

Načrtovanje interaktivnega pametnega smetnjaka

Gregor Burger, Marko Uhan, Jože Guna

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška 25, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: gregor.burger@fe.uni-lj.si

Design of an interactive smart trashcan

Abstract. We present the design process of building an interactive smart trashcan. First, we provide the overview of the smart trashcan field for several domains. We made an overview of professional solutions for city operators as well as garbage collecting facilities. Then we examined home based solutions for personal use, which provide convenience for the people. Technological novelty and excellence has limited reach if people are not using the product or system. Therefore, we studied the user interactions and principles, like gamification, for increased adoption of using the smart trashcan systems and averseness of the environmental and waste recycling topics. Although smart trashcan systems provide value for the people, they can pose a risk for their privacy or present inconvenience for them. At the end, we present our own prototype solution of smart trashcan. In our design, we tried to incorporate the best practices identified in field overview from the technological side and the user interactions with the trashcan. The prototype solution should be easy to use, has good interaction with people and motivates people to increase care for the environment.

1 Uvod

Dandanes živimo v hitro spreminjajočem se svetu, ko spremembe postajajo edina stalnica našega vsakdana. Nezadržno se spreminja tudi naše urbano okolje, saj vedno večji delež prebivalstva živi v mestih, trendi razvoja mest pa nakazujejo višanje koncentracije prebivalstva v mestih. Spreminjajo se tudi sama mesta, pogosto govorimo o tajnostnem razvoju mest in pametnih mestih [1][2]. Ob tem se pojavljajo vedno večji okoljevarstveni izzivi in skrb za okolje. Še posebej problematično postaja vprašanje ravnanja z odpadki in njihovim deponiranjem [3]. Pogosto se za znižanje stroškov, boljšega upravljanja z viri in časom uporablja naraščajoča količina tehnologije, kjer prevladujejo komunikacijsko povezane pametne naprave in rešitve interneta stvari (angl. Internet of Things, IoT) [4]. Zapostaviti pa ne smemo še vidika motiviranja ljudi k vestnemu ravnanju z odpadki in ohranjanjem čistega okolja, saj še tako dobro zasnovan sistem ne deluje, če ga nihče ne uporablja.

Prihajajočim spremembam in trendom se ne moremo izogniti, se pa nanje lahko pripravimo. Ena izmed aktivnosti iskanja rešitev za upravljanje z odpadki v gospodinjstvih je ARRS projekt Nevidno življenje odpadkov: Razvoj etnografsko utemeljene rešitve za

upravljanje z odpadki v gospodinjstvih [5]. Cilj projekta je razvoj tehnološke rešitve, s katero bo ljudem omogočeno spremljanje in vizualizacija podatkov o nastanku odpadkov v gospodinjstvih in vzpodbuda za zmanjšanje njihove količine. Pri razvoju rešitve bodo uporabljeni pristopi k ljudem usmerjenega načrtovanja. Projektna raziskava bo potekala v šestih mestih: Ljubljana (Slovenija), Gradec (Avstrija), Trst (Italija), Zagreb (Hrvaška), Oslo (Norveška) in Dubaj (ZAE). Projekt Nevidno življenje odpadkov je multidisciplinaren projekt v katerem sodelujejo humanisti, predvsem antropologi, in naravoslovci, natančneje elektrotehniki.

V sledečih poglavjih predstavljamo pregled obstoječih rešitev pametnih smetnjakov z vidika tehnologije, kot tudi etnološko-socioloških vidikov, sledi predstavitev razvoja prototipne rešitve pametnega smetnjaka in diskusija rezultatov ter zaključek.

2 Pregled rešitev

2.1 Profesionalni sistemi

Profesionalni sistem so sistemi namenjeni upravljalcem mest in njihovim izvajalcem odvoza odpadkov in predelave. Običajno sistemi obsegajo namenske smetnjake opremljene s senzorji za sporočanje napolnjenosti, podporne mobilne aplikacije za obveščanje, nadzorne plošče za analitiko in podrobne infrastrukture za sam odvoz smeti.

