

**Vošten, Renata**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:342821>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-19**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Fakultet informatike

**RENATA VOŠTEN**

**INTERNET STVARI U MEDICINI**

Završni rad

Pula, rujan, 2020. godine

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Fakultet informatike

**RENATA VOŠTEN**

**INTERNET STVARI U MEDICINI**

Završni rad

**JMBAG: 0303075343, redovita studentica**

**Studijski smjer: Informatika**

**Predmet: Osnove IKT**

**Znanstveno područje: društvene znanosti**

**Znanstveno polje: informacijske i komunikacijske znanosti**

**Znanstvena grana: informacijski sustavi i informatologija**

**Mentor: Doc. dr. sc. Snježana Babić**

Pula, rujan, 2020. godine



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisana Renata Vošten, kandidat za prvostupnika informatike, ovime izjavljujem da je ovaj završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Renata Vošten

Renata Vošten

U Puli, rujan, 2020. godine

# SADRŽAJ

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1 UVOD                                                             | 1  |
| 2 POJAM INTERNET STVARI                                            | 3  |
| 3 SVRHA INTERNET STVARI U MEDICINI                                 | 4  |
| 4 MREŽNA ARHITEKTURA INTERNET STVARI U MEDICINI                    | 5  |
| 5 PROGRAMSKI JEZICI ZA IMPLEMENTIRANJE INTERNET STVARI U MEDICINI  | 8  |
| 6 PRIMJERI PRIMJENE INTERNET STVARI U MEDICINI - SVIJET            | 10 |
| 6.1 CGM (Continuous Glucose Monitor) – Kontinuirani nadzor glukoze | 10 |
| 6.3. Inzulinska pumpa                                              | 12 |
| 6.4 Pametna bočica za lijekove                                     | 13 |
| 6.5 <i>Cyrcadia Breast Monitor</i> (ITbra)                         | 14 |
| 6.6 <i>KardiaMobile</i>                                            | 15 |
| 6.7 Duboka stimulacija mozga (deep brain stimulation)              | 16 |
| 6.8 Pametni ulošci za cipele                                       | 17 |
| 6.9 Povezani inhalatori                                            | 19 |
| 6.10 <i>CoaguCheck INRange</i>                                     | 20 |
| 6.11 Pametna tableta                                               | 21 |
| 6.12 Pacemaker                                                     | 22 |
| 6.13 <i>Beddit Sleep Monitor</i>                                   | 25 |
| 6.14 <i>Degree</i>                                                 | 26 |
| 6.15 <i>Triggerfish</i>                                            | 27 |
| 7 PRIMJERI PRIMJENE INTERNET STVARI U MEDICINI - HRVATSKA          | 28 |
| 7.1 <i>Play Attention</i>                                          | 28 |
| 7.2 Upravljanje medicinskom opremom (“Smart healthcare”)           | 29 |
| 7.3 <i>Teddy the Guardian</i>                                      | 30 |
| 8 PREDNOSTI INTERNET STVARI U MEDICINI                             | 32 |
| 9 NEDOSTACI INTERNET STVARI U MEDICINI                             | 33 |
| 10 TRENDOWI U RAZVOJU INTERNET STVARI U MEDICINI                   | 35 |
| 11 ZAKLJUČAK                                                       |    |
| 12 POPIS LITERATURE                                                |    |
| 13 POPIS SLIKA                                                     |    |
| 14 SAŽETAK                                                         |    |



## 1 UVOD

Internet stvari su, već nekoliko desetljeća, predmet globalnog interesa. Međutim, zdravstvena industrija tek je započela shvaćati kako korištenje Internet stvari u medicini može biti od velikog značaja. Internet stvari u medicini pružaju brojne prednosti kao što su pružanje novih i naprednijih vrsta zdravstvenih usluga i uređaja (Rao, 2019).

Smatra se kako je razvoj Internet stvari u medicini započeo još 1960-ih godina. Jedan od prvih uređaja bio je holter srca, prijenosni uređaj koji kroz 24 sata prati rad srca. Intenzivniji razvoj Internet stvari u medicini započeo je tek prije desetak godina kada je pacijentima omogućeno da putem pametnih telefona, narukvica i satova prate svoje zdravlje i razinu aktivnosti. Uvođenjem Internet stvari u medicinu omogućeno je praćenje pacijenata na daljinu koje pomaže liječnicima u donošenju boljih medicinskih odluka te pacijentima smanjuje troškove dolaska na sam pregled (Goel, 2017).

Cilj ovog završnog rada je objasniti pojam i značaj Internet stvari u medicini. S tim u vezi, istražena je relevantna literatura te primjeri Internet stvari u medicini koji se već koriste na svjetskoj razini i u Hrvatskoj.

Rad je sastavljen kroz deset poglavlja. Započinje s kratkim uvodom nakon čega u drugom poglavlju slijedi objašnjenje općenitog pojma Internet stvari. Treće poglavlje uvodi u svrhu Internet stvari u medicini, koji je razlog njihova razvoja te kako su od pomoći liječnicima u njihovom svakodnevnom radu. Četvrto poglavlje prikazuje i objašnjava mrežnu arhitekturu Internet stvari u medicini. Peto poglavlje odnosi se na programske jezike koji se koriste u implementaciji Internet stvari u medicini. Šesto poglavlje odnosi se na primjere primjene Internet stvari u medicini u svijetu, koji primjeri se koriste u današnje vrijeme te kako oni funkcioniraju. Sedmo poglavlje odnosi se na primjere primjene Internet stvari u medicini koji su razvijeni u Republici Hrvatskoj. Osmo poglavlje navodi brojne prednosti korištenja Internet stvari u medicini kao što su praćenje stanja pacijenata u realnom vremenu te smanjenje putnih troškova za pacijente. Deveto poglavlje navodi nedostatke korištenja Internet stvari u medicini koji se prvenstveno odnose na sigurnosne aspekte Internet stvari u medicini. U desetom poglavlju spomenuti su neki od trendova Internet stvari u medicini

koji su trenutno u fazi razvitka. Nakon toga slijede zaključak, popis literature i slika te sažetak ovog završnog rada.



## 2 POJAM INTERNET STVARI

Pojam Internet stvari (eng. Internet of Things – IoT) odnosi se na povezivanje svakodnevnih stvari na internet i/ili sa drugim uređajima s ciljem pružanja jednostavnijeg i “pametnijeg” iskustva u korištenju svakodnevnih uređaja. Konačna svrha Internet stvari je olakšavanje svakodnevnih rutinskih i naprednijih radnji koje ljudi obavljaju na poslu ili kod kuće (Sinković, 2016).

Ilustrativno Internet stvari se mogu zamisliti kao divovska mreža koja uključuje milijardu uređaja koji prikupljaju i međusobno razmjenjuju informacije. Ovakvi uređaji imaju novu razinu digitalne inteligencije koja im omogućuje komuniciranje i razmjenu podataka u realnom vremenu bez ljudske uključenosti u tu komunikaciju (<https://www.ofir.hr/iot-ili-internet-stvari-2/>, 2019).

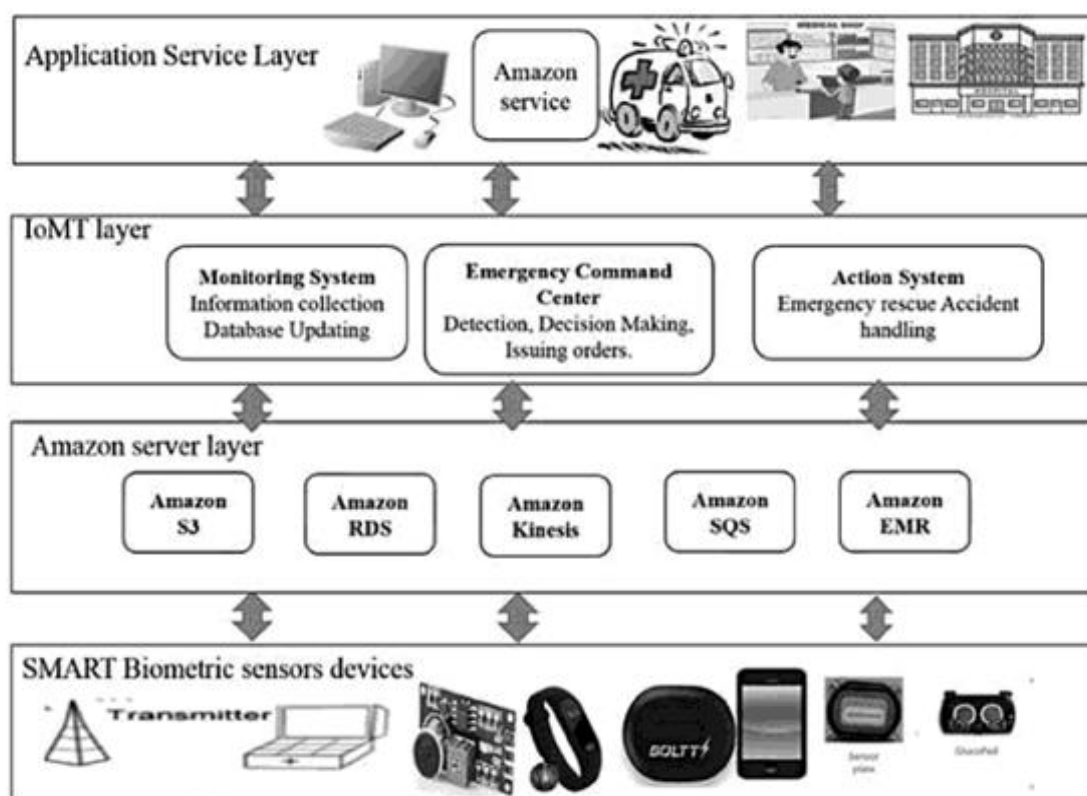
### 3 SVRHA INTERNET STVARI U MEDICINI

Mnogo ljudi pati od kroničnih bolesti i zbog toga moraju redovito posjećivati liječnike. Internet stvari u medicini omogućuju nadzor pacijenata na daljinu i prikupljanje podataka u stvarnom vremenu. Nadzor pacijenata na daljinu je zapravo sustav koji je vrlo koristan osobama koje imaju srčane probleme ili dijabetes zato što uređaj koji nose automatski upozorava liječnika o pogoršanju pacijentova stanja. Ti medicinski uređaji povezani su putem Bluetooth-a, Wi-Fi-ja ili neke druge tehnologije putem koje šalju podatke pacijentu i liječniku. To znači da liječnik ima uvid u pacijentove otkucaje srca, razinu glukoze u krvi, krvni tlak i još mnogo toga. Sve navedeno liječnicima može pomoći u uočavanju mogućih nepravilnosti koje se mogu javiti. Također, liječnici dobivaju upozorenje kako bi što brže mogli pružiti potrebnu njegu. Isto tako, ovaj sustav pomaže kroničnim bolesnicima zbog toga što ne moraju stalno dolaziti kod liječnika na preglede, već mogu ostati kod kuće te ih liječnik eventualno poziva ukoliko uoči moguće nepravilnosti (Kuprenko, 2019).

