

# Razvoj senzorskog čvora za praćenje vodostaja rijeka

Tijana Begović

*Katedra za automatiku i robotiku  
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u  
Istočnom Sarajevu*  
Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina  
[tijana.begovic@etf.ues.rs.ba](mailto:tijana.begovic@etf.ues.rs.ba),  
<https://orcid.org/0009-0007-3413-3169>

Zorana Mandić

*Katedra za elektroniku i elektronske  
sisteme*  
*Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u  
Istočnom Sarajevu*  
Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina  
[zorana.mandic@etf.ues.rs.ba](mailto:zorana.mandic@etf.ues.rs.ba),  
<https://orcid.org/0000-0003-4185-6684>

Nikola Kukrić

*Katedra za elektroniku i elektronske  
sisteme*  
*Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u  
Istočnom Sarajevu*  
Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina  
[nikola.kukric@etf.ues.rs.ba](mailto:nikola.kukric@etf.ues.rs.ba),  
<https://orcid.org/0000-0001-7623-1305>

Dejan Jokić

*Odsjek za elektrotehniku i elektroniku*  
*Fakultet inženjerstva, prirodnih i  
medicinskih nauka, Internacionalni  
Burč univerzitet*  
Sarajevo, Bosna i Hercegovina  
[dejan.jokic@ibu.edu.ba](mailto:dejan.jokic@ibu.edu.ba),  
<https://orcid.org/0000-0002-9512-8001>

Slobodan Lubura

*Katedra za automatiku i robotiku*  
*Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u  
Istočnom Sarajevu*  
Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina  
[slobodan.lubura@etf.ues.rs.ba](mailto:slobodan.lubura@etf.ues.rs.ba),  
<https://orcid.org/0009-0006-1657-7607>

**Abstract**— Teritorija Republike Srpske i Bosne i Hercegovine je u velikoj mjeri izložena katastrofalnim rizicima usljed prirodnih nepogoda i nedovoljno razvijene infrastrukture i sistema zaštite. Prioritetni katastrofalni rizici na ovim prostorima su poplave i klizišta izazvane naglim porastom vodostaja rijeka uzrokovanog velikim količinama padavina. Prvi korak u upravljanju katastrofalnim rizicima je rano upozorenje, odnosno razvijanje sistema koji će na vrijeme upozoriti nadležne o potencijalnim nepogodama. Razvoj Interneta stvari značajno doprinosi ovom polju, budući da je upotrebom modernih tehnologija moguće pratiti stanje parametara i na udaljenim i nepristupačnim lokacijama. U ovom radu opisan je razvoj senzorskog čvora za praćenje vodostaja rijeka u cilju ranog upozorenja od poplava, baziran na Arduino GSM MKR 1400 razvojnoj ploči i ultrasoničnom senzoru MB7366. Uloga senzorskog čvora je da prati vodostaj rijeke u unaprijed definisanim trenucima i pošalje obavještenje nadležnom operateru ili instituciji.

**Ključne reči**— *Internet stvari; senzorski sistemi; monitoring životne sredine; poplave.*

## I. UVOD

Klimatske promjene i vremenske nepogode, uz nedovoljno razvijenu infrastrukturu i sisteme zaštite, učinili su teritoriju Republike Srpske i Bosne i Hercegovine izrazito podložnom katastrofalnim rizicima. Katastrofalni rizik predstavlja izloženost riziku velikog broja ljudi usljed prirodnih nepogoda i katastrofa koje nanose velike štete. Prioritetni i najčešći rizici na gore pomenutoj teritoriji su poplave i klizišta, izazvane naglim porastom nivoa vodostaja rijeka i bujičnih potoka [1].

Negativne posljedice poplava mogu se uočiti na primjerima katastrofa koje su zadesile teritorije u slivovima rijeka Save i Bosne 2010. i 2014. godine. Poplave uzrokovane velikom količinom padavina, rezultovale su velikom materijalnom, ekološkom, ali i ljudskom štetom. Nепripremljenost nadležnih institucija i neadekvatna infrastruktura značajno su doprinijele ovakvim posljedicama [2], [3].

