

Snovanje interaktivnega pametnega zabojnika za smeti

Gregor Burger, Marko Uhan, Matevž Pogačnik in Jože Guna

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška cesta 25, 1000 Ljubljana, Slovenija
E-pošta: gregor.burger@fe.uni-lj.si

Povzetek. V delu predstavljamo področje pametnih smetnjakov in opisujemo interakcije ljudi s pametnimi smetnjaki ob njihovi uporabi. Upravljanje odpadkov je ena izmed osnovnih nalog pametnega mesta. Pametni smetnjake uvrščamo v različne domene glede na njihove tehnične in funkcionalne zahteve. Prva domena so pametni smetnjaki za izvajalce storitev odvoza odpadkov. Druga domena so pametni smetnjaki za domačo uporabo ali vsaj uporabo v zaprtih prostorih. Tudi tehnološko izpopolnjeni izdelki ne prinašajo dodane vrednosti ljudem, če jih nihče ne uporablja. Tretja domena so pametni smetnjaki, ki so nameščeni na javnih mestih, običajno v notranjosti objektov, s katerimi se želi ljudi spodbuditi k skrbi za okolje. Proučili smo metode in načine, namenjene spodbujanju uporabe pametnih smetnjakov in ozaveščanju o potrebni skrbi za okolje. Pogosto uporabljena metoda je poigritev, kjer se s prvinami igre poskuša motivirati ljudi k doseganju izbranega ali novih navad. Ob tem opozarjamo na problematiko uporabe t. i. pametnih naprav, kot je pametni smetnjak, saj lahko s njimi hote ali nehote posegamo v zasebnost ljudi ali pa se ljudje počutijo ogrožene ob uporabi novih tehnoloških rešitev. Za konec na podlagi zbranih spoznanj in dobrih praks predstavljamo svojo prototipno rešitev pametnega smetnjaka. Cilji razvoja pametnega smetnjaka so preprostost uporabe, dobra uporabniška izkušnja in spodbujanje ljudi k večji skrbi za okolje.

Ključne besede: pametno mesto, pametni smetnjak, internet stvari, poigritev, načrtovanje uporabniške izkušnje

Designing an interactive smart waste bin

We present results of our research on an interactive smart waste bin, as part of a smart city concept. Waste management and waste collection are one of the fundamental parts of a smart city. We divide three types of the smart waste bin to meet the needs of three separated domains. In the first type there is a waste bin for city operators as well as garbage collecting facilities that use professional solutions. In the second type, there is waste bin for personal use in people houses or apartments. In the third type, there is are waste bin to be used in public places, usually indoors, to motivate people to take better care of their environment. As even a most sophisticated solution does not provide any value if not being actually used. We examine the current principles and tools used to efficiently motivate people to use smart waste bins use in order to take a better care of our environment. One of the most often used principles is gamification, which is based on the rules of serious games to motivate people. We also considered the fact that devices can negatively affect people's privacy or may induce a feeling that people will be replaced by technology. The presented design if an interactive waste bin is believed to offer a good user experience with waste and to be convenient for everyday use.

Keywords: smart city, smart waste bin, internet of things, gamification, user experience design

1 UVOD

Naše okolje se nenehno spreminja in posledično se spreminja tudi naš način življenja. Opazen je trend koncentracije ljudi v urbanih središčih, kamor migrirajo

z ruralnih področij. Po strokovnih ocenah bo do leta 2050 v urbanih središčih živelo približno 70 % svetovne populacije [1]. Mesta prihodnosti bodo potrebovala trajnostne rešitve infrastrukture in storitev, da bodo lahko uspešno zagotavljala ustrezno kakovost življenja. Uporaba naprednih tehnologij interneta stvari (angl. Internet of Things, IoT) v povezavi s številnimi, predvsem brezžično povezanimi senzorji, ki bodo tvorili brezžična senzorska omrežja (angl. Wireless Sensor Networks, WSN), bo osnova za tako imenovana pametna mesta prihodnosti (angl. Smart Cities). Ena izmed definicij pametnega mesta je, da so njegove ključne komponente tehnologija, ljudje (ustvarjalnost, raznolikost in izobraževanje) ter institucije (upravljanje in politika). Med zadnjima komponentama mora obstajati povezava, da je takšno mesto lahko res pametno. Z vlaganji v človeški in družbeni kapital v povezavi z IKT-infrastrukturo ter storitvami spodbujajo trajnostno rast in izboljšujejo kakovost življenja v mestu [2]. Pametno mesto omogoča vpeljavo različnih novih storitev ali vpeljavo posodobljenih in bolj učinkovitih že obstoječih storitev [3]. Proces zbiranja odpadkov je npr. mogoče spremeniti v proces zbiranja odpadkov kot storitev (angl. Waste Collection as a Service, WCaaS) [4]. Z nadomestitvijo klasičnih smetnjakov v mestih s pametnimi smetnjaki, pri čemer pametni smetnjaki vsebujejo senzorje in komunikacijske enote za sporočanje polnosti, je mogoče preprečiti predolgo kopičenje odpadkov v smetnjakih oz. kopičenje

odpadkov ob smetnjakih, ko so ti že polni. Kar pomeni dodaten korak k čistejšemu okolju in nezaželenemu razširjanju potencialnih bolezni v pametnih mestih [5]. Pametni smetnjaki niso le profesionalne rešitve, ampak jih je mogoče z nekaj znanja, IoT-modulov in senzorjev ter mikroročunalnika narediti tudi v domači izdelavi [6].

