

Storitve in tehnologije m-zdravja

Andrej Štern

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Laboratorij za telekomunikacije
E-pošta: Andrej.Stern@fe.uni-lj.si

M-health services and technologies

M-health can be defined as the emerging mobile communications and network technologies for healthcare systems, as an evolution of the e-health systems and the addition of emerging information and computing technologies (ICT) to the modern advances in wireless and nomadic communication systems.

This paper presents technological trends focusing on health related mobile applications' clusters, the associated global wide-area communication networks and the standardization of wireless PAN connectivity.

1 Uvod

Mobilni terminali se zaradi vsestranske razširjenosti med prebivalstvom vseh starostnih skupin pospešeno širijo na področje varovanja zdravja in pripadajočih zdravstvenih storitev. Seveda je nemogoče, da bi žepni mobilni telefon v celoti nadomestil osebne obiske zdravstvenega osebja in drugih področnih strokovnjakov, lahko pa znatno pripomore k učinkovitosti celotnega zdravstvenega sistema. Ocene analitikov s področij m-zdravja kažejo na znaten porast zanimanja za tovrstne storitve, saj naj bi njihovo globalno tržišče v letu 2010 doseglo za 40-50 milijard EUR prometa [1]. Tretjina celotnega prometa naj bi pripadla ameriškemu trgu, kjer se je, po raziskavi rabe naprav, brez katerih težko shajamo, mobilnik iz 4. mesta v letu 2002 povzpел na prvo mesto že leta 2007.

Razširjenost mobilne telefonije in rabe storitev v Sloveniji glede na ostale evropske države ne zaostaja, saj je leta 2008 število mobilnih priključkov preraslo število fiksnih in je konec istega leta število aktivnih kartic SIM že presegle 100-odstotno vsebnost med prebivalstvom. Smernice novih oblikovalskih in procesnih dosežkov terminalne opreme kažejo na to, da je uporabnike zajel nov val navdušenja nad rabo mobilnih tehnologij, kar vodi do višje stopnje zaupanja v tehnologijo in hitrejšo stopnjo posvajanja storitev. To je še posebej pomembno, saj se povezuje med zdravjem in povzročeni neionizirajočimi sevanji oddaje terminalov večkrat omenja v negativni luči. V bitki dokazovanja (ne)škodljivosti uporabe mobilnih telefonov so na floridskem inštitutu [2] s poskusi na miših ugotovili, da lahko elektromagnetno valovanje mobilnikov celo krepí spomin in zdravi Alzheimerjevo bolezen. Seveda pa uporaba "po pameti" zadosti še tako strogim merilom in predpisom, zato lahko mobilni telefon z veseljem sprejmemo kot eno izmed orodij na področjih varovanja zdravja.

2 Telemedicina in m-zdravje

Izraz telemedicina pomeni omogočanje zdravstvenih storitev s pomočjo informacijsko komunikacijskih tehnologij (IKT), kadar zdravstveni delavec in pacient oz. več zdravstvenih delavcev med izvajanjem storitev niso na istem mestu. Praktična realizacija aktivnosti je pogojena z varnim prenosom zdravstvenih podatkov in informacij z besedilom, zvokom, slikami in drugimi primernimi oblikami komunikacije. Z njimi lahko izvajamo in nadziramo potek zdravljenja, preprečujemo poslabšanje in postavljamo diagnoze. Pri pregledu smernic se kot ožja strokovna področja telemedicine najpogosteje omenjajo: kardiologija, dermatologija, radiologija, oftalmologija, patologija, kirurgija in psihiatrija, kjer se izvajajo daljinske aktivnosti v obliki monitoringa, konzultacij, terapij, podajanja ekspertiz, vzpostavljanja konferenčnih sistemov med zdravstvenimi delavci in izobraževanja na daljavo [3].