## 4 MREŽNA ARHITEKTURA INTERNET STVARI U MEDICINI

Mrežna arhitektura Internet stvari u medicini temelji se na komunikaciji između klijenta i poslužitelja. Ona prikazuje četiri glavna sloja za praćenje pacijenata na daljinu, a to su *biometrijski senzorski sloj*, *servisni sloj*, *IoMT sloj* i *aplikacijski servisni sloj*. Sva četiri navedena sloja vidljiva su na slici 1. Prvi sloj je *biometrijski senzorski sloj* koji služi za prikupljanje podataka i informacija s nosivih pametnih uređaja odnosno senzora. Prikupljeni podaci obrađuju se i prenose u drugi sloj, a to je *servisni sloj* (service layer). On se sastoji od pohrane podataka, uređaja za organizaciju podataka te bežičnih protokola kao što su Bluetooth, Zigbee, RFID, Wi-Fi, Ethernet te 3G/4G mreže. Oni su dalje povezani sa *IoMT (Internet of Medical Things) slojem* koji šalje izmjerene podatke objektima kao što su bolnice, hitne službe ili medicinski centri. Ovaj način liječnicima omogućuje jednostavan pristup medicinskoj povijesti bolesnika kao i njihovom fiziološkom stanju te analizi sumnjivih podataka. Četvrti sloj je *aplikacijski servisni sloj* koji koristi sučelje između liječnika i pacijenata, koji su međusobno udaljeni, za jednostavno pružanje informacija o daljnjem liječenju (Hassanien, Dey, Borra, 2018).

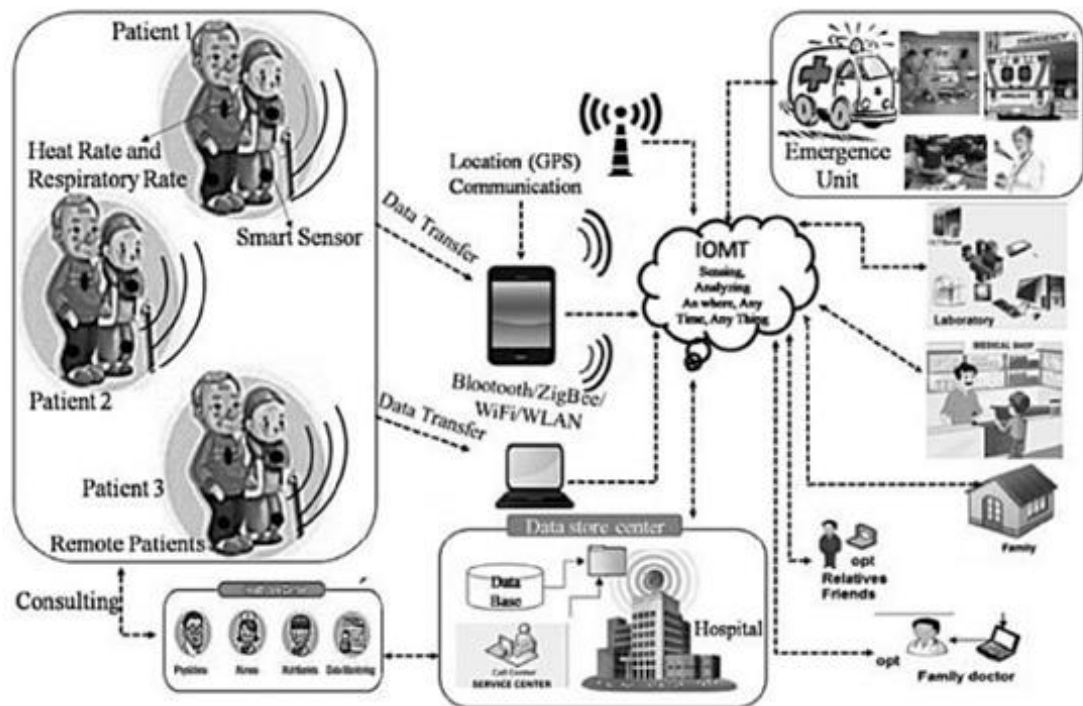
Slika 1. Arhitektura praćenja pacijenata na daljinu.



Izvor: Hassanien et al. (2018)

Drugi aplikacijski sloj, vidljiv na slici 2., od značajne je važnosti za obradu podataka sa senzora na mreži. Okvir za pohranu podataka na cloudu (oblaku) koristi se za organiziranje i obnavljanje brojnih informacija. Ugrađeni senzori u pametnim uređajima kao što je na primjer pametni sat mogu nadzirati otkucaje srca, krvni tlak, tjelesnu temperaturu ili disanje. U slučaju hitnih medicinskih slučajeva mogu se upotrijebiti za kontaktiranje liječnika u bilo kojem trenutku kako bi se spasio ljudski život.

Slika 2. Sustav praćenja pacijenata na daljinu putem nosivih senzora.



Izvor: Hassanien et al. (2018)

## 5 PROGRAMSKI JEZICI ZA IMPLEMENTIRANJE INTERNET STVARI U MEDICINI

Kako bi se postigao željeni rezultat razvoja *Internet stvari u medicini*, potrebno je odabrati onaj programski jezik koji će garantirati visoke performanse proizvoda, u ovom slučaju pametnih medicinskih uređaja. Pri odabiru programskog jezika u obzir se uzimaju tri područja, a to su prikupljanje podataka, organizacija podataka te spremanje podataka. Svako od ovih područja zahtijeva korištenje različitih programskih jezika zbog prirode procesa koji su uključeni. Programski jezici koji se smatraju najprikladnijima u području prikupljanja podataka su C, C++ i Python. Za područje organizacije podataka najprikladnijima se smatraju Java, Python te programski jezik C. Najprikladniji programski jezici za treće područje, područje spremanja podataka, su Java, JavaScript te Python. Programski jezik Java izvrstan je za razvoj Internet stvari u medicini zbog svoje prirode i funkcionalnosti. Unutar jedne IoT operacije sudjeluje mnogo različitih uređaja i platformi. Jedna od velikih prednosti ovog programskog jezika jest ta da ne ovisi o platformi. To znači da Java uz pomoć *Java Virtual Machine-a* omogućuje prijelaz između različitih platformi bez ikakvih problema. Također, programski jezik Java poznat je po visokoj interoperabilnosti što ga čini savršenim za implementaciju gotovo svih Internet stvari u medicini. Java pomaže uređajima da komuniciraju na učinkovitiji način te pridonosi njihovoj boljoj integraciji. Java je objektno-orijentirani programski jezik koji ima mogućnost nadogradnje. To pridonosi duljem životnom ciklusu IoT proizvoda te programeru značajno štedi vrijeme. JavaScript je objektno-orijentirani programski jezik, poput Jave. Koristi se za izradu internetskih stranica, ali nedavno je uključen na popis programskih jezika za razvoj Internet stvari u medicini. Kao što je već spomenuto, svaki IoT projekt uključuje mnogo procesa i uređaja koji prikupljaju velike količine podataka. *Node.js* je Javascript okruženje koje može učinkovito obraditi veliki broj zahtjeva. Također, *Node.js* ima ugrađen NPM paket koji ima poprilično veliki broj modula za razvoj aplikacija. *Node.js* je skalabilan, pouzdan i brz te omogućuje izvršavanje u stvarnom vremenu. Upravo to ga čini savršenim za razvoj IoT projekata. Python je programski jezik opće namjene koji je opremljen alatima i bibliotekama koji su dizajnirani za rješavanje problema vezanih uz Internet stvari u medicini. Neki od tih alata i biblioteka su *TensorFlow* koji se koristi za strojno učenje, zatim *Matplotlib* koji se koristi za vizualizaciju podataka te *NumPy* i *SciPy* koji se koriste za

znanstveno računanje. Kao što je spomenuto na početku, IoT procesi započinju prikupljanjem podataka na malim uređajima. Za međusobnu komunikaciju uređaja i aplikacije te slanja podataka potrebni su mikrokontroleri. Upravo je Python, kao programski jezik prikladan za rad na mikrokontrolerima koristeći softversku implementaciju *MicroPython*. Programski jezik C je također prikladan za razvoj mikrokontrolera (Linnik, 2019).

PHP je programski jezik koji se polako prilagođava kako bi se mogao koristiti u razvoju Internet stvari u medicini za mikro usluge. Primarno se implementira na jeziku C, a kombinacija jezika C i PHP-a izvrsna je za razvoj Internet stvari u medicini. Uzimajući u obzir sve ove prednosti, prilikom odabira programskog jezika uvijek treba biti oprezan te pripaziti da programski kod bude besprijekoran jer ipak su u pitanju ljudski životi (Bhaskar, 2019).

## 6 PRIMJERI PRIMJENE INTERNET STVARI U MEDICINI - SVIJET

### 6.1 CGM (Continuous Glucose Monitor) – Kontinuirani nadzor glukoze

CGM je uređaj koji pomaže dijabetičarima u praćenju razine glukoze u krvi. Kako bi ovaj uređaj pravilno funkcionirao, obučeni pružatelj zdravstvene zaštite ugrađuje mali senzor ispod kože, vidljiv na slici 3., na područje nadlaktice, koji traje najviše 3 mjeseca. Zatim se na kožu iznad smještenog senzora zalijepi pametni transmitter, vidljiv na slici 4., koji se bežično povezuje sa senzorom kako bi se aktiviralo mjerenje glukoze u krvi. Pametni transmitter prima podatke o glukozi, izračunava glukoznu vrijednost koju onda putem Bluetooth-a šalje mobilnoj aplikaciji na pametnom telefonu koja je vidljiva na slici 5. Transmitter prima i šalje podatke svakih pet minuta te u slučaju niske ili visoke razine glukoze u krvi vibrira. Pametni telefon također vibrira u slučaju niske ili visoke razine glukoze u krvi te automatski šalje podatke liječniku. U aplikaciji su prikazani rezultati mjerenja u obliku grafova (<https://www.eversensedidiabetes.com/eversense-cgm-system>, 2020).

Slika 3. Senzor



Slika 4. Transmitter



Slika 5. Aplikacija na pametnom telefonu



Izvor slika 3., 4., 5.: <https://www.eversensedidiabetes.com/eversense-cgm-system> (1. 4. 2020.)



## 6.2 PillCam

*PillCam* je endoskopska kapsula, vidljiva na slici 6., koja omogućuje izravnu vizualizaciju jednjaka, želuca te tankog i debelog crijeva, uključujući i lezije koje mogu biti povezane s Chronovom bolešću, nepoznatim krvarenjem ili anemijom (nedostatkom željeza). Za razliku od kolonoskopije, koja ima visoki rizik krvarenja te rizik od nepotpune kolonoskopije, endoskopska pilula je puno ugodnija i sigurnija za pacijenta. Pacijentu se na tijelo postave senzori, vidljivi na slici 7., koji prikupljaju podatke iz kapsule. Podaci koji se prikupljaju snimaju se na vanjski uređaj, vidljiv na slici 8., kojeg pacijent nosi tijekom procedure. Nakon završetka procedure liječnik uzima podatke s vanjskog uređaja za interpretaciju (<https://www.medtronic.com/covidien/en-us/products/capsule-endoscopy/pillcam-sb-3-system.html>, 2020).

Slika 6. Endoskopska kapsula.



Izvor: <https://www.medtronic.com/covidien/en-us/products/capsule-endoscopy/pillcam-sb-3-system.html#pillcam-sb-3-capsule> (1. 4. 2020.)

Slika 7. Senzori.



Izvor: <https://www.medtronic.com/covidien/en-us/products/capsule-endoscopy/pillcam-sb-3-system.html#pillcam-sb-3-small-sensor-array> (1. 4. 2020.)

Slika 8. Vanjski uređaj.



Izvor: <https://www.medtronic.com/covidien/en-us/products/capsule-endoscopy/pillcam-sb-3-system.html#pillcam-recorder-3> (1. 4. 2020.)

### 6.3. Inzulinska pumpa

Inzulinska pumpa, vidljiva na slici 9., je medicinsko pomagalo, mali baterijski uređaj, koji omogućuje kontinuirano opskrbljivanje organizma inzulinom u potrebnim dozama tijekom 24 sata. Jednostavnija je i sigurnija metoda davanja inzulina zbog toga što bi pojedinac mogao zaboraviti dati si injekciju, dok stroj neće “zaboraviti” svoju dnevnu zadaću i uvijek će davati jednaku količinu inzulina, ukoliko je to potrebno (<https://mediligo.hr/en/insulin-pump/>, 2020).

