je začelo dve minuti po začetku simulacije in je trajalo pet minut. V tem času je predvideno, da bo na razpolago več zelene energije. Na začetku so bile ikone na prikazu obarvane rdeče, na stenski sliki pa poleg zelenega polja ni bilo belega polja. Po dveh minutah se situacija spremeni. Urin kazalec pride v zeleno obdobje in na steni se pojavi velik bel prostor, ki predstavlja neporabljeno zeleno energijo. Tega uporabnik lahko zapolni z vklopom naprav. To spreminjanje prikaza je prikazano na sliki 2.

Eden izmed ciljev testiranja je bilo ugotoviti, če uporabnik opazi spremembo in se nanjo odzove z ustrezno izbiro, ki jo ponuja aplikacija. S tem je vklopil oziroma izklopil napravo. Po petminutnem intervalu, ko

je na voljo zelena energija se situacija ponovno spremeni. Simulirani podatki nakazujejo majhen delež zelene energije in pričakovano je bilo, da bodo testiranci to opazili ter se na spremembo odzvali.

Simulirani podatki so enaki za vse testirance. Da bi zagotovili, da pozornost uporabnika ni vse čas na sistemu in je tako simulacija čim bolj realistična, je uporabnik med testiranjem gledal popularno televizijsko serijo.

4.2.1 Vprašalnik

Po koncu testiranja smo vsakega udeleženca prosili, da izpolni kratek vprašalnik desetih vprašanj. Izvedeti smo želeli predvsem ali smo dosegli namen umirjene tehnologije, zato smo postavili vprašanja, kot so kateri od prikazovalnikov je pritegnil največ pozornosti in koliko je bil moteč. S pomočjo odgovorov smo ugotovili, da smo namen nevpadljive tehnologije dosegli, saj so vsi anketiranci potrdili, da prikazovalniki niso bili moteči.

Naslednja vprašanja so se vezala na vsak posamezen prikazovalnik. Ugotovili smo, da je bila spremembna dovolj opazna, saj je šest od sedmih anketirancev opazilo spremembo. Dosegli smo cilj sporočanja informacij z ambientno tehnologijo, saj so anketiranci potrdili, da sta več pozornosti pritegnila prikaz z uro in umetniški prikaz, kot pa mobilni telefon. To pomeni, da so mobilni telefon res uporabljali le kot vmesnik in se nanj niso zanašali.

Večina anketirancev se je strinjala, da so informacije prikazane v ambientu bolje predstavljene, kot če bi jih spremljal na zaslonu mobilnega telefona. Eden izmed anketirancev je izpostavil, da bi se mu zdele spremembe še bolj opazne ob spremljavi zvočnih signalov iz telefona.

Ob koncu vprašalnika smo postavili tudi vprašanje o zeleni energiji in spreminjanju navad. Šest od sedmih anketirancev je menilo, da bi takšen sistem pripomogel k boljši informiranosti in spreminjanju navad uporabnikov in odgovorilo, da bi tak sistem uporabljali tudi sami.

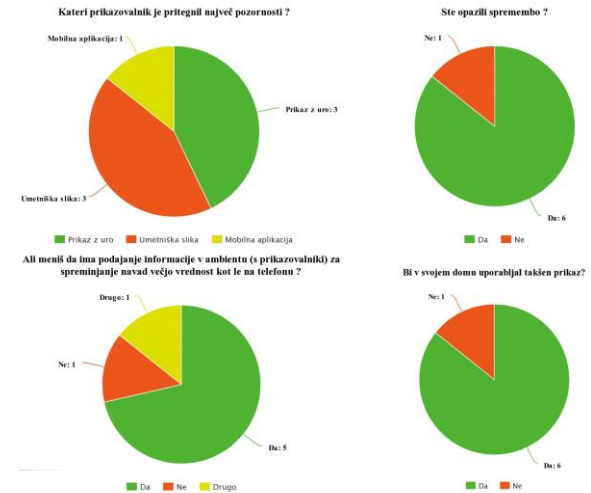
5 Zaključek

V okviru projekta pri predmetu Ambientna inteligenca smo razvili prototipno rešitev, ki uporabnikom na prijazen in nemoteč način podaja informacijo o zeleni energiji v domačem okolju. Tovrsten prototip ima nalogo, da se uporabniki bolje zavedajo varčne rabe energije in s pomočjo ambientnih vmesnikov dobijo potrebne informacije za varčno in zeleno rabo energije.

S testiranjem smo ugotovili, da smo uspešno prototipirali umestitev prikazovalnikov v prostor, saj so testiranci skozi anketo potrdili, da je tak sistem za uporabo nemoteč.

Razvoj in testiranje internih prototipov služi za razumevanje problema, praktično izvedbo konceptov in rešitev, ki jih zasledimo na spletu in v literaturi in služi kot učni proces za skupino načrtovalcev sistema.

Interno testiranje je služilo za testiranje idej. Cilj prototipiranja v učnem procesu je razvoj in testiranje rešitev z aktivno udeležbo vseh, ki sodelujejo in z idejami dopolnjujejo rešitev in razumevanje problema.



Slika 6: Rezultati internega uporabniškega testiranja.

Literatura

- [1] Evropski zeleni dogovor, Evropska komisija, 2022. Dostopno na: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_sl
- [2] Ghajargar, M., Wiberg, M. and Stolterman, E., 2018. Designing IoT systems that support reflective thinking: A relational approach. *International Journal of Design*, 12(1), pp.21-35.
- [3] Designing Calm Technology - Computer Repair Blog. 2022. Dostopno na: <https://www.karlstechnology.com/blog/designing-calm-technology/>
- [4] Froehlich, J., Findlater, L. and Landay, J., 2010, April. The design of eco-feedback technology. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1999-2008).
- [5] Rasmussen, M.K., Rasmussen, M.K., Verdezoto, N., Brewer, R., Nielsen, L.L. and Bouvin, N.O., 2017, November. Exploring the flexibility of everyday practices for shifting energy consumption through clockcast. In *Proceedings of the 29th Australian Conference on Computer-Human Interaction* (pp. 296-306).
- [6] Shen, X., Moere, A.V., Eades, P. and Hong, S.H., 2009. Issues for the Evaluation of Ambient Displays. *International Journal of Ambient Computing and Intelligence (IJACI)*, 1(2), pp.59-69.
- [7] p5.js, 2022. Dostopno na: <https://p5js.org/>
- [8] D3.js - Data-Driven Documents, 2022. Dostopno na: <https://d3js.org/>
- [9] Basic treemap in d3.js, 2022. Dostopno na: https://d3-graph-gallery.com/graph/treemap_basic.html/
- [10] MQTT Dash (IoT, Smart Home), 2022. Dostopno na: <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.routix.mqttdash>