Problematika upravljanja odpadkov postaja (v prihodnosti pa bo postala) vedno večji del naše skrbi za čisto okolje. Naša naloga je, da se nanjo v najboljši meri pripravimo. Ena izmed raziskovalnih aktivnosti na področju upravljanja odpadkov je projekt ARRS »Nevidno življenje odpadkov«: Razvoj etnografsko utemeljene rešitve za upravljanje z odpadki v gospodinjstvih [7]. Namen projekta je razviti tehnološko rešitev za spremljanje in vizualizacijo podatkov o nastanku odpadkov v gospodinjstvih in posledično zniževati njihove količine. Projekt Nevidno življenje odpadkov je multidisciplinaren projekt, v katerem sodelujejo humanisti, predvsem antropologi, in naravoslovci, natančneje elektrotehniki. Aktivnosti projekta se bodo izvajale v šestih mestih: Ljubljani (Slovenija), Gradcu (Avstrija), Trstu (Italija), Zagrebu (Hrvaška), Oslu (Norveška) in Dubaju (ZAE).

V drugem poglavju predstavljamo pregled obstoječih sistemov pametnih smetnjakov z vidika tehnologije kot tudi etnološko-socioloških vidikov. V tretjem poglavju predstavljamo zasnovano in razvoj lastne prototipne rešitve pametnega smetnjaka. V četrtem poglavju podajamo diskusijo rezultatov, v petem poglavju pa je zaključek.

2 PREGLED OBSTOJEČIH REŠITEV

V pregledu rešitev pametnih smetnjakov predstavljamo reprezentativne sisteme pametnih smetnjakov za določeno namensko uporabo oz. izpostavljamo uporabo sodobne in napredne tehnologije. Prvi so sistemi za profesionalno uporabo, drugi so sistemi za osebno oz. domačo ali hišno uporabo. Sledijo sistemi, ki za svoje delovanje uporabljajo blokovne verige in metode poigrivne. Na koncu izpostavljamo še slabosti sistemov pametnih smetnjakov.

2.1 Sistemi za profesionalno uporabo

Sistemi za profesionalno uporabo so tehnološko najbolj izpopolnjeni in namenjeni organiziranemu odvozu odpadkov ter upravljavcem odvoza odpadkov in njihove predelave. Omenjeni sistemi večinoma obsegajo s senzorji in komunikacijskimi enotami podprte smetnjake, podporne platforme za analitiko, spremljanje polnosti smetnjakov ter načrtovanje terminov za odvoz smeti. Pogosto sistemi vsebujejo še podporne mobilne aplikacije za obveščanje.

2.1.1 Sensoneo

Eden izmed vidnih evropskih proizvajalcev rešitev pametnega upravljanja odvoza smeti je podjetje Sensoneo [8]. Njihov sistem z namestitvijo ustreznih senzorjev omogoča spremljanje polnosti smetnjakov. Na podlagi prejetih podatkov z uporabo platforme za

analitiko podatkov omogoča optimizacijo odvoza smeti in upravljanja odpadkov. Proizvajalec ima v svoji ponudbi dva samostojno razvita senzorja, ki za ugotavljanje polnosti smetnjaka uporabljata ultrazvočni snop. Podatki se iz senzorja do analitične platforme prenesejo prek ene izmed podprtih brezžičnih komunikacijskih tehnologij *Sigfox*, *LoRaWAN*, *GSM* in *NB-IoT*. Del sistema je tudi mobilna aplikacija, namenjena prebivalcem mesta, ki z njeno pomočjo izvedo informacije o najbližjih praznih smetnjakih, smetnjakih, primernih za odlaganje določenega tipa odpadkov, ali prekomerno polnih smetnjakih, njihovih okvarah in poškodbah.

2.1.2 SmartTrash

Sistem SmartTrash [9] je avtomatiziran sistem za upravljanje odpadkov v mestu. Smetnjaki so namenjeni zbiranju večjih količin odpadkov, ki jih avtomatsko stisnejo, da zmanjšajo njihov volumen. Na smetnjakih so nameščene merilne enote za zaznavanje polnosti smetnjaka in enote za beleženje dostopa uporabe smetnjakov. Komunikacijska enota poskrbi za prenos podatkov do nadzorne plošče sistema prek ene izmed mobilnih komunikacijskih tehnologij *LTE*, *GSM*, *CDMA* ali *HSPA*. Analitika sistema zagotavlja varčen in optimiziran sistem s pravočasnim in logistično učinkovitim odvozom smetnjakov, posledično pa zmanjšuje število nepotrebnih odvozov smeti, s čimer znižuje strošek odvoza odpadkov. Uporabnik administrator sistem upravlja in nadzoruje prek nadzorne plošče s prikazanimi združenimi podatki smetnjakov, okrnjen set podatkov pa je prikazan v mobilni aplikaciji.

2.2 Sistemi za osebno uporabo

V pomoč ljudem pri domačem upravljanju odpadkov so na voljo tudi rešitve za osebno uporabo. Sistemi so primarno nameščeni v domovih ljudi in na različne načine poskušajo olajšati upravljanje odpadkov v gospodinjstvih.

2.2.1 Xiaomi Townew T1

Podjetje Xiaomi je smetnjak Townew T1 [10] predstavilo na platformi za zbiranje sredstev Youpin. Smetnjak prostornine 15,5 l ima višino 40 cm, na sprednji strani smetnjaka pa je gumb za upravljanje in detektor za zaznavanje bližine uporabnika. Ko se uporabnik smetnjaku približa na manj kot 35 cm, ta zazna njegovo prisotnost in samodejno odpre pokrov smetnjaka. Funkcionalnost vgrajenega gumba je dvojna. Krajši pritisk na gumb odpre pokrov smetnjaka, z daljšim pritiskom (tri sekunde) pa smetnjak samodejno zatesni polno vrečko z odpadki in namesti novo vrečko za odpadke. Smetnjak je prirejen uporabi v gospodinjstvih, saj njegov pokrov omogoča dobro tesnjenje in preprečuje neželjeno širjenje neprijetnih vonjav. Njegovi največji slabosti sta cena v vrednosti skoraj 100 \$ in zahteva po uporabi namenskih vrečk.