Stoga je razvoj sistema za rano upozorenje od poplava, čija je uloga praćenje nivoa vodostaja i slanja upozorenja, od prioritetnog značaja. Takođe, analizom prikupljenih podataka na

dužem vremenskom intervalu (nekoliko godina) moguće je kreirati modele plavljenja ugroženih područja i u skladu sa tim vršiti preuređenje infrastrukture.

Mjerenje vodostaja rijeka predstavlja mjerenje nivoa tečnosti u odnosu na riječno dno, te se svodi na mjerenje rastojanja između površine vode i zadate referentne tačke. Tehnike mjerenja nivoa tekućih voda mogu se podijeliti u tri grupe: tehnike mjerenja pomoću mjerne letve, kontaktne (plovak, potisak, pritisak, kapacitivni davači i sl.) i beskontaktna (ultrazvučne, radarske) tehnike [4]. Od navedenih, mjerenje pomoću ultrasoničnih senzora se ističe kao pogodna tehnika zbog svoje tačnosti, brzine odgovora i pouzdanosti. Princip rada ovih senzora zasnovan je na osobinama ultrazvučnih talasa. Senzori se sastoje od predajnika i prijemnika koji šalju odnosno primaju ultrazvučne talase. Mjeri se vremenski interval između slanja i prijema talasa, te se na osnovu tog intervala određuje udaljenost odnosno nivo vodostaja [5].

Cilj ovog rada je predstavljanje pouzdanog i efikasnog rješenja u oblasti praćenja vodostaja rijeka. Sistem je baziran na senzorskom čvoru koji ima ulogu da prati vodostaj rijeke i dostavlja informaciju nadležnoj osobi u definisanim vremenskim trenucima. Osnovne komponente su mikrokontrolerska jedinica sa GSM modulom, ultrasonični senzor, modul realnog vremena i baterijsko napajanje.

Pregled savremene literature i pristupa, kao i postojećih rješenja dati su u odjeljku II. Komponente predloženog rješenja i primijenjene tehnologije opisane su u odjeljku III, dok je u odjeljku IV predstavljen princip rada senzorskog čvora. Odjeljak V predstavlja pregled karakteristika čvora.

## II. INTERNET STVARI U SISTEMIMA NADZORA I ZAŠTITE OKOLINE

Razvoj tehnologije i sve veća zastupljenost Interneta stvari u svakodnevnom životu omogućavaju razvoj pouzdanih sistema koji rade u realnom vremenu. Koncept Interneta stvari se zasniva na povezivanju što većeg broja uređaja, objekata i predmeta u cilju prikupljanja i razmjene velike količine podataka. Napredak

i razvoj modernih tehnologija je ubrzao i uslovio razvoj Interneta stvari [6].

Osnovi zadaci sistema Interneta stvari su prikupljanje podataka (senzori), obrada i analiza prikupljenih podataka (mikrokontrolerske i mikroprocesorske jedinice, cloud servisi), te razmjena i slanje prikupljenih i obrađenih podataka (komunikacijske jedinice i moduli) [7]. Razvijene su aplikacije i uređaji u oblastima poput industrije, poljoprivrede, saobraćaja, zdravstvene zaštite, vojske, kućne automatizacije, nadzora, zaštite okoline, kriznog menadžmenta [8], [9].

Uviđa se sve veći značaj pametnih aplikacija u okviru nadzora i zaštite okoline, u cilju smanjenja ili potpunog sprječavanja posljedica prirodnih nepogoda. Iako se na većinu nepogoda ne može direktno uticati, praćenje i analiza kritičnih parametara doprinose razvoju mehanizama predviđanja rizičnih pojava i omogućavaju pravovremenu reakciju. Problemi izazvani nepogodama poput poplava ili zemljotresa mogu biti minimizovani ukoliko postoje sistemi za rano upozorenje. Poželjno je da ovakvi sistemi budu zasnovani na principima Interneta stvari, kako bi se postigao pouzdan rad u realnom vremenu. Neometano i kontinuirano praćenje kritičnih parametara obezbijedilo bi blagovremeno uočavanje potencijalno rizičnih pojava [10], [11], [12].