Slika 9. Prikaz rada inzulinske pumpe.



Izvor: <https://www.medtronic-diabetes.ch/fr/vivre-avec-pompe-insuline/diabete-et-voyage>

(1. 4. 2020.)

## 6.4 Pametna bočica za lijekove

Pametnu bočicu za lijekove izumila je američka tvrtka AdhereTech. To je bočica koju pacijenti dobivaju kako bi u nju stavili lijekove koji su im ranije propisani. Pametna bočica za lijekove, vidljiva na slici 10., koristi se kako pacijenti ne bi zaboravili uzeti propisanu dozu. Pametna bočica na pametni telefon šalje podsjetnik pacijentu, u obliku poruke ili automatskog poziva. Također, pametna bočica je povezana sa ljekarnama te ukoliko je pacijent pri kraju s lijekovima, ona obavještava ljekarnu te ljekarnik kontaktira pacijenta kako bi se s njim dogovorio o nadopuni lijekova (<https://www.adheretech.com/how-it-works>, 2020).

Slika 10. Pametna bočica za lijekove.



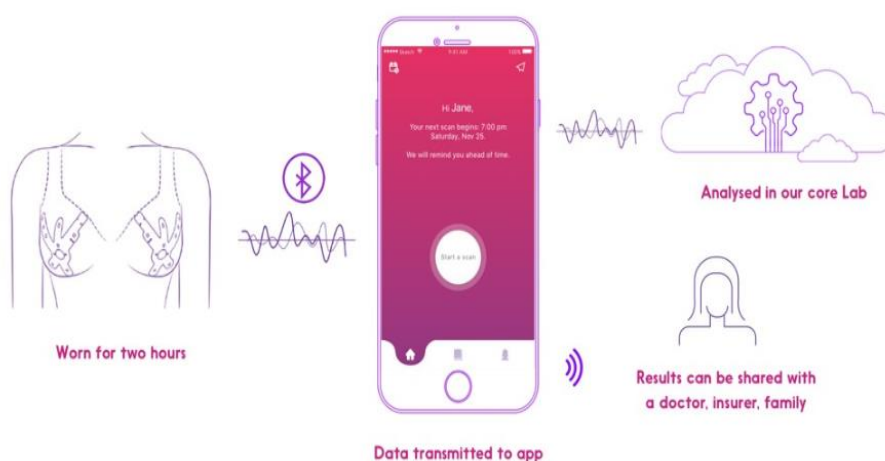
Izvor: <https://twitter.com/AdhereTech/photo> (1. 4. 2020.)

## 6.5 *Cyrcadia Breast Monitor* (ITbra)

*Cyrcadia Breast Monitor* koristi se u detektiranju raka dojke te se nosi dva puta mjesečno. Efektivniji je od klasičnih procedura detekcije raka kao što su mamografija, ultrazvuk i slično. Izumila ga je američka tvrtka Cyrcadia Health. Sastoji se od para nosivih fleksibilnih flastera po jedan za svaku dojku. Svaki flaster ima 8 ugrađenih digitalnih senzora za temperaturu koji prenose temperaturne podatke na bluetooth uređaj za snimanje podataka (DRD – Data Recording Device). DRD pohranjuje prikupljene podatke sve dok se ne uspostavi lokalna bluetooth mreža sa pametnim telefonom (ili sličnim uređajem koji ima pristup internetu) na kojem je instalirana *Cyrcadia* mobilna aplikacija. Aplikacija prima snimljene podatke te ih prenosi lokalnom upravitelju podataka za daljnji prijenos u Core Lab, *Cyrcadi-in* laboratorij za analizu. Tamo se podaci analiziraju te se rezultati šalju natrag lokalnom upravitelju podataka koji te rezultate šalje aplikaciji. Rezultati se mogu poslati liječniku kako bi razgovarali o njima (<http://cyrcadiahealth.com/core-technology/>, 2020).

Prikaz rada *Cyrcadia Breast Monitor-a* prikazan je na slici 11.

Slika 11. Prikaz rada *Cyrcadia Breast Monitor-a*.



Izvor: <https://www.scmp.com/lifestyle/health-wellness/article/2180728/hi-tech-itbra-breakthrough-asian-women-high-risk-breast> (1. 4. 2020.)

## 6.6 KardiaMobile

*KardiaMobile* izumila je američka tvrtka AliveCor. To je prijenosni EKG monitor koji prikuplja podatke o elektrofiziologiji srca. Sastoji se od uređaja i aplikacije, vidljivih na slici 12., koja omogućava pregled rezultata EKG-a bilo kada i bilo gdje. *KardiaMobile* koristi tehnologiju koja pretvara električne impulse s jagodica prstiju u ultrazvučne signale koji se prenose mikrofonom mobilnog uređaja. Služi u detektiranju atrijske fibrilacije (brz i nepravilan rad srca), bradikardije (smanjenje broja otkucaja srca), tahikardije (ubrzani rad srca) te praćenju normalnog srčanog ritma. Sve što korisnik treba napraviti jest pokrenuti aplikaciju i staviti dva prsta na svaki metalni senzor. Metalni senzori se mogu pričvrstiti na stražnju stranu mobilnog uređaja uz pomoć odgovarajućeg okvira, kao što je prikazano na slici 13., ali i ne moraju. Također, rezultati mjerenja mogu se poslati liječniku elektroničkom poštom, mogu se pratiti krvni tlak i tjelesna težina. Aplikacija uključuje primjere aritmije kako bi je korisnik znao prepoznati na grafovima te poveznice do korisnih vanjskih izvora (<https://store.alivecor.com/products/kardiamobile>, 2020).

Slika 12. Metalni senzori i aplikacija



Izvor: <https://store.alivecor.com/products/kardiamobile> (1. 4. 2020.)

Slika 13. Pričvršćivanje senzora na mobilni uređaj

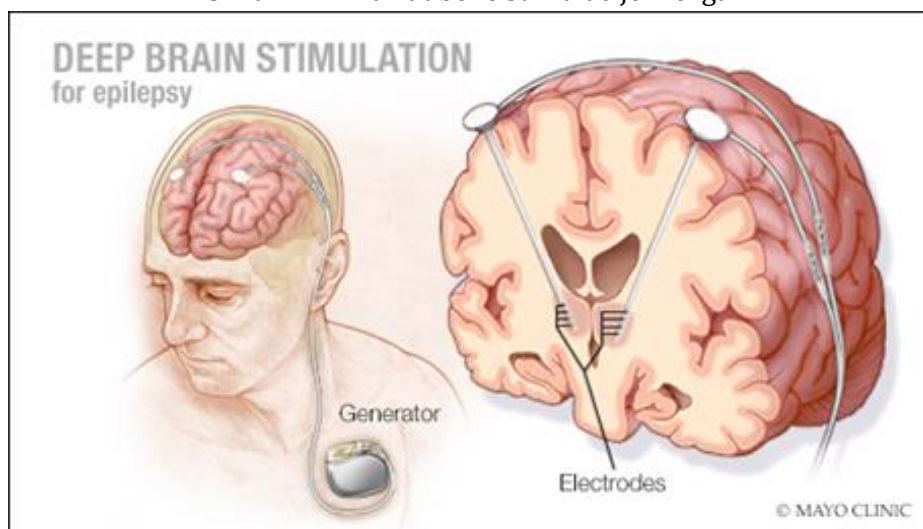


Izvor: <https://store.alivecor.com/products/kardiamobile> (1. 4. 2020.)

## 6.7 Duboka stimulacija mozga (deep brain stimulation)

Duboka stimulacija mozga je neurokirurški postupak koji uključuje postavljanje medicinskog uređaja zvanog neurostimulator vidljivog na slici 14. Neurostimulator, kroz implantirane elektrode, šalje električne impulse do određenog cilja u mozgu (jezgre mozga) za liječenje poremećaja kretanja, uključujući Parkinsonovu bolest, Touretteov sindrom, tremor i distoniju. Također, koristi se i za liječenje kompulzivno – opsesivnog poremećaja, epilepsije te kroničnih bolesti kao što je velika depresija. S operacijom dolaze i određene nuspojave kao što su dezorijentacija, mučnina, vrtoglavica, mogućnost pojave krvarenja u mozgu ili diplopija (dvoslika). Internet stvari u ovom slučaju omogućuju bilježenje neuronskih aktivnosti u stvarnom vremenu te kontrolu ovih elektroda na daljinu kako bi liječnik mogao na daljinu promatrati nuspojave koje se mogu javiti (<https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/deep-brain-stimulation/about/pac-20384562>, 2020).

Slika 14. Prikaz duboke stimulacije mozga.



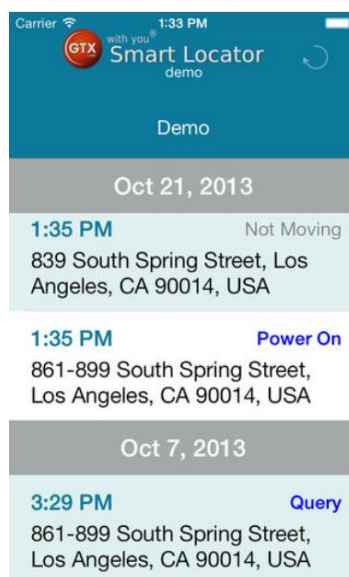
Izvor: <https://www.quora.com/How-effective-is-deep-brain-stimulation-for-treating-epilepsy>  
(4. 4. 2020.)

## 6.8 Pametni ulošci za cipele

Pametni ulošci za cipele s ugrađenim GPS-om, vidljivi na slici 17., namijenjeni su praćenju osoba kao što su djeca i mladi s autizmom, starije osobe koje boluju od Alzheimerove bolesti i svi oni koji bi potencijalno mogli odlutati i izgubiti se. Razvila ih je američka tvrtka Smart Sole. Vrlo su praktični zato što osobe koje ih koriste ne moraju ni znati da je u njima ugrađen sustav za praćenje, bežično se pune, vodootporni su te automatski bilježe lokaciju na kojoj se osoba nalazi i šalju obavijesti bližnjima na aplikaciju. Također, šalju obavijest o niskoj razini baterije (<https://gpssmartsole.com/gpssmartsole/>, 2020).

Aplikacija omogućuje uvid u prethodne lokacije gdje se osoba nalazila kao što je vidljivo na slici 15. Također, aplikacija prikazuje gdje se osoba trenutno nalazi, kao što je vidljivo na slici 16., te prikazuje da li se osoba kreće ili je na nekom određenom mjestu.

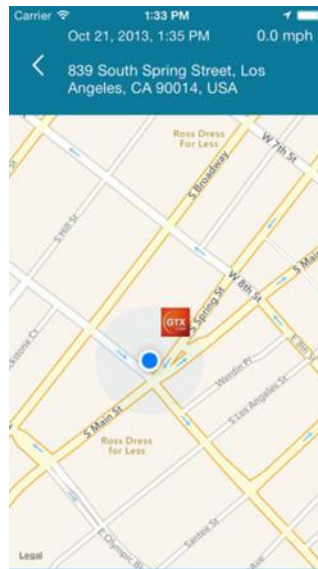
Slika 15. Prikaz prethodnih lokacija kretanja osobe u aplikaciji na pametnom telefonu.