Pomembnost širitve področja se kaže v več dokumentih Evropske komisije, ki ugotavlja, da so tovrstne telemedicinske storitve, kljub potencialu, koristim in tehnični zrelosti, še vedno uporabljane zgolj v omejenem obsegu, večkrat tudi mimo zdravstvenih sistemov. Zato je v Sporočilu o koristih telemedicine za paciente, zdravstvene sisteme in družbo v letu 2008 države članice pozvala, da svoje potrebe s področij telemedicine ocenijo in jih sprejmejo kot sestavni del nacionalnih zdravstvenih strategij. Med prednostnimi nalogami se nahajajo predvsem naslednje aktivnosti:

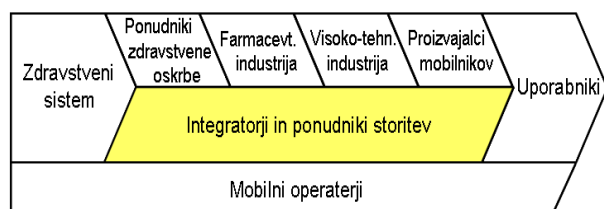
- standardizacija celotnega področja,
- zagotovitev pravnih vidikov,
- razvoj storitvenih arhitektur,
- razvoj ustrezne terminalne opreme in
- zagotovitev komunikacijskega dostopa.

Doseganje statusa telemedicine kot vsem dostopne dobrine je pogojeno predvsem z zadostno razvito komunikacijsko infrastrukturo, ki kljub prizadevanjem evropske kohezijske politike še vedno ostaja privilegij centraliziranih porazdelitvenih shem. Vodafone Group v svojem poročilu o oskrbi držav v razvoju navaja, da je za 2,3 milijarde mobilnih uporabnikov na voljo le 300 milijonov računalnikov in 11 milijonov bolniških postelj. Čeprav v Sloveniji ta problem skozi številne evropske projekte brisanja digitalne ločnice ni posebej izrazil, se na nekaterih področjih manj razvitega sveta kot alternativni medij uveljavlja prav uporaba mobilnih tehnologij. Seveda pa brezžičen dostop ne omogoča samo dopolnjevanja komunikacijske infrastrukture, temveč ponuja primarni dostop in s tem svobodo gibanja.

V praksi se je zato v zadnjih letih poleg uveljavljenega izraza e-zdravje uveljavil tudi izraz m-zdravje (angl. m-Health), ki poudarja vlogo izrabe mobilnih omrežij, terminalov in storitev za potrebe varovanja zdravja. M-zdravje pri uresničevanju zadanih ciljev sloni na mobilnih napravah, kot so telefoni, dlančniki in druge brezžične naprave, ki omogočajo široko paleto storitev.

3 Storitve m-zdravja

V Sloveniji so storitve m-zdravja manj izpostavljene, saj so ponavadi opisane kot mobilne nadgradnje storitev v okviru e-zdravja, ki predstavlja informatizacijo slovenskega zdravstvenega sistema. Evropska in svetovna javnost izraz že podpirata z istoimenskimi združenji in organizacijami, kot sta mHealth Alliance in mHealth Initiative. Vse več se pojavlja konferenc in drugih odmevnih dogodkov, kjer prihaja do sodelovanj med vsemi akterji vrednostne verige m-zdravja.



Slika 1. Vrednostna veriga storitev m-zdravja

V ospredju tematik je izraba prednosti mobilnih tehnologij na področjih zdravja, zato so neposredni člani verige tudi proizvajalci mobilnih terminalov in mobilni operaterji, ki s svojimi produkti in infrastrukturo na vseh koncih sveta nastopajo kot krovne organizacije (npr. Vodafone Foundation).