2.1.1 Sensoneo

Sensoneo [6] je evropski proizvajalec rešitve pametnega upravljanja s smetmi. Sistem omogoča monitoring, upravljanje in konfiguracijo upravljanja z odpadki. Z napredno analitiko podatkov sistem načrtuje optimalne poti odvoza odpadkov, pravočasno praznjenje košev in smetnjakov ter optimalno lokacijo smetnjakov v mestu za večjo učinkovitost odvoza smeti. Naštete funkcionalnosti so del napredne nadzorne plošče, namenjene izvajalcem storitev. Proizvajalec uporablja dva samostojno razvita senzorja, ki sta prilagojena različnim prostorninam smetnjakov. Merjenje polnosti smetnjakov se izvaja z ultrazvočnimi snopi, v najbolj komunikacijski podprti izvedbi senzorja so upravljalcem storitev na voljo brezžične komunikacije tehnologije Sigfox, LoRaWAN, GSM in NB-IoT. Sistem vključuje tudi mobilno aplikacijo, ki uporabnike obvešča o najbližjih praznih smetnjakih, predlaga izbiro primerne smetnjaka glede na vrsto odpadkov, uporabniki pa v sistem sporočajo prekomerno polne smetnjake ali okvare in poškodbe smetnjakov.

2.2 Sistemi za osebno uporabo

Sistemi za osebno rabo so namenjeni predvsem uporabi v zaprtih bivalnih prostorih, izpraznitve košev pa je še vedno prepuščena samemu uporabniku.

2.2.1 Xiaomi Townew T1

Podjetje Xiaomi je na svoji platformi za zbiranje sredstev Youpin predstavilo pameten smetnjak Townew T1 [7]. Smetnjak je visok 40 cm in ima prostornino 15.5 l. Na sprednji strani smetnjaka se nahajata gumb in detektor za zaznavanje bližine uporabnika. Ob zaznavanju uporabnika, na razdalji do 35 cm, se koš samodejno odpre in uporabnik nemoteno odloži odpadke v smetnjak. Smetnjak se prav tako odpre s kratkim pritiskom na gumb, ob 3 sekundnem pritisku pa smetnjak samodejno zatesni polno vrečo z odpadki in namesti novo vrečo za odpadke. Posebnost smetnjaka je še dobro tesnjenje pokrova, kar preprečuje širjenje neprijetnih vonjev po prostoru. Slabost smetnjaka je nakup posebnih vrečk, ki jih smetnjak potrebuje za svoje delovanje, prav tako pa je cena smetnjaka razmeroma visoka, tudi do \$100.

2.2.2 Garbi Can

Garbi Can [8] je smetnjak z vgrajeno enoto za računalniški vid. Smetnjak je mogoče kupiti v različnih velikostih in izvedbah števila košev ali pa kot samostojno enoto, ki se namesti na že obstoječi smetnjak. Cena smetnjaka je \$199. Smetnjak je preko omrežja b/g/n Wi-Fi povezan s spletom. Uporabnik pred enoto zadrži odpadke za približno 3 sekunde, kamera vgrajena v napravo s pomočjo algoritmov računalniškega vida (angl. Computer vision) prepozna izdelek in ga uvrsti na nakupovalni seznam v mobilni aplikaciji. Sistem ne deluje na prepoznavi bar kode izdelka. Prepoznavna izdelkov ter tudi sadja in zelenjave, po trditvah proizvajalca, deluje zanesljivo v 90% primerov, v primeru neprepoznanega izdelka pa sistem prosi uporabnika za dodatna pojasnila. Nakupovalni seznam v mobilni aplikaciji je prilagodljiv, uporabnik doda in odvzame izdelke s seznama nato pa se sam odpravi v trgovino ali pa izdelke naroči preko spletne trgovine z dostavo na dom.

2.3 Blokovne verige in smeti

Tudi tehnologije blokovnih verig se niso izognile področju pametnih smeti. Podjetje Emrals je razvilo pametni smetnjak imenovan eCan [9] na osnovi tehnologije blokovnih verig in žetonov Emrals. Uporabnik prejme omejeno število žetonov za odložene smeti, ki jih smetnjak eCan razvrsti po njihovem tipu za nadaljnje sortiranje in bolj učinkovito odlaganje odpadkov. Prejete žetone uporabnik pretvori v denar ali pa jih nameniti kot donacijo za čisto okolje. Smetnjak sprejema tudi samostojne donacije za čisto okolje.