Izvor: <https://gpssmartsole.com/gpssmartsole/gtx-corp-smart-locator-app/>

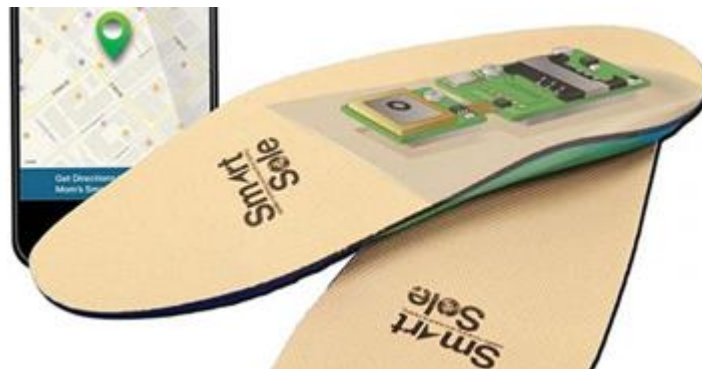
(26. 6. 2020.)

Slika 16. Prikaz trenutne lokacije kretanja osobe u aplikaciji na pametnom telefonu.



Izvor: <https://gpssmartsole.com/gpssmartsole/gtx-corp-smart-locator-app/>  
(26. 6. 2020.)

Slika 17. Pametni ulošci za cipele.



Izvor: <https://www.iphoneness.com/cool-finds/smartsole-wearable-gps-tracker/> (4. 4. 2020.)



## 6.9 Povezani inhalatori

Poput dijabetesa, astma je stanje koje utječe na živote stotine milijuna ljudi širom svijeta. Povezani inhalatori, koristeći pametnu tehnologiju, omogućavaju im veću kontrolu nad njihovim simptomima i liječenjem. Najveći proizvođač pametne tehnologije za inhalatore je američka tvrtka Propeller Health. Umjesto proizvodnje pametnih inhalatora, proizveli su senzor koji se pričvršćuje na inhalator. Senzor se povezuje s aplikacijom na mobilnom telefonu, kao što je prikazano na slici 18., te pomaže osobama oboljelim od astme, emfizema ili kroničnog bronhitisa shvatiti što uzrokuje njihove simptome. Također, može im pružiti uvid u koncentraciju alergena u zraku te prati koliko često uzimaju propisane lijekove. Aplikacija na pametnom telefonu generira izvješća o korištenju inhalatora koja se mogu poslati liječniku kako bi se, ukoliko je to potrebno, prilagodila terapija propisanih lijekova. Prednost upotrebe povezanog inhalatora je češće uzimanje propisanih lijekova što dovodi do boljeg zdravstvenog stanja pacijenta (<https://econsultancy.com/internet-of-things-healthcare/>, 2019).

Slika 18. Prikaz senzora na inhalatoru povezanog s aplikacijom na pametnom telefonu.



Izvor: <https://www.propellerhealth.com/> (4. 4. 2020.)

## 6.10 CoaguCheck INRange

*CoaguCheck INRange* je sustav koji koristi Bluetooth tehnologiju te pacijentima omogućava da bez odlaska liječniku provjere razinu koagulacije (zgrušavanja krvi). Prikaz korištenja *CoaguCheck INRange* uređaja prikazan je na slici 19. Ovo je prvi takav uređaj koji omogućuje pacijentima da ostanu unutar svoje propisane terapije te da izbjegnu rizik od pojave moždanog udara ili krvarenja. Također, rezultati se dobivaju unutar jedne minute te ih je moguće putem mobilne aplikacije poslati liječniku što znači da će pacijenti manje morati odlaziti na preglede. Isto tako, uređaj omogućava pacijentima da dodaju komentare na svoje rezultate (na primjer je su li mijenjali prehranu koja je mogla utjecati na rezultate) te ih podsjeća kad se trebaju testirati. Uspoređuje je li dobiveni rezultat viši ili niži od onog prošlog rezultata kako bi se rezultati laške mogli uspoređivati (<https://econsultancy.com/internet-of-things-healthcare/>, 2019).

Slika 19. Prikaz korištenja *CoaguCheck INRange* uređaja.



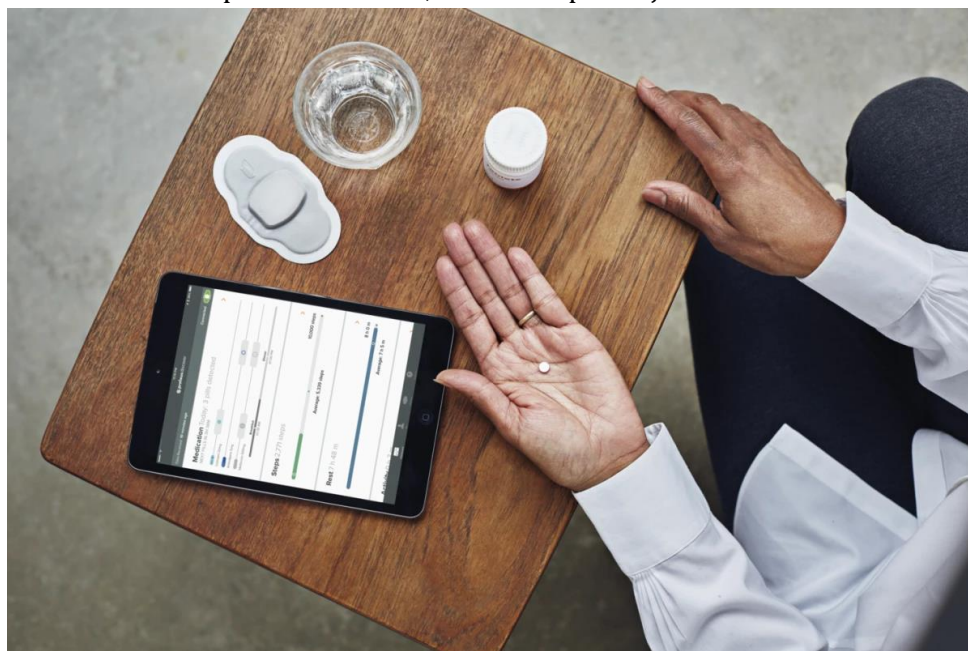
Izvor: <https://diagnostics.roche.com/global/en/products/systems/coaguchek-inrange-system.html>

(4. 4. 2020.)

## 6.11 Pametna tableta

Agencija za hranu i lijekove Sjedinjenih Američkih Država odobrila je prvu pametnu tabletu pod nazivom *Abilify MyCite*, vidljivu na slici 20. Tableta sadrži lijek i probavljivi senzor koji se aktivira kada dođe u kontakt sa želučanom tekućinom. Cilj je otkriti jesu li pacijenti sa shizofrenijom i bipolarnim poremećajem uzeli svoj lijek. Tableta prenosi podatke na flaster koji se zalijepi na kožu pacijenta i koristi Bluetooth tehnologiju. Flaster zatim šalje podatke aplikaciji na pametnom telefonu. Uz pristanak pacijenta, podacima mogu pristupiti liječnici putem web portala. Flaster također automatski broji napravljene korake u danu te koliko je vremena pacijent odmarao te podatke šalje aplikaciji na mobilnom telefonu (Haridy, 2017).

Slika 20. Prikaz pametne tablete, flastera i aplikacije na mobilnom telefonu.



Izvor: <https://newatlas.com/smart-digital-pill-fda-approval/52187/> (7. 4. 2020.)

## 6.12 Pacemaker

Pacemaker je uređaj koji osjeća srčane impulse te po potrebi šalje električne impulse radi aktivacije srčanog mišića i održavanja normalnog srčanog ritma. Američka tvrtka Medtronic napravila je *Micru™*, najmanji pacemaker na svijetu veličine 25 milimetara, vidljiv na slici 22. Za razliku od standardnog pacemakera, vidljivog na slici 21., koji se ugrađuje kirurškim zahvatom, vidljivo na slici 23., *Micra* se ugrađuje direktno u srce kroz venu u preponi pacijenta koristeći kateter, vidljivo na slici 24. Prednost ovakvog pacemakera za pacijenta jest izbjegavanje reza na prsima, ožiljaka te izbočina koje proizlaze ugradnjom standardnih pacemakera. Također, prednost je i trajanje baterije od 8 do 13 godina (<https://www.medtronic.com/us-en/patients/treatments-therapies/pacemakers/our/micra.html>, 2020).

Slika 21. Standardni pacemaker.



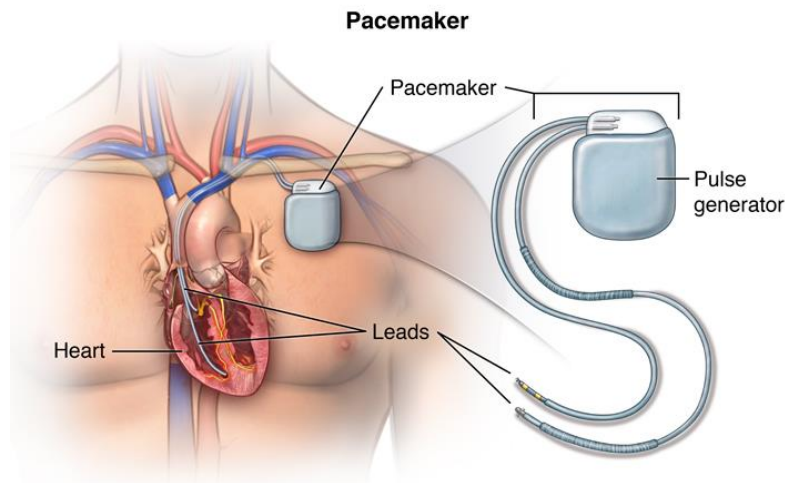
Izvor: <https://www.medgadget.com/2014/01/medtronics-pacemakers-now-cleared-for-full-body-mri-compatibility.html> (10. 4. 2020.)

Slika 22. Najmanji pacemaker na svijetu.



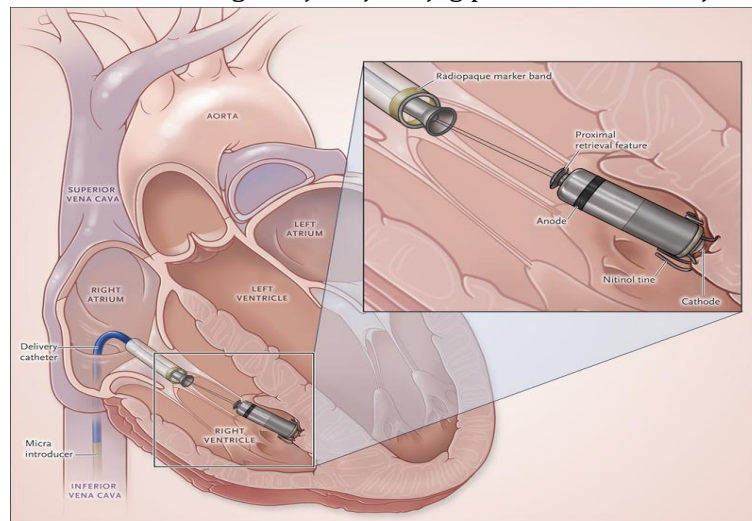
Izvor: <https://www.pharmashots.com/23227/medtronic-reports-results-of-worlds-smallest-pacemaker-in-marvel-2-study-for-patients-with-atrioventricular-block/> (10. 4. 2020.)

Slika 23. Prikaz ugradnje standardnog pacemakera.



Izvor: <https://www.oliversegal.com/heart-conditions/pacemaker-icds/> (10. 4. 2020.)

Slika 24. Prikaz ugradnje najmanjeg pacemakera na svijetu.



Izvor: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa1511643> (10. 4. 2020.)