Združevanje akterjev z različnih interdisciplinarnih področij omogoča učinkovito načrtovanje, izvedbo, ponudbo in uporabo zastavljenih storitev. Rezultat seminarja z udeležbo prodornih podjetij (Google, Verizon Wireless, Nortel ...) je marca 2009 postavil temelje bodočim storitvenim področjem m-zdravja z 12 stebri rabe mobilnih aplikacij:

1. stiki pacientov z zdravniki že pred obiskom: za dogovarjanje termina, nastavljanje opomnikov v obliki sporočil SMS in elektronske pošte, postavljanje vprašanj zdravstvenemu osebju;
2. splošen dostop do spletnih informacij s področja zdravstva: najbolj razširjen primer današnje rabe;
3. dostop do zaščitene informacij za zdravniško osebje: zdravniške kartoteke in pomembni podatki;
4. namenske aplikacije za kronične bolezni: napotki za bolnike z diabetesom, kožnimi problemi, astmo;
5. dostop do izobraževalnih vsebin: mobilni dostop v realnem času;
6. profesionalno komuniciranje: uporaba socialnih omrežij, za izmenjavo mnenj in izkušenj med farmacevti, laboranti, bolnišničnim osebjem in drugimi

področnimi kolegi, pričakovan velik porast v naslednjih 5 letih;

7. administrativne aplikacije: večanje učinkovitosti delovnih procesov, mobilni klinični asistenti;
8. finančne aplikacije: potrošnikom pomagajo razumeti stroške, povezane z zdravljenjem, nakupom zdravil, sklepanjem zdravstvenih zavarovanj;
9. pomoč reševalnim ekipam na terenu: zagotavljanje mobilnega dostopa do zdravniških kartotek in sorodnih podatkov;
10. spremljanje splošnih zdravstvenih razmer: uporaba mobilnikov za sledenje boleznim in epidemijam, podajanje obvestil in navodil v primeru izbruhov;
11. raziskovalno področje: množično zbiranje podatkov za nadaljnjo obdelavo, zagotavljanje hitre odzivnosti s protiukrepi;
12. senzorske osebne aplikacije: uporaba oblaci ali pripomočkov z vgrajenimi senzorji ter vmesniki do mobilnih telefonov, ki podatke obdelujejo, shranjujejo ali pošiljajo v centre.

4 Zahteve storitev po povezljivosti

Porajanje novih idej na storitvenem področju se odraža v postavljanju novih tehnoloških zahtev kot gonila tehnološkega napredka. Dejavniki tveganja se tu odražajo v razvitosti storitvenih arhitektur, ustreznosti terminalne opreme in zmogljivosti komunikacijskega dostopa.

V Sloveniji je stopnja razvitosti mobilnih omrežij zelo visoka. Poročilo o razvoju trga elektronskih komunikacij za prvo četrtletje 2010 [4] navaja penetracijo 102,7 odstotka in nakazuje še vedno zmerno rast. Ponudba več operaterjev zagotavlja konkurenčnost trga, kjer so predstavljene nove nosilne storitve in oblikovani novi naročniški paketi glede na zaključene uporabniške skupine. S pojavljanjem novih, večpredstavnostno naravnanih storitev, se vzporedno večajo tudi potrebe po večjih bitnih pretokih.

Tehnologija/ generacija	Efektivna / maks. hitrost DL [kbit/s]	Efektivna / maks. hitrost UL [kbit/s]
GPRS / 2.5G	20-60 / 85,6	10-15 / 21,4
EDGE / 2.5G	80-180 / 236,8	10-30 / 59,2
UMTS / 3G	150-250 / 384	30-50 / 64
HSxPA / 3.5G	500-3500 / 7200	384-1M / 1,46M
HSPA+ / 3.75G	5-15M / 21,6M	1M / 5,76M
LTE / 3.9G	50-100M / 326,4M	5-50M / 86,4M
LTE Adv. / 4G	do 1G in več	do 500M

Tabela 1: Pregled zmogljivosti mobilnih podatkovnih omrežij

Trenutno se najvišja efektivna podatkovna hitrost, dosežena v slovenskih omrežjih, giblje z različico HSPA+ pri operaterju Mobitel okoli 15 Mbit/s pod

ustreznimi radijskimi pogoji. Teoretična hitrost 21,6 Mb/s je več kot 50-krat višja od osnovnih hitrosti UMTS, ki sicer s prvo stopnjo nadgradnje HSxPA pri vseh operaterjih zagotavlja osnovne megabitne hitrosti. Implementacijo različice LTE (angl. Long Term Evolution) po prvih testiranjih zaenkrat še pričakujemo, pravo četrto generacijo (4G) mobilne telefonije pa bo mogoče pričakovati v nekaj letih, saj bo standardizacija tudi gigabitnih hitrosti zaključena predvidoma v letu 2011.