2.4 Poigritev

Niso pa pomembne samo tehnološke rešitve, velik pomen imajo tudi sociološko-antropološki dejavniki in

principi ter sistemi, ki uporabnika pritegnejo k bolj vestnemu ravnanju z odpadki, recikliranju in skrbi za okolje. Pogosto uporabljen princip je poigritev (angl. Gamification), principi, na podlagi katerih delujejo igre.

2.4.1 Trash Rage

Trash Rage [10] je igra navidezne resničnosti (angl. Virtual reality) namenjena izobraževanju in osveščanju o vprašanih čistega okolja. Igralec je postavljen v leto 2049, ko smo bili ljudje primorani zapustiti z odpadki zapolnjen planet Zemljo, katero varujejo sovražni roboti. Umetna inteligenca (angl. Artificial Intelligence, AI) pa se je odločila, da si ljudje ne zaslužijo bivati na Zemlji in je pričela proces eliminacije ljudi. Ljudje so se bili primorani umakniti na planet Mars in sedaj skušajo popraviti nastalo škodo. Igra izobražuje igralca o postopkih recikliranja in prikazuje kako plastični odpadki uničujejo naše oceane, gore in gozdove. Igralec, ob spremstvu dve robotov, skuša pravilno reciklirati največjo možno količino odpadkov.

2.4.2 Trash robot

Trash robot [11] je bila leta 2018 kampanja na platformi za množično financiranje Kickstarter, zasnovana z namenom združitve tehnologije in principov poigritve za očiščenje reke Chicago. Na reki so namestili posebnega robota z video kamero, katerega ljudje upravljajo preko spletnega brskalnika in skušajo odstraniti največjo možno količino smeti iz vode. Za odstranjene smeti so nagrajeni s točkami kot v igrah.

2.4.3 Tetrabin

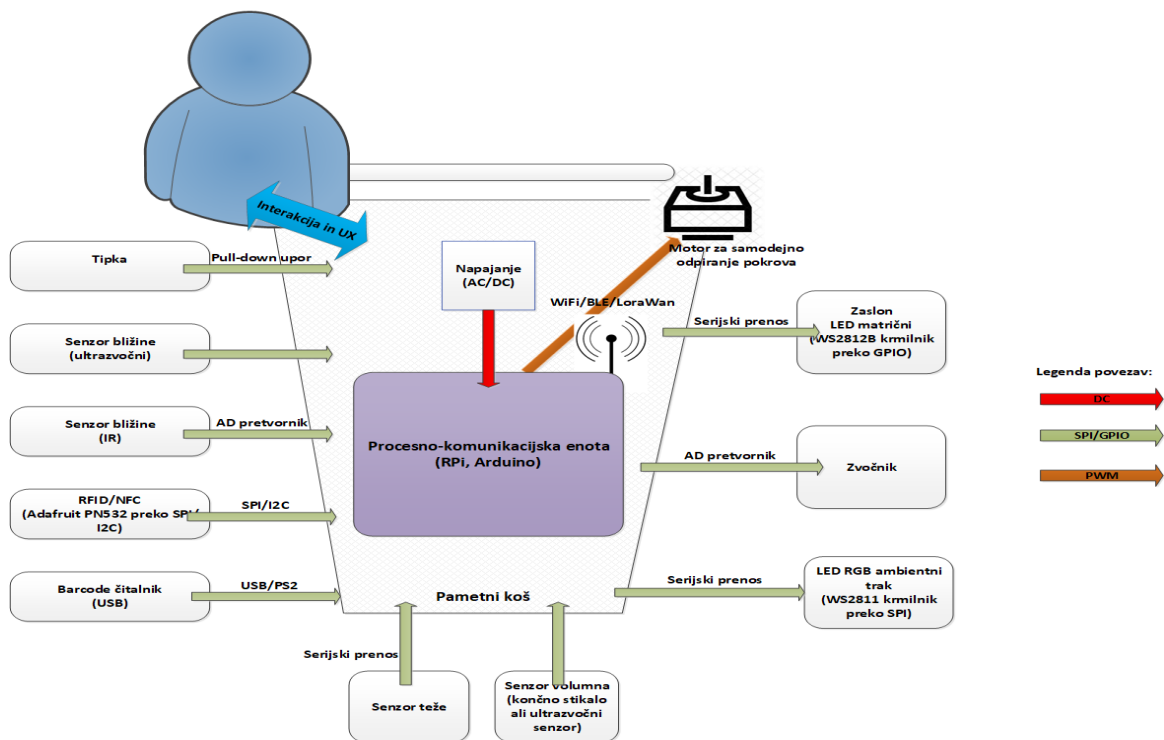
Tetrabin [12] je raziskovalni projekt z namenom spodbujanja pozitivnih vedenjskih sprememb v mestih. Projekt uporablja principe poigritve za pretvorbo vsakdanjih opravil, kot je odlaganje smeti v smetnjak, v zanimiv dogodek. Smetnjake so zato opremili z led zasloni, vizualni izgled pa spominja na grafično podobo starih 8 bitnih igraric. Vsaka na novo odvržena smet povzroči spremembo na zaslonu; s smetmi se lahko igra igrice tetris, zaslon zasveti v živih barvah, hrani živali ali pa celo pridobi kodo za simbolično nagrado na spletni strani sistema Tetrabin.