Najveća prednost ovog pacemakera je zapravo omogućavanje liječniku nadziranja pacijenata na daljinu. Nadziranjem pacijenata na daljinu omogućuje se komuniciranje pacemakera s liječnikom čime se smanjuje broj putovanja pacijenata na pregled u kliniku. Studije pokazuju da nadzor pacijenata na daljinu pomaže liječnicima u bržem otkrivanju nenormalnih srčanih ritmova, smanjuje hospitalizacije i hitne posjete, povećava kvalitetu života te pruža pacijentima osjećaj sigurnosti i duševnog mira (<https://www.medtronic.com/us-en/patients/treatments-therapies/remote-monitoring.html>, 2020).

Pacemakeri tvrtke Medtronic uz pomoć *BlueSync™* tehnologije mogu preko odgovarajućih uređaja komunicirati s *MyCareLink Heart™* mobilnom aplikacijom na pametnom telefonu. Jedan od takvih uređaja je *MyCareLink Smart Patient Monitor* prikazan na slici 26. On se sastoji od ručnog čitača koji se prsloni na mjesto gdje se nalazi pacemaker te na taj način šalje podatke mobilnoj aplikaciji na pametnom telefonu. Aplikacija zatim šalje te podatke liječniku. Postoje još dva uređaja koji se koriste za slanje podataka liječniku, a to su *MyCareLink Relay™ Home Communicator*, vidljiv na slici 25. i *MyCareLink Patient Monitor* vidljiv na slici 27. Oba koriste Wi-Fi tehnologiju ili mobilni signal. *MyCareLink Relay™ Home Communicator* direktno šalje podatke sa pacemakera liječniku te se preporučuje za one koji se ne snalaze s pametnom tehnologijom i pametnim uređajima. *MyCareLink Patient Monitor* osim korištenja mobilnog signala koristi i struju te ga je potrebno priključiti na struju (<https://www.medtronic.com/us-en/patients/treatments-therapies/remote-monitoring/available-monitors.html>, 2020).

Slika 25. MyCareLink Relay™  
Home Communicator



Slika 26. MyCareLink Smart Patient Monitor



Slika 27. MyCareLink Patient Monitor



Izvor slika 25., 26. i 27: <https://www.medtronic.com/us-en/patients/treatments-therapies/remote-monitoring/available-monitors.html>, (10. 4. 2020.)

### 6.13 Beddit Sleep Monitor

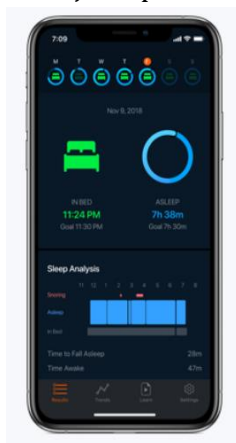
Tvrtka Apple izumila je *Beddit*, uređaj koji prati kvalitetu sna te pomaže u mjerenju, upravljanju i poboljšanju sna. To je zapravo senzorna traka debljine dva milimetra, vidljiva na slici 28., koja mjeri vrijeme spavanja, otkucaje srca, disanje, hrkanje te temperaturu i vlažnost spavaće sobe. Hrkanje mjeri na način da kombinira podatke senzora s mikrofonom na pametnom telefonu. Senzornu traku potrebno je zalijepiti na madrac ispod plahte u razini srca i pluća te priključiti u struju. Podaci koji se prikupljaju šalju se mobilnoj aplikaciji na pametnom telefonu, prikazanoj na slici 29., preko Bluetooth tehnologije. Mobilna aplikacija svako jutro šalje povratne informacije o kvaliteti sna te prosječnom ritmu srca i disanja(<https://www.apple.com/shop/product/MUFM2LL/A/beddit-sleep-monitor>, 2020).

Slika 28. Senzorna traka



Izvor: <https://www.beddit.com/>, (10. 4. 2020.)

Slika 29. Aplikacija na pametnom telefonu



Izvor: <https://www.beddit.com/>, (10. 4. 2020.)



## 6.14 Degree

*Degree* je medicinski uređaj koji se koristi za kontinuirano mjerenje temperature kod djece i odraslih. Razvila ga je njemačka tvrtka Cosinuss. To je zapravo nosivi termometar u uhu, koji uz pomoć aplikacije, pruža bolji nadzor tjelesne temperature. Degree uređaj i pripadajuća aplikacija vidljivi su na slici 30. Ergonomski dizajn usmjerava ka točnom postavljanju uređaja u uho. Dobar položaj infracrvenog senzora ključan je za točno mjerenje tjelesne temperature. Infracrveni senzor pasivno mjeri toplinsko zračenje bubnjića te zračenje topline iz slušnog kanala. Nakon što se uređaj postavi u uho, osoba ga može nositi dokle god se nalazi u temperaturnom stanju. Aplikacija pokazuje krivulju koja prikazuje temperaturne zone, od normalne temperature do povišene temperature, u zelenoj, žutoj i crvenoj boji. Na stražnjem dijelu uređaja nalazi se LED svjetlo koje također pokazuje odgovarajuće boje. Uređaj je napravljen od mekanog i izdržljivog materijala pogodnog za kožu. Uređaj se sprema u kutiju za punjenje gdje je sigurno pohranjen i uvijek spreman za upotrebu. Baterija ovog Bluetooth uređaja traje 5 dana (<https://www.cosinuss.com/degree/>, 2020).

Slika 30. Prikaz *Degree* uređaja i pripadajuće aplikacije.



Izvor: <https://www.cosinuss.com/degree/> (8. 4. 2020.)



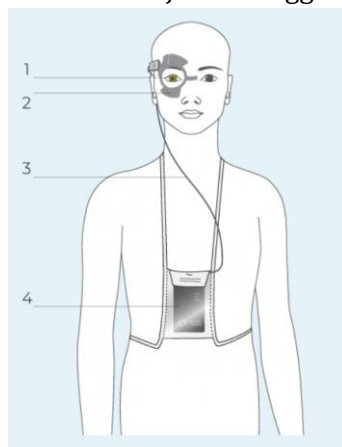
## 6.15 Triggerfish

Švicarska tvrtka Sensimed razvila je neinvazivnu pametnu kontaktnu leću nazvanu *Triggerfish* (<https://econsultancy.com/internet-of-things-healthcare/>, 2019).

Ona omogućuje uvid u promjene očnog volumena tijekom dana i noći. Pametna kontaktna leća bilježi spontane promjene oka pružajući liječnicima informacije koje mogu pomoći u liječenju glaukoma. Tijekom 24-satnog nadzora pruža cjelovitu sliku pacijentovog oka. Također, zajedno sa drugim testovima može pružiti uvid hoće li gubitak vida napredovati sporo ili brzo. Razumijevanje ponašanja oka može pomoći u odabiru tretmana liječenja te može pokazati djeluje li odabrani tretman ili je potrebno započeti agresivniju terapiju. Pametna kontaktna leća napravljena je od silikona te je u nju ugrađen mikrosenzor koji bilježi spontane promjene u rožnici oka. Ljepljiva antena postavlja se oko oka te bežično prima informacije od kontaktne leće. Prikupljeni podaci šalju se s antene na prijenosni snimač tankim fleksibilnim kabelom. Snimač pohranjuje podatke te se nakon završetka praćenja podaci putem Bluetooth tehnologije prenose softveru koji je instaliran na liječnikovom računalu (<https://www.sensimed.ch/sensimed-triggerfish/>, 2020).

Svi sastavni dijelovi Triggerfish tehnologije prikazani su na slici 31.

Slika 31. Prikaz sastavnih dijelova Triggerfish tehnologije.



Izvor: <https://www.sensimed.ch/sensimed-triggerfish/> (8. 4. 2020.)

## 7 PRIMJERI PRIMJENE INTERNET STVARI U MEDICINI - HRVATSKA

### 7.1 *Play Attention*

*Play Attention* je sveobuhvatni sustav za uvježbavanje održavanja pažnje vidljiv na slici 32. Pomaže pojedincu, djetetu ili odrasloj osobi, da uvidi svoj potencijal u kontroli pažnje i ponašanja te ga u velikoj mjeri i poboljša. Razvila ga je zagrebačka tvrtka Neurotech. Kod osoba s ADHD-om (poremećajem pozornosti s hiperaktivnošću) razvija održavanje pažnje, pospješuje ignoriranje ometajućih sadržaja, razvija vještine pamćenja, pospješuje završavanje zadataka te razvija vještine organiziranja. Rezultat ove tehnologije je povećan uspjeh u školi i na radnom mjestu, povećano samopoštovanje te veće zadovoljstvo životom. *Play Attention* se sastoji od *BodyWave* sučelja (narukvice) koja se postavlja na nogu ili ruku te od programa koji sadrži zanimljive video-igrice. *BodyWave* narukvica šalje podatke o moždanoj aktivnosti u igricu. Na taj način se s pažnjom i koncentracijom na zadatak kontrolira tijek igrice. Nakon završene igrice program daje povratnu informaciju o korisnikovoj razini pažnje. Prvi rezultati uočavaju se nakon dvadeset tretmana, a kako bi se ostvario dugotrajni napredak potrebno je izvršiti četrdeset vježbi (<http://neurotech.hr/o-play-attentionu/>, 2020).

Slika 32. *Play Attention*.



Izvor: <https://www.teklic.hr/aktualno/aktualno-hrvatska/play-attention-u-prvoj-srednjoj-skoli-u-hrvatskoj-biofeedback-tehnologiju-zasad-koristi-deset-nasih-skola/126923/> (7. 4. 2020.)

## 7.2 Upravljanje medicinskom opremom (“Smart healthcare”)

Nizozemska IT tvrtka Typeqast u svom sjedištu u Splitu razvila je platformu „Smart healthcare“ s ciljem olakšanja upravljanja medicinskom opremom. Osoblje u bolnicama potroši oko sat vremena dnevno na traženje opreme po bolnici umjesto da to vrijeme iskoriste za bolju brigu o pacijentima. Također, zaključeno je i da je oko 20% opreme u bolnicama višak jer, ukoliko se ne nađe potrebna oprema u bolnici naručuje se nova koja je zapravo nepotrebna, što ujedno povećava i troškove bolnice (<https://typeqast.com/en/blog/track-and-trace-3-0-how-smart-hospitals-can-track-their-assets-and-patients/>, 2019).

Upravo zato se na svu bolničku opremu planiraju postaviti bluetooth tagovi, koji su veličine novčanice od 2 kn te se sami napajaju iz baterija koje traju nekoliko godina, kako bi se mogla pratiti npr. kolica za osobe s invaliditetom, kreveti, oprema za medicinske zahvate i ostala medicinska oprema. Medicinsko osoblje može u svakom trenutku, koristeći mobilne uređaje, pretražiti bolnicu i pronaći najbliži uređaj ili opremu koja im je potrebna. Iako je njihova platforma u testnoj fazi već je spasila ljudski život. Naime, u belgijskoj bolnici u kojoj je sustav trenutno u probnom radu jedan je pacijent doživio infarkt te mu je stalo srce. Osoblje je krenulo po opremu za oživljavanje, međutim, oprema nije bila na za to predviđenom mjestu. U sveopćoj panici, nitko nije znao gdje se oprema nalazi. Netko od osoblja sjetio se da upravo testiraju ovaj sustav za praćenje bolničkog inventara te su putem pametnog telefona u par sekundi uspjeli locirati opremu za oživljavanje na bolničkom katu (<https://www.teklic.hr/biz/pametni-hrvati-u-belgiji-spasavaju-zivote-zasto-ne-i-u-hrvatskoj/151451/>, 2019).

### 7.3 *Teddy the Guardian*

*Teddy the Guardian* jest inovacija dviju hrvatskih autorica Ane Burice i Josipe Majić (<https://www.rtl.hr/vijesti-hr/novosti/1524909/upoznajte-medu-koji-djeci-mjeri-temperaturu-i-otkucaje-srca/>, 2015).