2.2.2 *Garbi Can*

Smetnjak *Garbi Can* [11] uporablja enoto za računalniški vid za prepoznavanje odpadkov. Proizvajalec na trgu ponuja različne tipe smetnjaka, med seboj se razlikujejo predvsem po prostornini, mogoče pa je dokupiti tudi samostojno enoto za računalniški vid, ki se jo namesti na koš. Enota za strojni vid ne prepozna črtnih kod odvrženih izdelkov, ampak mora uporabnik odvržene izdelke za tri sekunde pridržati pred enoto, vgrajeni algoritmi strojnega vida pa izdelke prepoznajo in jih uvrstijo na nakupovalni seznam podporne mobilne aplikacije. Za optimalno delovanje mora biti koš prek brezžičnega omrežja povezan s spletom. Proizvajalec poroča o 90 % uspešnosti prepoznave odpadkov, v preostalih primerih so potrebna dodatna pojasnila uporabnika. Nakupovalni seznam v aplikaciji je prilagodljiv, uporabnik ima možnost upravljanja izdelkov na seznamu, nato pa izdelke naroči na spletu ali se samostojno odpravi po nakupih. Okvirna cena smetnjaka z enoto se giblje okrog 199 \$.

2.2.3 *Genican*

Genican [12] je posebna naprava za branje črtne kode izdelkov in slikovno prepoznavo objektov ter glasovno upravljanje. Napravo, njena vrednost se giblje okrog 150 \$, uporabnik namesti na rob koša oz. smetnjaka v stanovanju in vzpostavi podatkovno povezavo prek brezžičnega omrežja. Pred odložitvijo odpadkov v koš uporabnik obrne črtno kodo na embalaži izdelka proti napravi *Genican*, ta pa z glasnim piskom sporoči prepoznano črtno kodo in izdelek doda na nakupovalni seznam. V primeru neprepoznanega izdelka oz. objekta naprava zaprosi uporabnika za pomoč pri identifikaciji. Uporabnik glasovno navede izdelek, ki ga *Genican* potem doda na nakupovalni spisek. Proizvajalec zagotavlja, da je naprava sposobna prepoznati tudi sadje in zelenjavo, vključuje pa še povezavo s storitvijo *Amazon Dash* [13]. *Amazonova* storitev omogoča avtomatizirano naročanje izbranih izdelkov in dostavo na dom uporabnika, takoj ko sistem zazna, da je uporabniku določenega izdelka zmanjkalo.

2.3 *Rešitve za lastno izdelavo*

Na trgu je veliko tehničnih rešitev, ki z uporabo priljubljenih mikroročalnikov tipa *Arduino* ali *Raspberry Pi* ter različnih mehanskih delov, elektromotorjev in komunikacijskih modulov omogočajo izdelavo svojih nizkocenovnih rešitev pametnega smetnjaka.

2.3.1 *Pametni smetnjak z ultrazvočnim senzorjem*

Ena od rešitev omogoča predelavo preprostega gospodinjanskega smetnjaka v smetnjak s samodejno funkcijo sporočanja stanja polnosti [14]. Osnova sistema so mikroročalnik *Arduino 101*, modul *Grover Base Shield V2* za povezovanje senzorjev z mikroročalnikom *Arduino 101*, ultrazvočni senzor za merjenje globine, napajanje in elementi za povezovanje

elektronskih komponent ter ne nazadnje še zaščitno ohišje sistema. Uporabniku so na voljo podrobna navodila za izdelavo s priloženimi spletnimi povezavami na uporabljene programske knjižnice in programsko kodo. Vestno sledenje navodilom omogoča izdelavo tehnične in programske rešitve, ki prek komunikacije *Bluetooth BLE* s pametnim telefonom operacijskega sistema *Android* v mobilni aplikaciji sporoča uporabniku polnost smetnjaka s preprostim tribarvnim semaforjem. Zeleni indikator označuje do 50 % napoljenosti smetnjaka, oranžni indikator 50 % ali več napoljenosti, rdeči indikator pa sporoča, da je potrebno praznjenje smetnjaka.

2.3.2 *LoRaWAN*

Drugi sistem pametnega smetnjaka je v svoji zasnovi zelo podoben predhodno opisanemu sistemu z uporabo ultrazvočnega senzorja. *LoRaWAN* temelji na komunikacijskem modulu in komunikacijskem protokolu *LoRaWAN* [15]. Komunikacija omogoča brezžično komunikacijo na večje razdalje z zelo nizko porabo energije ob ustrezno počasnem prenosu podatkov. *LoRaWAN* se nakazuje kot eden izmed vodilnih protokolov za komunikacijo v svetu rešitev *IoT*, predvsem industrijskih rešitev. Sistem je sestavljen iz komunikacijskega prehoda (angl. gateway) in senzorske platforme, ki je nameščena na smetnjaku. Osnova komunikacijskega prehoda je mikroročalnik *Raspberry Pi*, senzorske platforme za mikroročalnik *Arduino UNO*. Za merjenje polnosti smetnjaka je ponovno uporabljen ultrazvočni senzor. Prikazovanje polnosti smetnjaka je izvedeno v aplikaciji *Android* z grafičnim indikatorjem smetnjaka in njegove polnosti. Izdelovalcu sistema so na voljo seznam komponent, navodila, programske knjižnice in programska koda.