U [13] – [16] predstavljeno je nekoliko sistema koji su namijenjeni za monitoring vodostaja, razvijeni za potrebe teritorija koje su u većoj mjeri izložene riziku od poplava. Svi sistemi su bazirani na sličnom principu rada uz korišćenje sličnih ili istih komponenti, sa pojedinačnim prednostima i nedostacima u većoj ili manjoj mjeri. Upotreba nedovoljno preciznih ultrasoničnih senzora malog dometa, te ostvarivanje komunikacije putem WiFi ili LoRaWAN mreža mogu predstavljati ograničenje.

### III. IMPLEMENTACIJA SENZORSKOG ČVORA

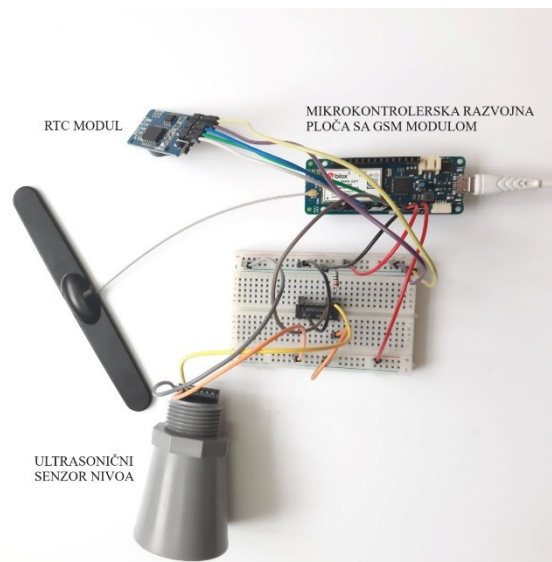
U ovom radu biće predstavljen razvoj senzorskog čvora za praćenje vodostaja rijeka i bujičnih potoka. Izbor komponenti i implementacija čvora usklađeni su sa osnovnim zahtjevima koji proizilaze iz funkcionalnosti i načina upotrebe. Budući da se vodostaj uglavnom prati na nepristupačnim mjestima, sa slabom povezanošću i ograničenim izvorima energije, potrebno je obezbijediti adekvatno napajanje i konekciju. Sistem treba da bude pouzdan i efikasan, da radi u realnom vremenu, ali istovremeno da bude malih dimenzija, isplativ i jednostavan za održavanje. Prototip senzorskog čvora prikazan je na Sl. 1.

#### A. Komponente sistema

Osnovu senzorskog čvora čini mikrokontroler sa GSM komunikacijskim modulom. Uloga mikrokontrolera je da u unaprijed definisanim vremenskim trenucima (pomoću alarma RTC modula) očitava nivo vodostaja (putem senzora nivoa), obradi prikupljeni podatak i putem GSM modula pošalje informaciju nadležnom operateru. Napajanje je baterijsko kako bi upotreba čvora bila moguća i na lokacijama na kojima napajanje sa mreže nije dostupno.

##### 1) Mikrokontrolerska razvojna ploča

Arduino MKR GSM 1400 (Sl. 2) je razvojna ploča sa ugrađenim GSM modulom. Pogodna je za mnoge aplikacije Interneta stvari jer omogućava lako povezivanje i komunikaciju. Zasnovana je na Atmel SAMD21 mikrokontroleru i SARAU201 GSM modulu.



Sl. 1. Prototip senzorskog čvora

Radni napon je 3,3 V. Preporučuje se napajanje ploče sa 3,7 V LiPo baterijom ili eksternim izvorom napajanja od 5 V. Ploča ima osam digitalnih U/I pinova, sedam analognih ulaznih pinova i jedan analogni izlazni pin. Većina pinova može da obradi eksterne interapte. Arduino MKR GSM 1400 podržava serijsku komunikaciju preko UART, SPI i I2C protokola [17]. Mikrokontroler je SAMD21, baziran na 32-bitnom ARM® Cortex®-M0+ procesoru. Radi na brzinama do 48 MHz i ima 32 KB SRAM-a i 256 KB fleš memorije [18].