2.5 Slabosti sistemov pametnih smeti

Vsi sistemi, proizvodi in storitve pa nimajo vedno samo pozitivnega predznaka. Občasno, velikokrat tudi nenamerno, izpadejo negativno, moteče oz. preveč posegajo v zasebnost ljudi.

2.5.1 Pametne žarnice

Pametne žarnice [13] so koristen in priročen izdelek, ki ljudem velikokrat izboljšajo kakovost bivanja. A pametne žarnice so povezane s svetovnim spletom, hranijo podatke za dostope do domačih WiFi omrežij, podatke shranjujejo v spletne oblačne storitve in podobno. Ob koncu njihove življenjske dobe jih ljudje preprosto zavržejo, a v veliko primerov podatki o dostopih do omrežij WiFi, oblačnih storitev za shrambo podatkov in podobno ostanejo shranjeni v samih



Slika 1: Shema prototipne rešitve pametnega smetnjaka

napravah. Nepridipravi sicer potrebujejo fizičen dostop do zavržene pametne žarnice, a pridobitev podatkov je pogosto razmeroma preprosto opravilo, saj podatki niso zaščiteni z varnostnim kodiranjem in kodirnim ključem. S tem pa je ogrožena informacijska varnost uporabnika.

2.5.2 Kitajska aplikacija za smeti

Kitajsko mesto Shanghai je pričelo obvezen sistem sortiranja smeti [14]. Gospodinjstva v mestu morajo smeti razvrščati v štiri kategorije, smeti pa odlagati na določenih zbirnih mestih ob predpisanem urniku. Nespoštovanje pravil posledično omogoča znižanje osebnega kreditnega rezultata. Vrečke s smetmi oz. odpadki imajo unikatno QR kodo preko katere je mogoče prepoznati slehernega uporabnika oz. organizacijo. A sistem ni idealen in ima svoje pomanjkljivosti. Nejasno so izbrana poimenovanja skupin odpadkov za sortiranje, zato imajo prebivalci velike probleme s pravilnim razvrščanjem odpadkov. Rešitev ponujajo kitajske aplikacije za komunikacijo, tipa WeChat, ki vsebujejo nove funkcionalnosti za pomoč pri razvrščanju odpadkov. Uporabnik v aplikacijo vnese vrsto odpadka, ta pa mu pove kategorijo v katero odpadek sodi. Razvijajo pa tudi sistem, ko je za prepoznavo odpadkov dovolj že njihova slika. Preko aplikacij pa je mogoče naročiti tudi posebno storitev odvoza smeti.

3 Prototipna rešitev

Na podlagi pregleda obstoječih rešitev, pobud in idej smo zasnovali svojo rešitev pametnega smetnjaka za notranjo uporabo. Pri zasnovi prototipne rešitve, še posebej dela v interakciji med uporabnikom in smetnjakom, smo sledili principom k uporabniku usmerjenega načrtovanja. Naša zahteva je bila, dobra in prijetna uporabniška izkušnja pri rokovanju uporabnika s smetnjakom.