2.4 *Blokovne verige in smeti*

Trend širitve tehnologij blokovnih verig v različne domene pričakovano ni zaobšel področja zbiranja odpadkov in pametnih smetnjakov. Rešitev *eCan* [16] je pametni smetnjak podjetja *Emrals*, ki deluje na osnovi tehnologije blokovnih verig in kriptokovancev *Emrals*. Smetnjak učinkovito razvršča smeti, ki jih odda uporabnik, za kar prejme določeno število kriptokovancev *Emrals*. Kovance je mogoče zamenjati za denar ali jih nameniti kot donacijo za aktivnosti čistejšega okolja. Omogočene so tudi splošne donacije za čisto okolje.

2.5 *Uporaba metode poigritve*

Pogosto za redno in pravilno uporabo smetnjakov in sistemov za odlaganje smeti niso odločilne napredne tehnološke rešitve. Pomembni so tudi sociološki dejavniki, metode in pristopi, ki motivirajo in pritegnejo ljudi k bolj premišljenemu ravnanju z odpadki. Pogosto uporabljena metoda je *poigritve* (angl. *Gamification*), zaradi katere prepoznamo igre ali druge dejavnosti kot zabavne in zanimive, s tem pa so bistveno bolj sprejete in uporabljane.

2.5.1 *Tetrabin*

Tetrabin [17] je uspešen raziskovalni projekt, v katerem so z metodami poigritve spodbujali pozitivne vedenjske spremembe. Preprosto opravilo odlaganja smeti so želeli spremeniti v zanimiv dogodek in v ta namen so zunanost smetnjakov opremili z LED-zasloni. Na njih se je izrisovala grafika, ki je spominjala na videz starih 8-bitnih igrlic. Vsak v koš odvržen odpadki se je odražal na zaslonih smetnjaka. Z odlaganjem smeti v smetnjak je bilo mogoče igrati igrico tetris, zaslon je prikazal vrvično paleto živih barv, virtualno je bilo mogoče nahraniti žival ali pa se je na zaslonu izpisala koda za prejem simbolične nagrade.

2.5.2 *Trash Rage*

Metode poigritve in igre same so lahko tudi poučne in izobražujejo ljudi o okoljskih vprašanjih. Igra navidezne resničnosti (angl. Virtual reality) Trash Rage [18] prestavi igralca v prihodnost, natančneje v leto 2049, ko Zemlja zaradi pretirane količine odpadkov ni več primerna za življenje ljudi. V igri Zemlji vladajo roboti, ki jih vodi umetna inteligenca (angl. Artificial Intelligence, AI). Ti roboti so ljudi pregnali na Mars, saj si ne zaslužijo več živeti na Zemlji. Ljudje v igri posledično poskušajo popraviti nastalo škodo. Ideja igre je igralca izobraziti o pomembnosti varovanja okolja, recikliranju in škodi, ki jo z odpadki naredimo okolju. Igralec ima nalogo, da poskuša s pomočjo dveh robotov reciklirati največjo mogočo količino odpadkov.

2.5.3 *Trash robot*

Z zbiranjem in recikliranjem smeti se je ukvarjala kampanja na platformi za množično financiranje Kickstarter v letu 2018 [19]. Z metodami poigritve so želeli očistiti reko Chicago v ZDA. Zasnovali so posebnega robota za zbiranje smeti v vodi, ki so ga ljudje upravljali prek spleta. S kamero, nameščeno na robotu, so ljudje videli dogajanje pred seboj in poskušali zajeti smeti v reki. Uspešno zbiranje smeti je bilo nagrajeno s točkami.

2.5.4 *Ristanc in labirint*

Mesto Lucern [20] je izvedlo zanimiv eksperiment, s katerim so pokazali, da tehnologija ni vedno nujna za doseg ciljev. Pred smetnjake, postavljene na ulici, so na tla narisali različne igre, npr. ristanc in labirint. Opazili so povečano uporabo smetnjakov, ki so bili opremljeni s takšnimi igrami.

2.5.5 *Drobnik steklenic za pivo*

Pivovarna DB Breweries [21] na Novi Zelandiji se je inovativno lotila vprašanja, kaj narediti s praznimi steklenicami za pivo. Domislili so se avtomata za drobljenje steklenic piva v prah. Prazno steklenico piva je treba odložiti v avtomat, ki steklenico v nekaj sekundah s posebnimi kladivi spremeni v prah. Tako pridobljeni pesek je mogoče ponovno uporabiti za

izdelavo steklenic ali pa se ga uporabi v gradnji, za izdelavo bunkerjev na igriščih za golf in podobno.