SARAU201 GSM modul je integrisan na ploču. Prilagođen je radu širom svijeta (podržava propusne opsege 850/900 i 1800/1900 MHz). U pitanju je HSPA modul koji omogućava GSM/GPRS konekciju. Potpuno je sertifikovano rješenje, koje se može koristiti u bilo kojoj celularnoj mreži [19]. Uz ploču je dostupna antena jačine 2 dB za ostvarivanje GSM konekcije [17].

##### 2) Ultrasonični senzor nivoa

Za mjerenje vodostaja, koristi se ultrasonični MaxSonar® MB7366 senzor udaljenosti. Senzor obezbjeđuje vrlo visoku tačnost mjerenja i visoku rezoluciju mjernih rezultata (od 1 mm). Namijenjen je za mjerenje udaljenosti od 50 cm do 10 metara. Princip mjerenja je zasnovan na slanju i prijemu ultrazvučnih talasa, a kao izmjereni podatak se dobija udaljenost od najbližeg objekta.

Pogodan je za montiranje i korišćenje u različitim vremenskim uslovima budući da je spakovan u čvrsto kompaktno i vodootporno kućište sa IP67 zaštitom (Sl. 3). Može da radi u širokom opsegu temperatura od -40 do 65 °C. Dovoljno je malih dimenzija te ga je jednostavno integrisati u veće uređaje.



Sl. 2. Arduino MKR GSM razvojna ploča [13]

Radi na naponima u opsegu od 2,7 do 5,5 V. Raspolaze sa sedam pinova: 1 – priključak temperaturnog senzora, 2 – širinsko-impulsni izlaz, 3 – analogni naponski izlaz, 4 – start/stop pin, 5 – serijski izlaz, 6 – pin za napajanje i 7 – referentni pin. Za ispravan rad, neophodna je upotreba pinova za napajanje (pinovi 6 i 7) i jednog izlaznog pina (pinovi 2, 3 ili 5). Korišćenje pinova 1 i 4 je opciono i zavisi od primjene i režima rada.

MB7366 senzor može da radi u slobodnom ili trigerovanom režimu. Rad u slobodnom režimu je pogodan za upotrebu na otvorenom zbog otpornosti na akustičnu buku. Senzor daje izmjerene rezultate na tri različita načina: kao širinu impulsa, analogni napon ili serijski RS232 format podataka. Serijski izlaz je najtačniji jer su podaci predstavljeni u binarnom formatu. U ovom slučaju, format izlaznih podataka počinje sa ASCII znakom „R“, nakon čega slijede četiri cifre, takođe date kao ASCII znakovi, koji predstavljaju izmjerenu udaljenost u milimetrima. Brzina prenosa je 9600 Baud, a izmjerena vrijednost se šalje u formatu 8-bitnog podatka sa jednim stop bitom, bez parnosti.

Različiti režimi rada omogućavaju široku primjenu u mjerenju udaljenosti i nivoa. Budući da se radi o vrlo preciznom i tačnom senzoru, sa velikom rezolucijom mjerenja, pogodan je za upotrebu u kompleksnim i zahtijevnim primjenama [20].

### 3) Modul realnog vremena

Za određivanje unaprijed definisanih trenutaka u kojima se mjeri vodostaj koristi se DS3231 sat realnog vremena [21]. DS3231 je veoma precizan i jeftin modul sata realnog vremena. Modul je opremljen sa kućištem za bateriju, čime je obezbjeđeno mjerenje vremena i bez glavnog napajanja. Pokreće ga kristalni oscilator od 32 kHz. Dizajniran je tako da podržava primjenu i u komercijalne i u industrijske svrhe.

Modul čuva informacije o sekundama, minutima, satima, danu, mjesecu i godini. Datum na kraju mjeseca se automatski prilagođava i za prestupne i za proste godine. Sat radi i sa 24-časovnim i 12-časovnim formatom. Komunikacija sa drugim komponentama se vrši putem I2C protokola.

DS3231 ima dva programabilna alarma i obezbjeđuje interapt signal kada se alarm aktivira. Alarmi se mogu podesiti na dva načina: da se aktiviraju u tačno vrijeme ili da se ponavljaju periodično (svake sekunde, minuta, sata, dana ili datuma). Signal koji se generiše prilikom aktiviranja alarma može se koristiti za „buđenje“ mikrokontrolera ili neke druge komponente, kao obavještenje o unaprijed zadatom vremenu i sl.