3.1 Tehnološka zasnova prototipne rešitve

Osnova pametnega smetnjaka je procesno-komunikacijska enota Raspberry Pi oz. Arduino na katero se povezujejo senzori, elementi avtomatike, modul za komunikacijo ter avdio in video vizualni elementi. Uporabljeni senzori so sledeči: ultrazvočni senzor in infrardeči senzor za zaznavanje bližine uporabnika, Adafruit PN532 RFID/NFC modul namenjen identifikaciji uporabnika, na komunikacijo enoto je povezan z vodil SPI/I2C, čitalnik bar kod z USB povezavo za branje bar kod izdelkov in senzor teže ter končno stikalo za merjenje prostornine in teže odloženih odpadkov, samodejno odpiranje smetnjaka je realizirano s koračnim motorjem, avdio-vizualni elementi so LED matrični zaslon WS2812B, krmiljen preko GPIO vhodno-izhodnega signala, zvočnik, LED RGB ambientni trak WS2811 krmiljen preko SPI serijskega vmesnika in tipka za upravljanje in potrjevanje interakcij s smetnjakom, rešitev vsebuje še ustrezno napajanje. Zasnova celotnega sistema je prikazana na sliki 1.

3.2 Interakcija uporabnika s pametnim smetnjakom

Uporabnik se približa pametnemu smetnjaku, ker želi odložiti nek odpadek. Senzor bližine zazna prisotnost uporabnika, aktivira smetnjak v primeru mirovanja sistema, in pozdravi uporabnika z začetno animacijo in zvokom. Nato odpre pokrov smetnjaka in zaznava spremembo v teži in volumnu odloženih smeti. Po zaznavi odloženih smeti smetnjak zapre pokrov in uporabniku pokaže eno izmed pripravljenih animacij. Animacija je preprosta igra, ki jo uporabnik upravlja s pomočjo gumba na smetnjaku, zaslon se obarva zaporedju različnih barv ali pa nakaže svoje dobro razpoloženje in pohvali uporabnika za vestno odlaganje smeti.

4 Diskusija

Izpostavljene rešitve orisujejo reprezentativne primere sistemov, storitev in načinov interakcij področja pametnih smeti.

Sistemi za upravljalce z odpadki in mestne upravljalce prikazujejo zrelost obstoječih rešitev na trgu. Uporabljene tehnološke rešitve so v osnovi podobne. Na smetnjakih je nameščen en ali večje število senzorjev za beleženje polnosti smetnjaka, opcijsko za razpoznavanje uporabnikov tudi RFID značke, in komunikacijski moduli za prenos podatkov. V zaledju pa poslovna analitika in orodja za optimizacijo poti in časa odvoza odpadkov prinašajo prihranke in izboljšujejo kakovost življenja v mestih. Upravljalrske nadzorne plosče preprosto identificirajo najbolj obremenjene smetnjake in prilagodijo urnik odvoza odpadkov.

Izdelki za domačo uporabo uporabnikom oz. ljudem omogočajo neko ugodnost in lažji nadzor nad odpadki v gospodinjstvu. Najbolj pogosti funkcionalnosti sta obveščanje na polnost smetnjaka in prepoznavanje izdelkov odvrenih v smetnjak, ki jih sistem doda na uporabnikov nakupovalni spisek. Med obe skupini, za dom in upravljalce s smetmi, se uvrščajo še razni sistemi za sortiranje odpadkov, postavljeni na javnih lokacijah, ki pa jih lahko označimo kot nekakšen presek med predhodno opisanima sistemoma.

Ni pa pomembna samo tehnična plat pametnih smetnjakov. Zelo pomemben je odnos ljudi in motivacija za vestno odlaganje odpadkov v koše in skrb za čisto okolje. Pogosto se uporabijo principi poigritve, torej principi na podlagi katerih delujejo igre. Z njihovo uporabo se skuša odlaganje odpadkov narediti zanimivo in pozitivno izkušnjo za uporabnika.