Po napovedi indeksa vizualnih omrežij (VNI - Visual Networking Index) družbe Cisco naj bi promet mobilnih podatkov v obdobju 2009-2014 zrasel za 39-krat, skupna letna rast pa bo dosegla 108 odstotkov letno. Do leta 2014 naj bi se lahko v mobilna omrežja povezovalo več kot 5 milijard zasebnih naprav, kjer bo 66-odstotni delež pripadalo prenosom videa. Tudi večina storitev m-zdravja je osnovanih na podatkovnih in video pretokih, kot so izvedba daljinskih nastavitev, telemetrijski prenos biomedicinskih signalov, posredovanje zdravniških kartotek, vzpostavljanje govornih in slikovnih konferenc ter zahtevnejši prenosi videa [3].

Storitev	Opis	Realni čas	Potrebna pasovna širina
Nadzorni signali	Upravljanje sej, daljinska nastavitve instrumentov	Ne / Da	Različno, pod 9,6 kbit/s
Prenosi podatkov	Prenos biomedicinskih signalov in kartotek pacientov	Ne / Da	9,6-128 kbit/s
Prenosi slik in fotografij	Prenos slikovnega gradiva za posvetovanje	Ne	Odvisno od velikosti slike
Govorne konference	Obojesmerno, po standardu G.72x	Da	32-128 kbit/s
Diagnostični zvok	Enosmerno, CD kvaliteta, stereo	Da	37-768 kbit/s
Video konference	Obojesmerno, po standardu H.261	Da	64 kbit/s - 1.92 Mbit/s
Diagnostični video	Enosmerni prenos po standardu MPEG-2	Da	1-15 Mbit/s

Tabela 2: Zahteve storitev m-zdravja po pasovni širini

V primerjavi s tabelo 1 lahko sklepamo, da je večina storitev že danes povsem možnih. Nekateri problemi se pojavijo pri zahtevah po zmogljivih dvosmernih povezavah (npr. dvosmerni video višje kvalitete), saj so le-te v komunikacijskih omrežjih praviloma asimetrične v korist navzdoljne. Najnižja sprejemljiva hitrost navzgorjega prenosa enostavnega videa iz lokacije nesreče v center za reševanje tako znaša okrog 100 kbit/s, kar je z obstoječimi omrežji v urbanih predelih že dosegljivo. Boljše kvalitete, kot je npr. televizijski prenos, pa bodo lahko zagotovile šele naslednje generacije mobilne telefonije s pričakovanimi nekaj 10-megabitnimi hitrostmi.

5 Zahteve storitev po mobilni opremi

Mobilni terminal je elektronska naprava, ki s pravnimi dimenzijami, težo in funkcionalnostmi omogoča praktično rabo tudi med neoviranim premikanjem uporabnika. V primeru storitev m-zdravja jih razdelimo na avtonomne naprave, ki samostojno opravljajo funkcije brez posredovanja uporabnika (npr. detektor padca), in interaktivne, ki uporabnikom služijo kot orodje za doseg storitvenega cilja (npr. mobilni merilnik krvnega tlaka). Vse več teh naprav deluje tudi v povezavi z mobilnimi telefoni, ki služijo kot orodje za zajem, procesiranje in prikaz podatkov ter njihovo posredovanje v diagnostični center.