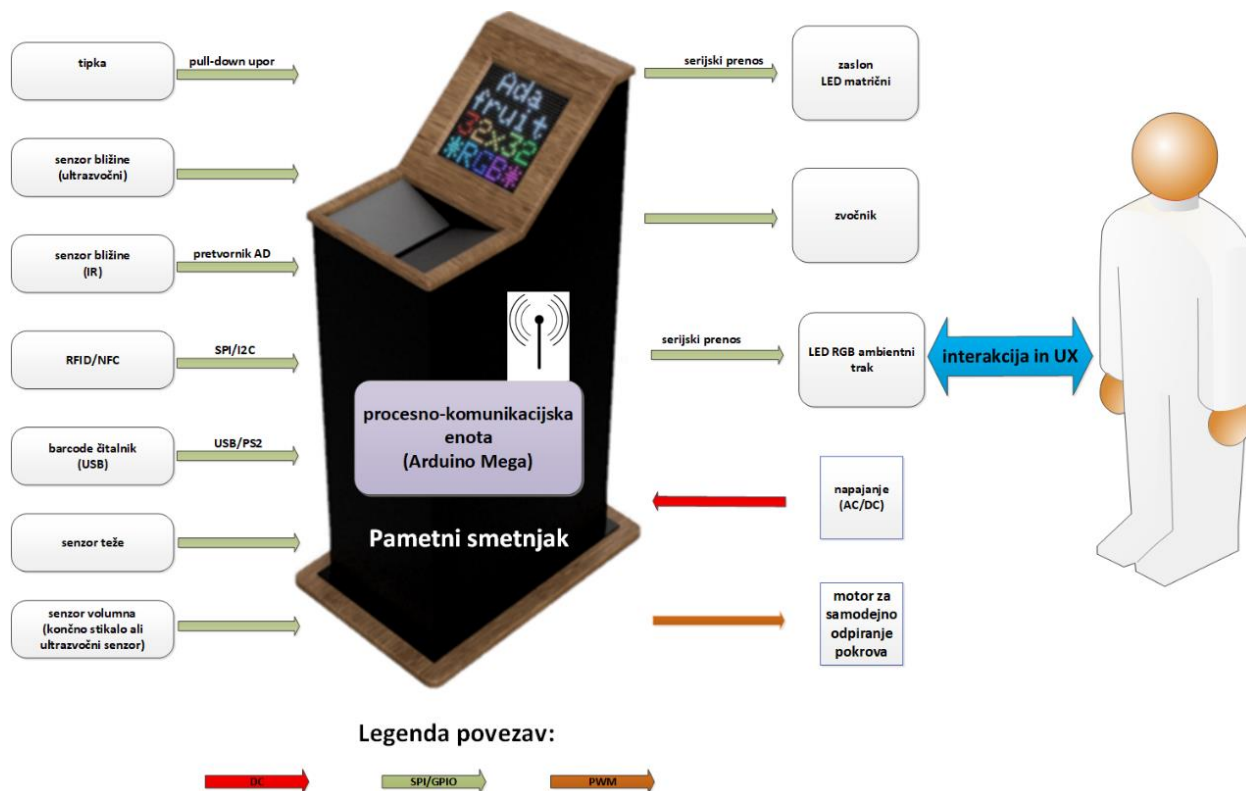
2.6 *Slabosti sistemov pametnih smetnjakov*

Čprav imajo sistemi pametnih smeti številne prednosti, npr. bolj učinkovit odvoz odpadkov ter posledično nižje stroške in čistejše okolje, pa imajo tudi svoje slabosti.

Pametni smetnjaki za splošno uporabo so v prostoru nameščeni na obljudenih mestih z velikim številom mimoidočih. Njihova postavitve je priročna, saj mimoidočim ni treba iskati smetnjaka, kamor bodo odložiti smeti. Pogosto so na njihovih ohišjih nameščeni tudi oglasni panoji ali pa imajo v ta namen celo vgrajene zaslone za prikazovanje oglasov. Smetnjaki že vsebujejo vgrajene komunikacijske module, s katerimi je mogoče zaznati tudi pametne telefone mimoidočih v bližini smetnjaka. Zajeti podatki iz pametnih telefonov sicer ne vključujejo osebnih imen in elektronskih naslovov ljudi, a že na podlagi podatkov o smeri gibanja ljudi in hitrosti njihove hoje ter časa zajema podatkov je mogoče ustvariti osebni profil ljudi in jih med seboj razlikovati. Ustvarjeni profili so osnova za prikazovanje oglasov na zaslonu smetnjaka, prilagojenih mimoidočemu. A širša javnost ni naklonjena takšnim načinom oglaševanja in ga celo zavrača. Ljudje se namreč bojijo za svojo zasebnost in nedovoljeno zbiranje osebnih podatkov. Podjetji Renew in Presence Orb sta v Londonu, v Veliki Britaniji, želeli postaviti pametne smetnjake z zasloni za prikazovanje sporočil mimoidočim, a so bili smetnjake po testnem obdobju prisiljeni umakniti zaradi ogorčenja javnosti [22].

Obstaja pa še drugi vidik družbene nesprejemljivosti sistemov pametnih smetnjakov. Sistemi pametnih smetnjakov omogočajo optimizacijo odvoza odpadkov in s tem optimizacijo dela. A samo pogled z vidika tehnološke odločnosti in ekonomske učinkovitosti ni dovolj širok. Spregledana je antropološka komponenta, kako ljudje oz. zaposleni uporabljajo tehnologijo, kaj vpeljava novih sistemov in tehnologij pomeni zanje. Pojavlja se tudi strah, da bodo ljudje izgubili službo, ker jih bo nadomestila tehnološka rešitev. Pogosto na papirju tehnološko napredni in učinkoviti sistemi v realnem okolju ne dosegajo pričakovanih rezultatov, saj jih delavci nočejo uporabljati ali pa jih uporabljajo nepravilno. Izkaže se, da se učinkovitost opisanih sistemov izboljša šele, ko zaposleni sprejmejo takšne sisteme. Zanimiva je izkušnja podjetja Ecube Labs, kjer so ob vpeljavi pametnih smetnjakov naleteli na močan odpor zaposlenih. Rešitev je začela polno delovati šele takrat, ko so jo sprejeli zaposleni, ki praznijo smetnjake in odvažajo smeti. Opazili so, da je bil za sprejem rešitve ključen pristop od spodaj navzgor, in ne obratno [24].