Na podlagi principov poigritve in k uporabniku usmerjenega načrtovanja smo zasnovali svojo prototipno rešitev pametnega smetnjaka po vzoru obstoječih rešitev na trgu. Smetnjak bo zmozel zaznati prisotnost uporabnika in odlaganje odpadkov, za kar bo uporabnik nagrajen z interaktivnim odzivom smetnjaka. Z RFID značkami je mogoče uporabnike ločevati med seboj in njim osebno prilagoditi uporabniško izkušnjo ter odzive smetnjaka. Smetnjak bo tako prikazal uporabnikovemu profilu prilagojeno igro, interakcijo, uporabnik pa bo s svojo potrditvijo oz. odločitvijo določil nadaljnji potek igre. Vizualna elementa v obliki LED zaslona in LED traku bosta služila za izpis iz izris sporočil in grafik. Po potrebi pa bodo dodani še zvočni signali.

5 Zaključek

Predstavili smo stanje področja pametnih smeti oz. odpadkov in izpostavili različne spektre področja. Naj si bodo to profesionalni sistemi za upravljalce smeti na ravni mesta, dostopne rešitve za domačo uporabo, prototipne rešitve za tehnološke zanesenjake ter interakcije s smetnjaki, ki uporabnike spodbujajo in motivirajo k skrbnemu in preudarnemu ravnanju z

odpadki. Predstavili smo svojo prototipno rešitev, ki temelji na primerih dobrih praks in rešitev identificiranih v pregledu področja. Še posebej pa smo pozornost namenili interakciji med človekom in smetnjakom, ki predstavlja zanimivo in pozitivno izkušnjo.

Projekt Nevidno življenje odpadkov: Razvoj etnografsko utemeljene rešitve za upravljanje z odpadki v gospodinjstvih (L6-9364) je sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

Literatura

- [1] A. FOUNOUN and A. HAYAR, "Evaluation of the concept of the smart city through local regulation and the importance of local initiative," 2018 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), Kansas City, MO, USA, 2018, pp. 1-6. doi: 10.1109/ISC2.2018.8656933
- [2] Vito Albino, Umberto Berardi & Rosa Maria Dangelico (2015) Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives, Journal of Urban Technology, 22:1, 3-21, DOI: 10.1080/10630732.2014.942092
- [3] B. Chowdhury and M. U. Chowdhury, "RFID-based Real-time Smart Waste Management System," in Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference, 2007, December, pp. 175-180.
- [4] S. P. Muquit, D. Yadav, L. Bhaskar and W. F. Ahmed, "IoT based Smart Trash Bin for Waste Management System with Data Analytics," 2018 International Conference on Communication, Computing and Internet of Things (IC3IoT), Chennai, India, 2018, pp. 137-142. doi: 10.1109/IC3IoT.2018.8668113
- [5] Projekt Nevidno življenje odpadkov <https://zivljenjeodpadkov.si/vsebina/> (Prvi dostop: 10.5.2019)
- [6] Sensoneo <https://sensoneo.com/> (Prvi dostop: 4.4.2019)
- [7] Xiaomi Townew T1 <https://www.wovow.org/xiaomi-townew-t1-review-smart-trash-can/> (Prvi dostop: 4.4.2019)
- [8] Garbi Can <https://garbican.com/> (Prvi dostop: 4.4.2019)
- [9] Emrals eCan <https://www.emrals.com/ecan/> (Prvi dostop: 4.4.2019)
- [10] Igra Trash Rage <https://trashrage.com/en/home-page/> (Prvi dostop: 3.4.2019)
- [11] https://newatlas.com/chicago-river-trash-robot/53864/?utm_source=Gizmag+Subscribers&utm_campaign=84de3604e7-UA-2235360-4&utm_medium=email&utm_term=0_65b67362bd-84de3604e7-92835585 (Prvi dostop: 3.4.2019)
- [12] Terabin <http://tetrabin.com/> (Prvi dostop: 3.4.2019)
- [13] Terabin <https://techcrunch.com/2019/07/05/china-garbage-recycle/> (Prvi dostop: 10.7.2019)
- [14] IoT naprave <https://techcrunch.com/2019/01/30/cheap-internet-of-things-gadgets-betray-you-even-after-you-toss-them-in-the-trash/> (Prvi dostop: 3.4.2019)
- [15] User-Centered Design <https://www.usability.gov/what-and-why/user-centered-design.html>