To je mekani plišani medvjedić vidljiv na slici 33., odnosno veliki hardver koji djeci čita vitalne znakove. Naime, ugrađenim senzorima u desnoj šapi mjeri otkucaje srca, krvni tlak, zasićenost kisikom i tjelesnu temperaturu te šalje podatke bežičnim putem na pametni telefon kao što je vidljivo na slici 34. *Teddy the Guardian* mogao bi biti od velike pomoći u bolnicama gdje djeca u njegovoj blizini više nikad ne bi morala mjeriti temperaturu toplomjerom ili pak krvni tlak tlakomjerom. Samo bi se trebali primiti za ruke sa svojim medvjedićem ili pak njegovu šapu prisloniti na svoje čelo. Prikupljeni podaci se spremaju u 'korisnički profil' bilježeći tako povijest bolesti pacijenta (<https://www.jutarnji.hr/vijesti/hrvatska/neocekivan-uspjeh-hrvatskog-izuma-teddy-zapljenio-paznju-na-ces-sajmu-u-las-vegasu/851644/>, 2014).

Elektronički dijelovi medvjedića zaštićeni su silikonom kako djeca ne bi bila u kontaktu s elektronikom, ali i zbog pranja jer je nužno da se igračka može lako dezinficirati (Ivančić i Peršić, 2014).

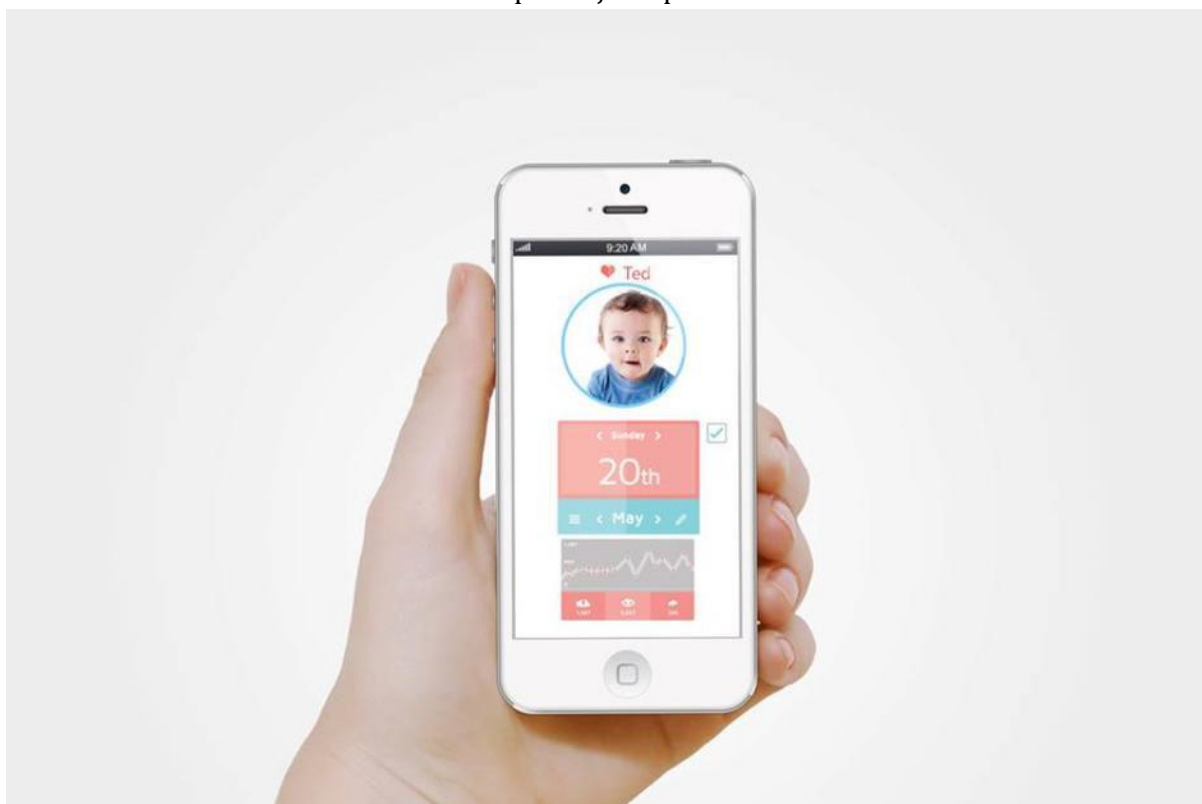
Također, važno je spomenuti kako se *Teddy the Guardian* već koristi u deset bolnica u Hrvatskoj te u dvije bolnice u Bosni i Hercegovini kao donacija. Paket donacija sadržavao je medvjedića s pripadajućim certifikatom te mobilni uređaj (Biberović, 2015).

Slika 33. Teddy the Guardian.



Izvor: <http://metro-portal.hr/pametni-medvjedici-teddy-the-guardian-u-bolnicama/90153>  
(18. 4. 2020.)

Slika 34. Prikaz aplikacije na pametnom telefonu.



Izvor: <https://www.24sata.hr/tech/studentice-iz-zagreba-osvojile-su-las-vegas-svojim-izumom-350053/galerija-308464?page=8> (18. 4. 2020.)

## 8 PREDNOSTI INTERNET STVARI U MEDICINI

Jedna od najvećih prednosti korištenja Internet stvari u medicini jest praćenje stanja pacijenata u stvarnom vremenu putem povezanih uređaja. Na taj način mogu se spasiti životi pacijenata u slučaju hitne medicinske situacije kao što su zatajenje srca, dijabetes, astma i slično. IoT uređaji prikupljaju i prenose zdravstvene podatke pacijenata kao što su krvni tlak, razina šećera u krvi, razina kisika i slično. Podaci se zatim pohranjuju u oblaku te se mogu dijeliti s liječnikom ili osiguravajućim društvom kojima se omogućuje uvid u prikupljene podatke. Prikupljeni podaci se osim liječnicima šalju i pacijentima putem mobilnih aplikacija na pametnom telefonu. Osim što prikupljaju podatke, IoT uređaji mogu izvještavati i analizirati podatke čime se smanjuje potreba za spremanjem neobrađenih podataka. Internet stvari u medicini omogućuju interoperabilnost, komunikaciju M2M (machine to machine), razmjenu informacija i kretanje podataka što pružanje zdravstvenih usluga čini učinkovitijim. Nadalje, Internet stvari u medicini mogu se koristiti i u istraživačke svrhe zbog toga što omogućuju brže prikupljanje ogromnih količina podataka o pacijentovoj bolesti čije bi ručno prikupljanje inače trajalo puno dulje, možda čak i nekoliko godina. Prikupljeni podaci mogu se upotrijebiti za statistička istraživanja koja bi podržala medicinska istraživanja. Tako se štede vrijeme i novac koji se ulažu u istraživanje. Dakle, Internet stvari imaju veliki utjecaj u području medicinskih istraživanja zbog toga što omogućuju uvođenje boljih medicinskih tretmana (Nasrullah, 2020).

Prednosti se također odnose i na pacijente. Upravo zbog mogućnosti praćenja pacijenata na daljinu pacijenti više ne moraju dolaziti svakodnevno na preglede ili ostajati u bolnici pa time smanjuju svoje putne troškove. Automatizirani procesi kao što su segmentacija podataka, primanje podataka te odluke temeljene na podacima mogu smanjiti pogreške u medicinskoj dijagnozi. Također, IoT uređaji pomažu u kontroli isporuke i uzimanja lijekova čime se smanjuju troškovi, a postupak kontrole postaje precizniji. Također, Internet stvari pridonose boljem upravljanju medicinskom opremom. Medicinsko osoblje više vremena može posvetiti liječenju pacijenata, a ne traženju potrebne opreme po bolnici (Kuprenko, 2019).

## 9 NEDOSTACI INTERNET STVARI U MEDICINI

Jedan od najznačajnijih nedostataka jest sigurnost podataka i privatnost. Naime, IoT uređaji prikupljaju i prenose podatke u stvarnom vremenu, međutim većini IoT uređaja nedostaju podatkovni protokoli i standardi. Pored toga postoji značajna nejasnoća u pogledu regulacije vlasništva podataka. Svi ti čimbenici čine podatke ranjivima to jest podložnima napadu internetskih kriminalaca koji mogu upasti u sustav i ugroziti osobne podatke pacijenata i liječnika. Također, mogu i zloupotrijebiti te podatke na način da izrade lažne osobne iskaznice za kupnju i preprodaju lijekova i medicinske opreme (Nasrullah, 2020).

Još jedan nedostatak su troškovi izgradnje infrastrukture Internet stvari u medicini koji su jako veliki. Troškovi obuhvaćaju cloud platforme, aplikacije te obuku medicinskog osoblja što oduzima vrijeme, planiranje i novac. Veliki problem predstavljaju postojeće bolničke mreže koji nisu dovoljno čvrste i sigurne da bi mogle rukovati u potpunosti implementiranim sustavom Internet stvari (Martin, 2018).

Kao još jedan nedostatak mogli bi se navesti slučajni kvarovi IoT uređaja gdje bi jedna mala pogreška u sustavu praćenja zdravlja bolesnika mogla dovesti do ozbiljnih posljedica. Ne postoji tehnologija koja bi mogla spriječiti u potpunosti ovakav neuspjeh, ali jako je bitno uzeti u obzir svaki detalj pri proizvodnji hardvera i razvoju aplikacija. Danas je Internet prepun virusa koji bi potencijalno mogli zaraziti IoT aplikacije u medicini. Međutim, softver se može zaštititi ukoliko se instaliraju dobri antivirusi i vatrozid (Kuprenko, 2019).

U nastavku rada objašnjeni su nedostaci Internet stvari u medicini na konkretnim primjerima neurostimulatora, inzulinske pumpe te pacemakera.

Neurostimulator, medicinski uređaj koji se koristi kod duboke stimulacije mozga može se hakirati odnosno može se dobiti neovlašteni pristup uređaju. Istraživači i znanstvenici sa Oxforda i St. George's University of London-a pokazali su da se dobivanjem pristupa uređaj može ugasiti ili se može oštetiti baterija uređaja. Također, može se preopteretiti mozak pacijenta prevelikom stimulacijom, može se mijenjati ponašanje pojedinca ili se mogu oštetiti njegove motoričke sposobnosti što na kraju pacijentu uzrokuje bol. Takav postupak

neovlaštene kontrole naziva se “brainjacking” koji može uzrokovati nepopravljivu štetu pojedincu. Jay Radcliffe, istraživač i sigurnosni ekspert iz kompanije Rapid7, ujedno i dijabetičar, našao je dokaz da određena inzulinska pumpa nema nikakvu enkripciju podataka. Ako se dobije pristup uređaju, svi podaci se mogu vidjeti i iščitati. Napadač može sniffati, tj. presresti ključ i iskoristiti ga za udaljeno spajanje i kontrolu istoga. Ako se netko “zaigra” i pacijentu da preveliku dozu inzulina, može mu izazvati napadaje. Također, Barnaby Jack, sigurnosni stručnjak koji se bavio proučavanjem propusta u programiranju medicinskih uređaja, napravio je sustav koji traži sve inzulinske pumpe koje komuniciraju bežično unutar 92 metra te koji mu omogućava hakiranje tih inzulinskih pumpi bez potrebe znanja njihovog identifikacijskog broja. Na taj način mogao je smanjivati ili povećavati dozu inzulina dovodeći korisnika te inzulinske pumpe u hipoglikemijski šok. Već spomenuti sigurnosni stručnjak, Barnaby Jack, napravio je softver (nakon 6 mjeseci proučavanja propusta i mana uređaja) koji mu je omogućio daljinsko slanje električnih šokova (udara) svakome tko je u sebi imao ugrađeni pacemaker unutar 16 metara. Također, taj softver mu je omogućio gašenje pacemakera, čitanje i pisanje u memoriju uređaja te čak isporuku visokog napona do smrtnih 830 volti (Steele, 2017).