Vpeljava novih sistemov ter načinov upravljanja odpadkov in sortiranja odpadkov naj bi zmanjšala obremenitev okolja ter omogočila bolj učinkovito predelavo in upravljanje odpadkov. Vsi na novo vpeljani sistemi niso popolni in imajo svoje pomanjkljivosti. Zgodi se lahko tudi, da so navodila uporabe



Slika 1: Shema prototipne rešitve pametnega smetnjaka

nerazumljiva. Primer pomanjkljivo zasnovanega sistema je mobilna aplikacija za ločevanje smeti v kitajskem mestu Šanghaj [23]. Ločevanje smeti je obvezno za vse prebivalce mesta, neizpolnjevanje navodil pa ima negativne posledice, kot je kazen ali znižanje števila kreditnih točk osebnega rezultata. Največja težava sistema je nejasna in nelogična opredelitev odpadkov v posamezne skupine odpadkov, npr. odpadki za recikliranje, bio odpadki in podobno. Razvijalci aplikacij so razvili posebne aplikacije ali pa nadgradnje za aplikacije, ki olajšajo sortiranje odpadkov.

3 PROTOTIPNA REŠITEV

Pregled področja in obstoječih rešitev je izpostavil ključne ugotovitve in spoznanja, najpomembnejše ugotovitve in reprezentativne rešitve smo izpostavili v predhodnem poglavju. Obravnavali smo jih kot smernice pri načrtovanju svoje prototipne rešitve pametnega smetnjaka. Oblikovali smo zahteve pametnega smetnjaka, ki mora poleg osnovne naloge zbiranja smeti omogočati povratno informacijo uporabnikom in zagotavljati dobro uporabniško izkušnjo. V sledečih podpoglavjih predstavljamo podrobnejšo tehnološko zasnovo smetnjaka in načrtovane interakcije, nastale v postopkih k uporabniku usmerjenega načrtovanja (angl. User-Centered Design, UCD) [25].

3.1 Zasnova interakcije uporabnika s pametnim smetnjakom

Upravljanje smetnjaka mora biti interaktivno in zagotavljati mora dobro uporabniško izkušnjo. Predviden scenarij interakcije s pametnim smetnjakom je naslednji: Oseba se smetnjaku približa, da bi vanj odložila odpadke. Smetnjak osebo pozdravi s pozdravno animacijo in zvokom, v primeru mirovanja pa smetnjak prek sensorja bližine najprej zazna osebo, se aktivira in prikaže pozdravno animacijo. Predvideno je samodejno odpiranje pokrova smetnjaka, v katerega oseba nato odloži smeti. Smetnjak zazna povečanje teže smeti s tehnicno, vgrajeno v dno smetnjaka, in povečanje njihovega volumna z merjenjem razdalje od pokrova smetnjaka. Nato se pokrov smetnjaka zapre, na zaslonu, nameščenem na pokrovu smetnjaka, pa se prikaže zaključna animacija, ki je lahko zahvala za skrb za okolje zaradi vestnega odlaganja smeti ali interaktivna igrice. V primeru aktivirane igre vsak odložen kos smeti pomeni nov korak v igri in napredovanje proti koncu igre. Po daljšem času neaktivnosti se smetnjak ponovno preklopi v stanje mirovanja do naslednje aktivacije prek sensorja bližine.

3.2 Prvi prototip pametnega smetnjaka.

Pri izdelavi prototipa pametnega smetnjaka smo izbrali na trgu prosto dostopne elemente, ki omogočajo veliko mero prilagodljivosti in ponujajo širok nabor možnosti uporabe. Slika 1 prikazuje zasnovo prototipa sistema pametnega smetnjaka.

Srce prototipa pametnega smetnjaka je razvojna platforma *Arduino*. Prva razvojna ploščica *Arduino Uno* se je izkazala za premalo zmogljivo, nadomestili smo jo z zmogljivejšo izvedenko *Arduino Mega*. Največja omejitev prve je bilo nezadostno število vhodno-izhodnih vrat. Izbrane senzorje, aktuatorje in avdiovizualne elemente smo nato povezali na razvojno ploščico. Za zaznavanje bližine ljudi ob smetnjaku bosta uporabljena ultrazvočni senzor in infrardeči senzor za zaznavanje bližine. Za prepoznavanje uporabnika in prilagoditev izkušnje uporabnikom je predviden modul Adafruit PN532 RFID/NFC, povezan prek vodil SPI/I2C. Predvideli smo možnost, da se uporabniki pametnega smetnjaka identificirajo z značkami RFID/NFC, smetnjak pa jim bo na podlagi identifikacije ponudil njim prilagojeno uporabniško izkušnjo. Črtni kode izdelkov bomo prepoznavali z USB-povezanim čitalnikom črtnih kod. Količino odpadkov, njihovo težo in volumen bosta merila končno stikalo in ultrazvočni senzor globine, koračni motor pa bo skrbel za nemoteno odpiranje in zapiranje loput v pokrovu smetnjaka. Animacije in sporočila uporabnikom pametnega smetnjaka se bodo prikazovali na GPIO-krmiljenem matričnem LED-zaslону WS2812B. Dodatno bo vizualna sporočila prikazoval še RGB LED-ambientni trak WS2811, krmiljen prek serijskega vmesnika SPI. V pokrovu nameščeni tipki bosta omogočali igranje iger ali potrjevanje izbire uporabnika pametnega smetnjaka. Načrtovana pa je tudi nadgradnja interakcije smetnjaka z brezstično detekcijo gest. Končni videz prototipa pametnega smetnjaka prikazuje slika 2.

4 DISKUSIJA

Sistemi, oblikovani za upravljavce odpadkov in mestne upravljavce, so zasnovani z mislijo na časovno in stroškovno učinkovitost. Obstoječi sistemi kažejo precejšnjo mero tehnološke zrelosti, vsi pa temeljijo na uporabi med seboj primerljivih tehnoloških rešitev.