Sl. 3. MB7366 ultrasonični senzor [20]

## B. GSM tehnologija

Pored prikupljanja i obrade podataka o mjerenoj veličini, osnovna funkcionalnost senzorskog čvora je i slanje informacija na dalju obradu ili skladištenje. U cilju omogućavanja ove funkcionalnosti, neophodno je obezbijediti odgovarajuću

povezanost na neku lokalnu ili globalnu komunikacionu mrežu. Tip mreže zavisi od uloge senzorskog čvora, ali i lokacije i uslova upotrebe.

Vodostaj rijeka i bujičnih potoka se najčešće prati na lokacijama koje se nalaze van urbanih zona, te komunikacija i povezanost predstavljaju izazove. Upotreba najčešće korištenih komunikacionih protokola kao što je WiFi nije moguća zbog slabe pokrivenosti ili malog dometa u slučaju Bluetooth i ZigBee. Kao najpogodnije rješenje ističe se tradicionalna celularna mreža. Analizom pokrivenosti signalom mobilne mreže na teritoriji Bosne i Hercegovine [22], zaključuje se da je korišćenje 2G/3G mreža najpouzdaniji izbor budući da je pokrivenost teritorije viša od 90 %.

GSM je druga generacija mobilne telefonije, a kao standard definisana je 1982. godine [23]. Osnovne usluge koje ovaj standard pruža korisnicima su telefonija i servisi kratkih poruka (SMS), kao i mogućnost slanja i prijema podataka brzinama do 9600 bps [24]. Mobilna telefonija se brzo razvijala, GSM je proširivan i unapređivan, a danas su u upotrebi novije generacije. Ipak, GSM je i dalje značajno prisutan sa nešto izmjenjenom ulogom. Ruralna i nepristupačna područja su uglavnom pokrivena samo mrežom druge generacije. GSM konekcija zauzima značajno mjesto u M2M (*Machine-To-Machine*) aplikacijama i primjenama Interneta stvari [25].

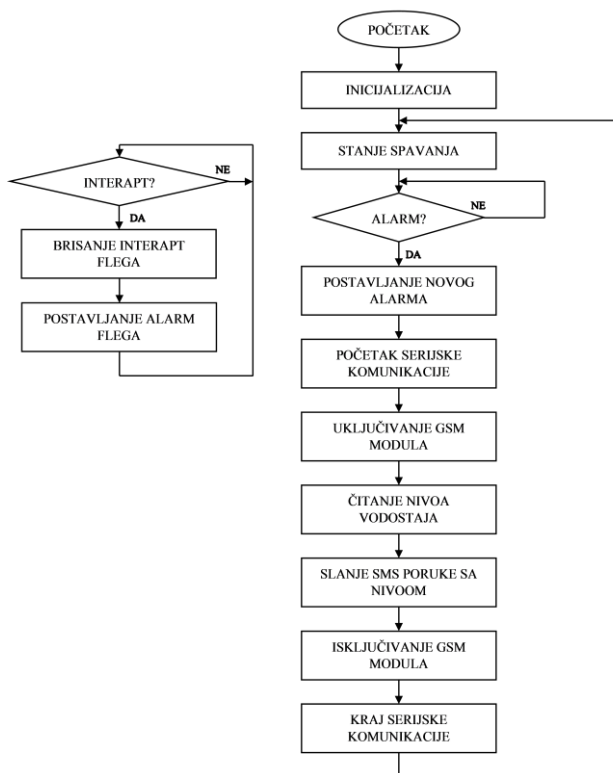
Danas se GSM može smatrati porodicom standarda koja obuhvata GSM, GPRS, EDGE i UMTS/HSDPA mreže. GSM moduli koji se koriste u uređajima Interneta stvari i Embedded sistemima, pokrivaju sve pomenute standarde i protokole, i omogućavaju pouzdanu upotrebu u bežičnim senzorskim mrežama i sistemima za praćenje i kontrolu [26].