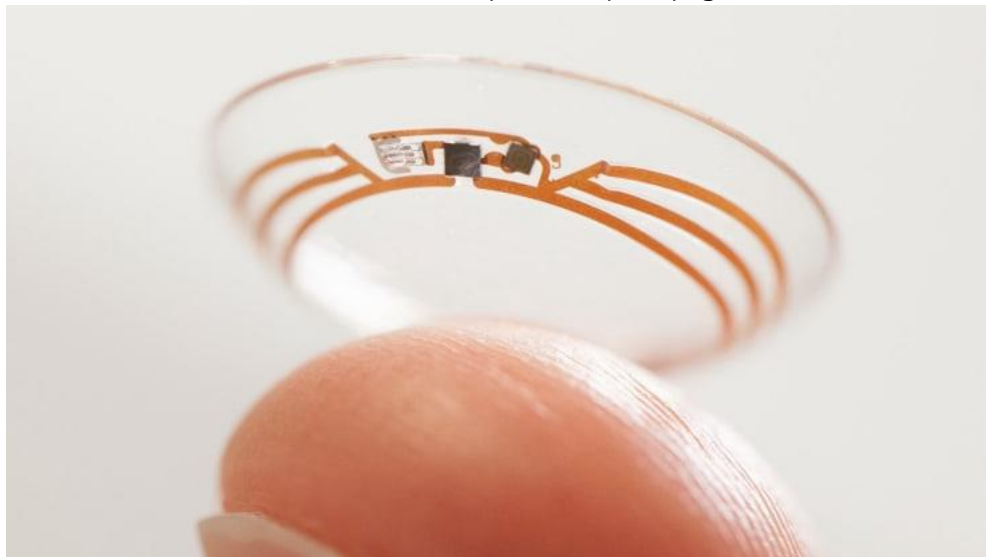


## 10 TRENDОВI U RAZVOJU INTERNET STVARI U MEDICINI

U nastavku rada spomenuti su neki od trendova Internet stvari u medicini koji su trenutno u fazi razvitka. Jedan od trendova su pametne kontaktne leće prikazane na slici 35.

Google Life Science poznatiji kao Verily, 2014. Godine, objavio je razvijanje pametnih kontaktnih leća koji bi mogle izmjeriti glukozu iz suza te na taj način upozoriti dijabetičare o niskoj ili visokoj razini glukoze u krvi. Projekt je izazvao veliku sumnju kod istraživača zbog toga što oni vjeruju da ideja o mjerenju glukoze u krvi kroz suze nije znanstveno ispravna. Unatoč mišljenju istraživača, Verily je nastavio razvijati pametne kontaktne leće, u suradnji s tvrtkom Alcon, koje bi pomogle u liječenju presbyopie poznatije kao “staračka dalekovidnost”. Također, pomogle bi i u oporavku vida nakon operacije sive mrežnice (https://econsultancy.com/internet-of-things-healthcare/, 2019).

Slika 35. Pametna kontaktna leća zamišljena za mjerenje glukoze u krvi kroz suze.

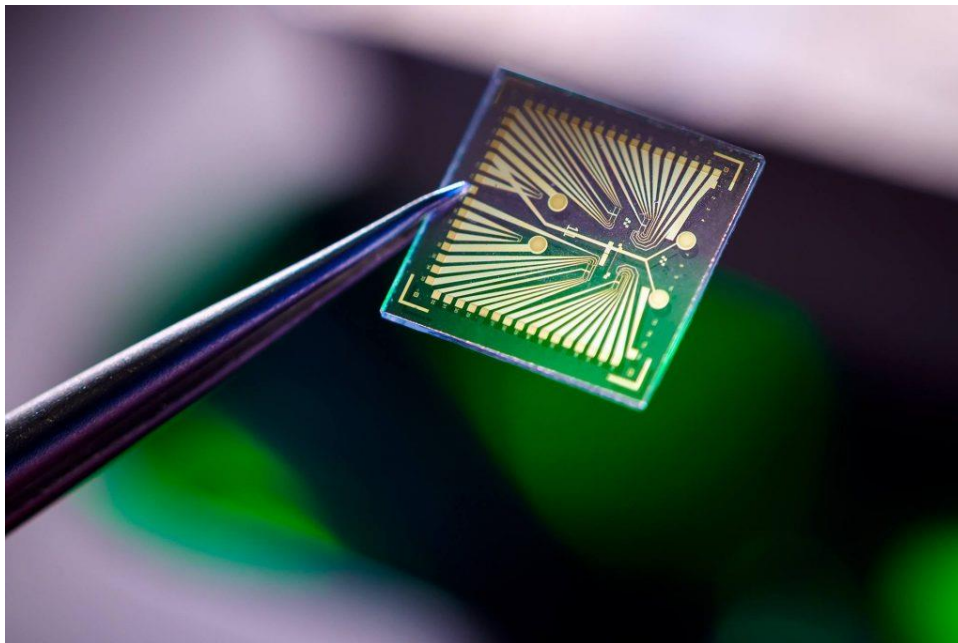


Izvor: <https://www.cnbc.com/2018/11/16/alphabet-verily-stops-smart-lens-glucose-measuring-contact-lens.html> (8. 4. 2020.)

Drugi primjer trenda je *Lab-on-Skin* odnosno laboratorij na koži. *Lab-on-Skin* razvili su istraživači sa Federalnog tehnološkog instituta u Švicarskom gradu Lausanni u suradnji sa startup-om Xsensio. To je zapravo minijturni čip, vidljiv na slici 36., koji se može postaviti

izravno na kožu osobe ili integrirati u pametnu narukvicu ili sat. Daje uvid u zdravlje korisnika na način da analizira specifične biomarkere sadržane u znoju osobe. Čip može detektirati koncentraciju natrija i kalija u znoju, izmjeriti tjelesnu temperaturu te razinu elektrolita, proteina i hormona. Podaci koji se prikupljaju služe za rano otkrivanje određenih bolesti. Na primjer, niska razina klora može naznačiti da se radi o cističnoj fibrozi, dok razina iona može ukazati na dehidraciju. Mjerenja drugih biomarkera mogu ukazati na simptome umora i stresa te čak i na faktore rizika za druga oboljenja. Tim istraživača još uvijek radi na uključivanju sustava u pametnu narukvicu ili drugi nosivi uređaj kako bi ga mogli lansirati na tržište (Marc, 2017).

Slika 36. Izgled minijaturnog čipa.



Izvor: <https://xsensio.com/lab-on-skin-technology/> (9. 4. 2020.)

## 11 ZAKLJUČAK

Internet stvari u medicini koriste se za povezivanje medicinskih uređaja na Internet te se također mogu povezati s drugim uređajima putem Bluetootha, Wi-Fi-ja ili putem neke druge tehnologije. Internet stvari u medicini liječnicima omogućuju praćenje pacijenata na daljinu te dobivanje podataka o stanju pacijenata u stvarnom vremenu. Danas postoji mnogo pametnih uređaja koji pružaju podatke pacijenata u stvarnom vremenu. Neki od njih su na primjer pametni satovi, pametne narukvice, pametne inzulinske pumpe i drugi pametni uređaji koji se koriste za prikupljanje medicinskih podataka.

Oni rade na principu komunikacije između klijenta i poslužitelja. Prvo je potrebno prikupiti podatke i informacije s pametnih uređaja odnosno senzora. Zatim, se ti prikupljeni podaci obrađuju i pohranjuju u oblaku (cloudu). Naposljetku se podaci šalju bolnicama, liječnicima i pacijentima kako bi se pružile informacije o daljnjem liječenju. U radu je navedeno mnogo primjera primjene Internet stvari u medicini u svijetu i u Republici Hrvatskoj. Može se zaključiti kako u razvoju pametnih medicinskih uređaja i korištenja Internet stvari u medicini prednjače Sjedinjene Američke Države. Korištenje Internet stvari u medicini u Europi još nije u tolikoj mjeri razvijeno ali se ide ka tom cilju. U Republici Hrvatskoj također još nije došlo do intenzivnijeg korištenja Internet stvari kako u medicini tako i u drugim područjima, no to ne znači kako se u budućnosti to neće promijeniti.

Internet stvari u medicini imaju brojne prednosti kao što su praćenje stanja pacijenata u stvarnom vremenu. Na taj način se na vrijeme može spasiti ljudski život u slučaju hitne medicinske situacije. Još jedna velika prednost jest dijeljenje podataka s liječnikom i pacijentima putem mobilnih aplikacija na pametnom telefonu. Na taj način pacijenti ne moraju konstantno dolaziti na preglede čime se smanjuju njihovi putni troškovi. Također Internet stvari u medicini mogu pomoći u praćenju medicinske opreme po bolnicama čime se smanjuje vrijeme traženja medicinske opreme unutar bolnica. Sve navedene prednosti čine pružanje zdravstvenih usluga učinkovitijim te se smanjuju pogreške u medicinskoj dijagnozi.

Uz sve navedene prednosti postoje i određeni nedostaci korištenja Internet stvari u medicini. Jedan od značajnijih nedostataka jest sigurnost podataka i privatnost pacijenata. Razlog tomu je nedostatak podatkovnih protokola i standarda u većini IoT uređaja. Na taj način podaci pacijenata postaju ranjivima to jest skloni napadima internetskih kriminalaca odnosno hakerskim napadima. Još jedan nedostatak su troškovi izgradnje infrastrukture potrebne za korištenje Internet stvari u medicini. Ti troškovi mogu obuhvaćati na primjer cloud platforme ili obuku medicinskog osoblja. Također, postojeće bolničke mreže nisu dovoljno čvrste i sigurne kako bi se mogao implementirati sustav Internet stvari.

Uzimajući u obzir sve navedene prednosti i nedostatke može se zaključiti kako se korištenje Internet stvari u medicini još uvijek razvija i polagano uvodi u sam bolnički sustav. Sve više zemalja svijeta počinje razvijati pametne medicinske uređaje koji će pridonijeti boljem i učinkovitijem praćenju i liječenju pacijenata.