Smetnjaki, katerih velikost je prilagojena namenu oz. številu prebivalcev, ki odlagajo smeti, imajo nameščen enega ali več senzorjev za beleženje polnosti smetnjaka. Nekateri sistemi predvidevajo tudi prepoznavanje uporabnika, npr. prek RFID-značk, celoten prenos podatkov pa se izvrši prek ene ali več vgrajenih tehnologij v komunikacijskem modulu. Zaradi stroškovne učinkovitosti in učinkovite rabe virov, s katerima se poveča kakovost storitve, se znižajo stroški in na splošno izboljšuje kakovost življenja prebivalcev. V ozadju takšnih sistemov prevladujejo nadzorne plošče s podporo za poslovno analitiko ter optimizacijo poti in virov. Cilj tovrstnega uspešnega sistema je prepoznati



Slika 2: Prototip pametnega smetnjaka.

preobremenjene vire, torej smetnjake, in na podlagi prejetih podatkov prilagoditi čas odvoza smeti.

Drugačni so sistemi za domačo uporabo, ki želijo ljudem ponuditi večji nadzor nad upravljanjem odpadkov. Dodana vrednost za uporabnike so obvestila o polnosti smetnjaka in prepoznava izdelkov, odvrženih v smetnjak. Ob prepoznavi izdelkov se samodejno sestavlja nakupovalni seznam za porabljene izdelke, ki se prikazuje v mobilnih aplikacijah, najbolj napredni sistemi pa omogočajo tudi njihovo avtomatsko naročanje. Izdelki za domačo uporabo so praviloma tudi stilsko oblikovani.

Pomembna sta spodbuda ljudi k vestni in pravilni rabi teh sistemov ter odlaganje smeti v koše ob izpostavljanju primernega odnosa do okolja in skrbi zanj. Vsi sistemi delujejo le toliko dobro, kot deluje njihov najšibkejši člen, to pa smo običajno ljudje sami. Pogosto se za motivacijo ljudi uporabljajo metode, na podlagi katerih delujejo igre, torej metoda poigritve. Njihov namen je odlaganje odpadkov in skrb za čisto okolje spremeniti v zanimivo in pozitivno izkušnjo. Pozorni pa moramo biti tudi na možnosti zlorabe ter neprimerne uporabe tehnologije in metod poigritve. Taki sistemi lahko postanejo platforme za zbiranje podatkov o ljudeh ali s svojo nejasnostjo in slabo zasnovo povzročajo več slabega kot koristi.

Zasnovali smo lastno prototipno rešitev pametnega smetnjaka, ki temelji na metodah poigritve in k uporabniku usmerjenega načrtovanja. Naše vodilo so bila spoznanja, pridobljena v pregledu področja pametnih smetnjakov. Naša prototipna rešitev smetnjaka bo zaznala prisotnost ljudi in jih nagradila z interaktivnim odzivom smetnjaka za ustrezno odlaganje smeti v koš. Načrtujemo tudi osebno prilagoditev uporabniške izkušnje uporabe smetnjaka posameznemu uporabniku z uporabo značk RFID/NFC. Smetnjak bo na podlagi prepoznanega profila osebe izvedel načrtovano animacijo, naslednji korak igre in podobno. Primarni elementi za interakcijo bodo LED-zaslon in LED-svetlobni trak za vizualno interakcijo, zvočnik za glasovno interakcijo ter tipki za fizično interakcijo.

5 ZAKLJUČEK

V članku so predstavljeni primeri dobrih praks in trendov na področju pametnih smetnjakov ter načini in pristopi, s katerimi je mogoče ljudi spodbuditi k bolj vestnemu in odgovornemu ravnanju s smetmi. Skrb za pametno ravnanje s smetmi in čisto okolje zadeva vse nas, na voljo pa imamo različne profesionalne sisteme in sisteme za domačo uporabo. Vsi opisani sistemi imajo specifične lastnosti, ki izvirajo iz namena njihove uporabe. Profesionalni sistemi stremijo k optimizaciji učinkovitosti delovanja, sistemi oz. izdelki za domačo uporabo pa poskušajo ponuditi največjo udobnost upravljanja smeti. Če sistemi in izdelki niso pravilno načrtovani, imajo lahko tudi negativen vpliv na odnos ljudi do ravnanja z smetmi. Pridobljeno znanje smo uporabili za zasnovo lastnega prototipnega pametnega smetnjaka. Vodilo pri razvoju je bila želja po ustvarjenju pozitivne interakcije med človekom in smetnjakom, ki mora biti zanimiva in pozitivna izkušnja. Uspešnost zasnove in izvedbe bodo pokazale študije realne uporabe izdelanega pametnega smetnjaka.

LITERATURA

- [1] M. Fazio, M. Paone, A. Puliafito, and M. Villari. "Heterogeneous Sensors Become Homogenous Things in Smart Cities", IEEE 6th International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS), 2012, pp. 775–780.
- [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] F. C. Delicato, P. F. Pires, T. Batista, E. Cavalcante, B. Costa, and T. Barros, "Towards an IoT ecosystem", In the Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems, 2013, pp. 25–28
- [4] H. Lingling, L. Haifeng, X. Xu, and L. Jian, "An Intelligent Vehicle Monitoring System Based on Internet of Things", IEEE 7th International Conference on Computational Intelligence and Security (CIS), 2011, pp. 231–233