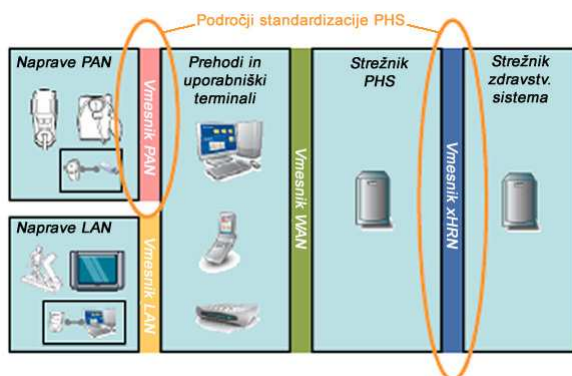
Slika 2: Primer merilca krvnega sladkorja v povezavi s telefonom iPhone (proizvajalec: AgaMatrix)

Današnji mobilni telefoni so osnovno govorno rabo dopolnili z dostopom do internetnih storitev. Ob tem so pridobivali na ergonomiji, strojnih zmogljivostih, pomnilniških kapacitetah in možnostih osebnih nastavitev. Po napovedih analitičnega podjetja Informa [5] o bodočih mobilnih napravah bo prodaja zmogljivih telefonov, vključno s pametnimi napravami, v naslednjih letih v strmi porasti in bo v letu 2014 preseгла 873 milijonov kosov v primerjavi s 323 milijoni leta 2009. Hiter razvoj v smeri večpredstavnosti in vsesplošne povezljivosti pa prinaša tudi nevšečnosti: manjšo dobo avtonomnosti zaradi večje porabe zmogljivih sklopov ter drugačno filozofijo rokovanja z uporabniškimi vmesniki. Slednje povzročata nemalo težav starejšim uporabnikom, ki naj bi bili storitev m-zdravja tudi bolj deležni.

S stališča razvoja je mobilni terminal konvergenčna naprava, ki v svoji notranjosti združuje precejšen nabor elektronskih komponent, ki služijo zaznavanju, odločanju in posredovanju. Govorna povezljivost s prilagoditvijo na posamezna geografska in frekvenčna področja lahko omogoča verbalno komunikacijo z zdravniškim in svetovalnim osebjem, izvajanje klicev v sili in uporabo avtomatiziranih govornih portalov, izvedenih v obliki tehnologije VoiceXML. Podatkovna nadgradnja, ki omogoča globalno širokopasovno povezljivost, je namenjena prenosu oz. izmenjavi enostavnih besedilnih in večpredstavnostnih vsebin med uporabniki in ponudniki zdravstvenih storitev. Močan osrednji računalnik, na katerem teče sodoben večopravilni operacijski sistem, izvaja aplikacije, ki

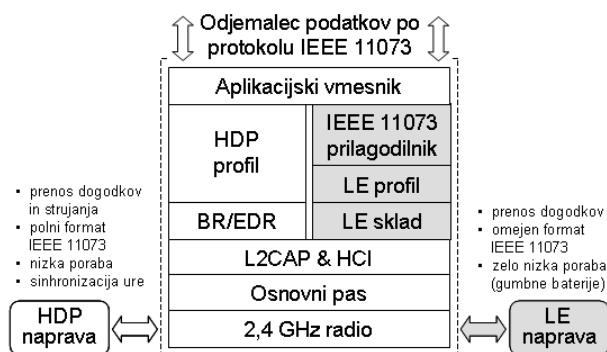
uporabnika skozi uporabniški vmesnik vodijo, usmerjajo in mu svetujejo. Pomembno vlogo prevzema avdio-vizualni sklop s kamero, mikrofonom in podporo za analizo ter zgoščevanje izhodnega niza podatkov. Uporaba kamere pri klicu v sili na 112 bo v bližnji prihodnosti znatno pospešila priprave na reševanje, saj bo profesionalno osebje v regijskem centru učinkoviteje razpoznalo stopnjo nevarnosti ter predlagalo ustrezne ukrepe. Vgrajeni senzori MEMS (angl. Micro-Electro-Mechanical Systems) v obliki pospeškometrov, elektronskih kompasov, merilnikov naklona in orientacije z ustrezno programsko opremo že znajo razpoznati padce oseb in celo potrese, koristno pa se obnesejo tudi pri elektronskih vodičih telesne vadbe kot sestavnega dela preventive.