## 12 POPIS LITERATURE

1. Rao S., Evolution of IoT in Healthcare, 2019, Internet stranica: <https://www.iotforall.com/evolution-iot-healthcare/>, pristupano: 27.5.2020.
2. Goel H., Healthcare IT's Relatively Brief and Exciting history, 2017, Internet stranica: <https://www.spok.com/blog/healthcare-its-relatively-brief-and-exciting-history/>, pristupano: 27.5.2020.
3. Sinković J., Vodič za razumijevanje Internet stvari - Internet of Things (IoT), 2016, Internet stranica: <https://www.racunalo.com/vodic-za-razumijevanje-internet-stvari-internet-of-things-iot/>, pristupano: 1.4.2020.
4. Ofir, IoT ili Internet stvari, 2019, Internet stranica: <https://www.ofir.hr/iot-ili-internet-stvari-2/>, pristupano: 1.4.2020.
5. Kuprenko V., IoT in Healthcare: How It Improves Medical Software, 2019, Internet stranica: <https://theiotmagazine.com/iot-in-healthcare-how-it-improves-medical-software-4ca703ea1130>, pristupano: 26.3.2020.
6. Hassanien A.E., Dey N., Borra S., Medical Big Data and Internet of Medical Things, CRC Press, 2018
7. Eversense, The Eversense CGM System, Internet stranica: <https://www.eversenseddiabetes.com/eversense-cgm-system>, pristupano: 26.3.2020.
8. Medtronic, Pillcam™ SB 3 System, Internet stranica: <https://www.medtronic.com/covidien/en-us/products/capsule-endoscopy/pillcam-sb-3-system.html#pillcam-sb-3-capsule>, pristupano: 1.4.2020.
9. MediLigo, Insulin Pump, Internet stranica: <https://mediligo.hr/en/insulin-pump/>, pristupano: 1.4.2020.
10. Cyrcadia Health, Our Solution, Internet stranica: <http://cyrcadiahealth.com/core-technology/>, pristupano: 1.4.2020.
11. AdhereTech, How it works, Internet stranica: <https://www.adheretech.com/how-it-works>, pristupano: 1.4.2020.
12. AliveCor, KardiaMobile, Internet stranica: <https://store.alivecor.com/products/kardiamobile>, pristupano: 1.4.2020.
13. Mayo Clinic, Deep brain stimulation, Internet stranica: <https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/deep-brain-stimulation/about/pac-20384562>, pristupano: 4.4.2020.
14. Quora, How effective is deep brain stimulation for treating epilepsy?, 2018, Internet stranica: <https://www.quora.com/How-effective-is-deep-brain-stimulation-for-treating-epilepsy>, pristupano: 4.4.2020.
15. SmartSole, What Is GPS SmartSole?, Internet stranica: <https://gpssmartsole.com/gpssmartsole/>, pristupano: 4.4.2020.
16. Econsultancy, 10 examples of the Internet of Things in Healthcare, 2019, Internet stranica: <https://econsultancy.com/internet-of-things-healthcare/>, pristupano: 26.3.2020.
17. Haridy R., FDA approves first smart pill that tracks drug regimen compliance from the inside, 2017, Internet stranica: <https://newatlas.com/smart-digital-pill-fda-approval/52187/>, pristupano: 26.3.2020.
18. Medtronic, Meet Micra, Internet stranica: <https://www.medtronic.com/us-en/patients/treatments-therapies/pacemakers/our/micra.html>, pristupano: 10.4.2020.
19. Medtronic Remote Monitoring, Internet stranica: <https://www.medtronic.com/us-en/patients/treatments-therapies/remote-monitoring.html>, pristupano: 10.4.2020.
20. Medtronic, Available Monitors, Internet stranica: <https://www.medtronic.com/us-en/patients/treatments-therapies/remote-monitoring/available-monitors.html>, pristupano: 10.4.2020.

21. Apple, Beddit Sleep Monitor, Internet stranica: <https://www.apple.com/shop/product/MUFM2LL/A/beddit-sleep-monitor>, pristupano: 10.4.2020.
22. Cosinuss, The new medical aer thermometer for children, Internet stranica: <https://www.cosinuss.com/degree/>, pristupano: 26.3.2020.
23. Sensimed, About SENSIMED Triggerfish, Internet stranica: <https://www.sensimed.ch/sensimed-triggerfish/>, pristupano: 8.4.2020.
24. Neurotech, O Play Attentionu, Internet stranica: <http://neurotech.hr/o-play-attentionu/>, pristupano: 26.3.2020.
25. Typeqast, Track and trace 3.0: how smart hospitals track their assets and patients, 2019, Internet stranica: <https://typeqast.com/en/blog/track-and-trace-3-0-how-smart-hospitals-can-track-their-assets-and-patients/>, pristupano: 26.3.2020.
26. Teklić, Pametni Hrvati u Belgiji spašavaju živote, zašto ne i u Hrvatskoj?, 2019, Internet stranica: <https://www.teklic.hr/biz/pametni-hrvati-u-belgiji-spasavaju-zivote-zasto-ne-i-u-hrvatskoj/151451/>, pristupano: 8.4.2020.
27. RTL, Upoznajte medu koji djeci mjeri temperaturu i otkucae srca!, 2015, Internet stranica: <https://www.rtl.hr/vijesti-hr/novosti/1524909/upoznajte-medu-koji-djeci-mjeri-temperaturu-i-otkucae-srca/>, pristupano: 17.4.2020.
28. Jutarnji, Neočekivan uspjeh hrvatskog izuma Teddy zaplijenio pažnju na CES sajmu u Las Vegasu, 2014, Internet stranica: <https://www.jutarnji.hr/vijesti/hrvatska/neocekivan-uspjeh-hrvatskog-izuma-teddy-zaplijenio-paznju-na-ces-sajmu-u-las-vegasu/851644/>, pristupano: 17.4.2020.
29. Ivančić T., Peršić J., Zagrebčanke osvajaju svijet! Ovaj plišani medvejdici iz Hrvatske senzacija CES-a, 2014, Internet stranica: <https://www.vecernji.hr/techsci/ovo-je-plisani-medvjedic-iz-hrvatske-obojavaju-ga-djeca-u-cijelom-svijetu-916323>, pristupano: 17.4.2020.
30. Biberović M., Teddy the Guardian nakon donacija bolnicama priprema nove proizvode, 2015, Internet stranica: <https://www.netokracija.com/teddy-the-guardian-donacije-100601>, pristupano: 18.4.2020.
31. Marc C., A smart, portable and miniaturized system that can analyze sweat, 2017, Internet stranica: <https://actu.epfl.ch/news/a-smart-portable-and-miniaturized-system-that-can/>, pristupano: 9.4.2020.
32. Nasrullah P., Internet of things in healthcare: applications, benefits, and challenges, Internet stranica: <https://www.peerbits.com/blog/internet-of-things-healthcare-applications-benefits-and-challenges.html>, pristupano: 26.3.2020.
33. Martin R., Internet od Medical Things (IoMT) – The Future of Healthcare, 2018, Internet stranica: <https://igniteoutsourcing.com/healthcare/internet-of-medical-things-iomt-examples/>, pristupano: 26.3.2020.
34. Steele C., Can a Hack Give You a Heart Attack?, 2017, Internet stranica: <https://uk.pcmag.com/features/90057/can-a-hack-give-you-a-heart-attack>, pristupano: 18.4.2020.
35. Linnik I., Top Three Programming Languages for IoT Projects, 2019, Internet stranica: <https://softteco.com/blog/top-three-programming-languages-for-iot-projects>, pristupano: 1.6.2020.
36. Bhaskar J., Programming languages to learn for IoT implementation, 2019, Internet stranica: <https://hackernoon.com/programming-languages-to-learn-for-iot-implementation-4e2d01216e52>, pristupano: 1.6.2020.

## 13 POPIS SLIKA

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1. Arhitektura praćenja pacijenata na daljinu.....                                   | 6  |
| Slika 2. Sustav praćenja pacijenata na daljinu putem nosivih senzora.....                  | 7  |
| Slika 3. Senzor.....                                                                       | 10 |
| Slika 4. Transmitter.....                                                                  | 10 |
| Slika 5. Aplikacija na pametnom telefonu.....                                              | 10 |
| Slika 6. Endoskopska kapsula.....                                                          | 11 |
| Slika 7. Senzori.....                                                                      | 11 |
| Slika 8. Vanjski uređaj.....                                                               | 11 |
| Slika 9. Prikaz rada inzulinske pumpe.....                                                 | 12 |
| Slika 10. Pametna bočica za lijekove.....                                                  | 13 |
| Slika 11. Prikaz rada <i>Cyrcadia Breast Monitor-a</i> .....                               | 14 |
| Slika 12. Metalni senzori i aplikacija.....                                                | 15 |
| Slika 13. Pričvršćivanje senzora na mobilni uređaj.....                                    | 15 |
| Slika 14. Prikaz duboke stimulacije mozga.....                                             | 16 |
| Slika 15. Prikaz prethodnih lokacija kretanja osobe u aplikaciji na pametnom telefonu..... | 17 |
| Slika 16. Prikaz trenutne lokacije kretanja osobe u aplikaciji na pametnom telefonu.....   | 18 |
| Slika 17. Pametni ulošci za cipele.....                                                    | 18 |
| Slika 18. Prikaz senzora na inhalatoru povezanog s aplikacijom na pametnom telefonu.....   | 19 |
| Slika 19. Prikaz korištenja <i>CoaguCheck INRange</i> uređaja.....                         | 20 |
| Slika 20. Prikaz pametne tablete, flastera i aplikacije na mobilnom telefonu.....          | 21 |
| Slika 21. Standardni pacemaker.....                                                        | 22 |
| Slika 22. Najmanji pacemaker na svijetu.....                                               | 22 |
| Slika 23. Prikaz ugradnje standardnog pacemakera.....                                      | 23 |
| Slika 24. Prikaz ugradnje najmanjeg pacemakera na svijetu.....                             | 23 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 25. MyCareLink Relay™ Home Communicator.....                                    | 24 |
| Slika 26. MyCareLink Smart Patient Monitor.....                                       | 24 |
| Slika 27. MyCareLink Patient Monitor.....                                             | 24 |
| Slika 28. Senzorna traka.....                                                         | 25 |
| Slika 29. Aplikacija na pametnom telefonu.....                                        | 25 |
| Slika 30. Prikaz <i>Degree</i> uređaja i pripadajuće aplikacije.....                  | 26 |
| Slika 31. Prikaz sastavnih dijelova Triggerfish tehnologije.....                      | 27 |
| Slika 32. Play Attention.....                                                         | 28 |
| Slika 33. Teddy the Guardian.....                                                     | 31 |
| Slika 34. Prikaz aplikacije na pametnom telefonu.....                                 | 31 |
| Slika 35. Pametna kontaktna leća zamišljena za mjerenje glukoze u krvi kroz suze..... | 35 |
| Slika 36. Izgled minijaturnog čipa.....                                               | 36 |



## 14 SAŽETAK

Internet stvari u medicini omogućuju nadzor pacijenata na daljinu i prikupljanje podataka u stvarnom vremenu. Ti medicinski uređaji povezani su putem Bluetooth-a, Wi-Fi-ja ili neke druge tehnologije putem koje šalju podatke pacijentu i liječniku koji ima uvid u pacijentove otkucaje srca, razinu glukoze u krvi, krvni tlak i još mnogo toga. Cilj ovog završnog rada je objasniti pojam i značaj Internet stvari u medicini. S tim u vezi, istražena je relevantna literatura te primjeri Internet stvari u medicini koji se već koriste na svjetskoj razini i u Hrvatskoj. Posebno je razrađena mrežna arhitektura Internet stvari u medicini koja se temelji na komunikaciji između klijenta i poslužitelja te su opisani programski jezici koji se koriste kod implementacije Internet stvari u medicini. Navedene su prednosti i nedostaci te budući trendovi razvoja istih. U konačnici, rezultati analize u ovome radu doprinose boljem razumijevanju uloge i važnosti Internet stvari u medicini.

**Ključne riječi:** Internet stvari, Internet stvari u medicini, primjeri primjene Internet stvari u medicini, prednosti i nedostaci Internet stvari u medicini

## 15 ABSTRACT

Internet of Medical Things allows monitoring patients remotely and collecting data in real time. These medical devices are connected via Bluetooth, Wi-Fi or some other technology through which they send data to the patient and the doctor who has insight into the patient's heart rate, blood glucose level, blood pressure and more. The aim of this final paper is to explain the term and importance of the Internet of Medical Things. In this regard, the relevant literature and examples of the Internet of Medical Things that are already used worldwide and in Croatia have been researched. The network architecture of the Internet of Medical Things, which is based on communication between the client and the server, has been specially elaborated, and the programming languages used in the implementation of the Internet of Medical Things have been described. The advantages and disadvantages and future trends of their development are listed. Ultimately, the results of the analysis in this paper contribute to a better understanding of the role and importance of the Internet of Medical Things.

**Keywords:** Internet of Things, Internet of Medical Things, application examples of Internet of Medical Things, advantages and disadvantages of Internet of Medical Things