- [5] Twinkle Sinha, K.Mugesh Kumar, P.Saisharan, "SMART DUSTBIN", International Journal of Industrial Electronics and Electrical Engineering, ISSN: 2347–6982, Volume-3, Issue-5, May 2015
- [6] Khedikar, M. A.; Khobragade, M. M.; Sawarkar, M. N.; Nikita, M. Garbage management of smart city using IoT. Int. J. Res. Sci. Eng. 2017, 35–38
- [7] Projekt Nevidno življenje odpadkov <https://zivljenjeodpadkov.si/vsebina/> (prvi dostop: 10. 5. 2019)
- [8] Sensoneo <https://sensoneo.com/> (prvi dostop: 4. 4. 2019)
- [9] SmartTrash <http://www.smarttrash.com/> (prvi dostop: 4. 4. 2019)
- [10] Xiaomi Townew T1 <https://www.wovow.org/xiaomi-townew-t1-review-smart-trash-can/> (prvi dostop: 4. 4. 2019)
- [11] Garbi Can <https://garbican.com/> (prvi dostop: 4. 4. 2019)
- [12] GeniCan <https://www.genican.com/> (prvi dostop: 4. 4. 2019)
- [13] Amazon Dash button: <https://www.amazon.com/b?node=17729534011> (prvi dostop: 3. 3. 2017)
- [14] Nadzor sistema pametnega smetnjaka z IoT <https://www.instructables.com/id/Smart-Home-Arduino-Trash-Indicator-With-BLE/> (prvi dostop: 5. 7. 2019)
- [15] LoRAWAN <https://radiostud.io/lorawan-smart-city-smart-garbage-bin-tracker/> (prvi dostop: 5. 7. 2019)
- [16] Emrals eCan <https://www.emrals.com/ecan/> (prvi dostop: 4. 4. 2019) (slog EV_Ref, 8 pt)
- [17] Tetrabin <http://tetrabin.com/> (prvi dostop: 3.4.2019)
- [18] Igra Trash Rage <https://trashrage.com/en/home-page/> (prvi dostop: 3. 4. 2019)
- [19] Trash robot 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)
- [20] Ristanc in labirint (Hopscotch Trash Can Campaigns) <https://www.trendhunter.com/trends/lucerne-switzerland-uses-games-to-inspire-citizens-to-keep-the-city-clean> (prvi dostop: 3. 4. 2019)
- [21] DB Breweries <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/beer-bottle-crusher/> (prvi dostop: 10. 7. 2019)
- [22] Reneworbs <https://gizmodo.com/londons-shutting-down-those-creepy-phone-tracking-sm-1107706580> (prvi dostop: 10. 7. 2019)
- [23] Terabin <https://techcrunch.com/2019/07/05/china-garbage-recycle/> (prvi dostop: 10. 7. 2019)
- [24] Internet of bins: smart, solar powered trashcans in Colombian cities <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/jun/14/internet-of-bins-smart-solar-powered-trashcans-in-colombian-cities> (prvi dostop: 10. 7. 2019)
- [25] User-Centered Design <https://www.usability.gov/what-and-why/user-centered-design.html>

Gregor Burger je zaposlen kot raziskovalec na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani in je doktorski študent študija elektrotehnike. Njegova raziskovalna zanimanja vključujejo telemedicino, m-zdravje, raziskave uporabniške izkušnje in uporabnosti, zasnove uporabniških vmesnikov in aplikacij navidezne, obogatene in mešane resničnosti ter sledenje pogledov uporabnikov (eye-tracking). Trenutno je vključen v številne projekte razvoja intuitivnih uporabniških vmesnikov in uporabniške izkušnje. Je tudi član mednarodne elektrotehniške organizacije IEEE.

Marko Uhan je študent 3. letnika na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Njegovo delo pri projektih se osredotoča na razvoj elektronskih vezij in senzorjev, 3D-načrtovanja in 3D-tiska ter iskanja celostnih rešitev s pomočjo znanja, pridobljenega v gospodarstvu. Je član laboratorija Makerlab Ljubljana.

Matevž Pogačnik je izredni profesor na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani in vodja skupine za multimedijo v laboratorijih LTFE in LMMFE. Je tudi gostujoči profesor na tehnični univerzi v Gradcu in državni univerzi za telekomunikacije Bonch-Bruевич v Sankt Peterburgu. Njegovo raziskovalno in znanstveno delo je osredotočeno na razvoj interaktivnih multimedijskih storitev za različne naprave s posebnim poudarkom na uporabniški izkušnji in modalnostih interakcij za nadzor aplikacij. Eden od njegovih glavnih raziskovalnih interesov je oblikovanje in vrednotenje uporabniških vmesnikov z uporabo tehnologij obogatene in navidezne resničnosti, s pomembnim poudarkom na uporabnosti za uporabnike z oviranostmi. Sodeloval je pri več kot 30 znanstvenih in industrijskih projektih s področja multimedije in IKT. Je aktivni član organizacije IEEE.

Jože Guna je docent na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Njegova področja raziskav se osredotočajo na internetne tehnologije, multimedijske tehnologije, IPTV-sisteme in IoT, s posebnim poudarkom na uporabniško usmerjenem načrtovanju, modalnostih interakcij, oblikovalskem mišljenju ter tehnologijah VR/AR/MR, vključno z vidiki poigritve in toka zavesti. Trenutno je vključen v številne projekte, ki se osredotočajo na razvoj intuitivnih uporabniških vmesnikov za starejše uporabnike (aplikacije eHealth), interaktivnih multimedijskih aplikacij HBBTV ter VR / AR / MR aplikacij. Je strokovnjak za tehnologije IP, IKT in IPTV ter ima številne industrijske certifikate podjetij CISCO, CompTia in Apple, vključno z licencami za usposabljanje podjetij Cisco in Apple. Je član senior organizacije IEEE in generalni tajnik slovenske sekcije IEEE. Je ustanovni član slovenske skupnosti XR in tehnični vodja prvega XR-laboratorija v Tehnološkem parku Ljubljana.