Dobri konvergenčni učinki so doseženi z uporabo lokalnih povezav med mobilnimi telefoni in okoliškimi posebej namenski merilnimi napravami, kot je prikazana na sliki 2. Sodobni načini povezovanja osebnih zdravstvenih sistemov PHS (angl. Personal Health Systems) [6] narekujejo brezžično lokalno ali osebno (PAN - Personal Area Network) povezljivost v obliki tehnologij WLAN, Bluetooth ali infrardečega vmesnika. Bluetooth različice 2.0 EDR (angl. Enhanced Data Rate) se je v tem primeru izkazal za zelo dobro izbiro, saj s hitrostmi do 2,1 Mbit/s omogoča zadostno pasovno širino, zanesljivost delovanja in visoko stopnjo varnosti, julija 2010 pa je bilo napovedano tudi sprejetje nizko-energijske različice LE (angl. Low Energy) v okviru specifikacije Bluetooth V4.0.



Slika 3: Referenčna arhitektura osebnih zdravstvenih sistemov

Bluetooth storitve so osnovane na profilih, ki predstavljajo specifikacije brezžičnih vmesnikov med posameznimi napravami. Da se zunanji merilnik in telefon ujameta, se morata ujeti tudi v ustreznem profilu. V preteklosti je bila izbira ustreznega profila največkrat prepuščena proizvajalcu naprave, saj s profilom določamo tudi hitrost in značilnosti komunikacije. Tako je bil največkrat uporabljen serijski profil SPP (angl. Serial Port Profile), ki čez Bluetooth emulira standard RS-232. Zaradi potrebe po poenotenju združenje Bluetooth SIG (angl. Special Interest Group) v 2008 zasnovalo nov namenski profil HDP (angl. Health Device Profile) in pridružen protokol MCAP (angl. Multi-Channel Adaptation Protocol).



Slika 4: Prikaz dualnega referenčnega sklada HDP/LE [7]

Profil HDP se v zgornjih slojih dopolnjuje z ISO/IEEE 11073-20601 (angl. Personal Health Data Exchange Protocol) in pridruženimi specifikacijami naprav ISO/IEEE 11073-104xx, kjer "xx" predstavlja različne skupine medicinskih naprav, npr. 04 - merilnik kisika, 07 - merilnik krvnega tlaka, 08 - termometer, 09 - tehtnica itd. [7]

6 Zaključek

Termin m-zdravje predstavlja pomembno dopolnitev iniciativam e-zdravje, ki skozi številne projekte pripomorejo k večji učinkovitosti zdravstvenega sistema. Storitve s področja m-zdravja so danes že uveljavljene v nekaterih državah v razvoju. V Sloveniji so npr. "Mobilni Fitness", "SMS Dieta", "Zdravniški nasveti" in razni opomniki šele v začetnih fazah. Širitvijo sodobnih mobilnih terminalov, ustreznih pripomočkov in pripadajoče standardizacije pa bo mogoče storitve m-zdravja približati celotni populaciji.

Zahvala

Znanstveno-raziskovalno delo je bilo sofinancirano s strani Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo Republike Slovenije.

Literatura

- [1] J. Middleton: Healthy opportunities in the m-health sector, dosegljivo na: <http://www.telecoms.com/>
- [2] G. Arendash, Florida Alzheimer's Disease Research Center, <http://www.j-alz.com/press/2010/20100106.html>
- [3] A. Štern, A. Kos: Mobilni telefon kot orodje na področjih varovanja zdravja, Zdravniški vestnik 2009; 78: 673–684
- [4] APEK, Poročilo o razvoju trga elektronskih komunikacij za prvo četrtletje 2010, dosegljivo na: <http://www.apek.si>
- [5] Nokia Siemens Networks: Smart networks for smart devices, 2010, <http://www.nokiasiemensnetworks.com>
- [6] D. Kervina: Osebnih zdravstveni sistemi v inteligentnih bivalnih okoljih, Magistrsko delo, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, 2010
- [7] N. Hunn: Bluetooth - The Wireless Ecosystem for Health, Fitness and Assisted Living, WiFore Consulting, 2009