## IV. PRINCIP RADA SENZORSKOG ČVORA

Princip rada senzorskog čvora zasniva se na dva osnovna procesa, a to su prikupljanje podataka o vodostaju (mjerenje nivoa) i slanje podatka nadležnom operateru. Ostali procesi su pomoćne funkcije koje doprinose pouzdanosti, tačnosti i efikasnosti rada sistema u cjelini. Uprošćeni blok dijagram rada sistema prikazan je na Sl. 4.

Prvi korak obuhvata inicijalizaciju svih komponenti senzorskog čvora, tokom koje se vrši konfiguracija periferala mikrokontrolera, dodjela funkcije buđenja i postavljanje alarma. Periferali mikrokontrolera koji se konfiguriraju su U/I pinovi i periferali serijske komunikacije. Mikrokontroler treba da uspostavi komunikaciju sa RTC modulom putem I2C protokola, te senzorom nivoa putem UART protokola. Potrebno je omogućiti eksterni interapt na jednom od digitalnih pinova mikrokontrolera za prihvatanja signala o alarmu. Vršiti se i dodjela funkcije koja će biti izvršena prilikom pojave interapt signala. Posljednji zadatak je postavljanje prvog alarma. Mikrokontroler, putem I2C protokola šalje odgovarajući upit i dobija informaciju o trenutnom vremenu, te šalje komandu za postavljanje alarma za interval od jednog časa. Završetkom inicijalne faze, počinje izvršavanje cikličnih operacija.

Pogodno je da mikrokontroler provede što duži vremenski period u režimu mirovanja, u cilju smanjenja potrošnje. Dovoljno je da se nivo vodostaja uzorkuje u zadatim vremenskim intervalima. Odnosno, mjerenje vodostaja se ne vrši konstantno, te mikrokontroler kratke intervale vremena provodi u aktivnom režimu. Stoga je naredni korak prelazak mikrokontrolera u stanje mirovanja (*sleep mode*). U ovom



Sl. 3. Blok dijagram rada sistema

režimu, procesor i većina periferala su neaktivni i troše neznatne količine energije. Povratak mikrokontrolera u aktivno stanje, vrši se djelovanjem eksternog interapta, koji generiše RTC modul prilikom ranije postavljenog alarma.

Ako je prihvaćen interapt signal generisan alarmom, neophodno je postaviti novi alarm kako bi se održao ravnomjeran interval između svakog buđenja a samim tim i mjerenja vodostaja. Naredna dva koraka predstavljaju pripremnu fazu za procese mjerenja i slanja podataka. Za čitanje izmjerenih podataka sa senzora koristi se serijski UART interfejs te je stoga potrebno konfigurirati odgovarajući periferal (brzina prenosa i format podatka) i započeti komunikaciju. Kako bi izmjereni i obrađeni podatak mogao biti dostavljen operateru, neophodno je uključiti GSM modul i konektovati se na mrežu. Konekcija se ostvaruje putem SIM kartice postavljene u kućište ugrađeno na razvojnu ploču. Kada mikrokontroler dobije potvrđan odgovor o povezivanju na mrežu, prelazi na postupak mjerenja nivoa.

Senzor MB7366 mjeri udaljenost od površine vode. U trenutku priključivanja na napajanje, senzor konstanto mjeri datu veličinu. Kada mikrokontroler uspostavi serijsku komunikaciju, sa odgovarajućeg pina senzora se preuzima podatak o izmjerenoj udaljenosti. Bitno je napomenuti da se u okviru jednog očitavanja vodostaja, udaljenost mjeri više puta, odbacuju se rezultati koji odstupaju u velikoj mjeri i računa se srednja vrijednost. Ovim se postiže pouzdano očitavanje i izbjegava pojava greške uslijed uticaja okoline. Podatak je potrebno dodatno obraditi. Senzorski čvor treba da obezbijedi informaciju o vodostaju, te je stoga neophodno da se u odnosu na izmjerenu udaljenost i visinu na kojoj je senzor postavljen odredi nivo vodostaja rijeke.

Kada je podatak o nivou vodostaja prikupljen i obrađen, potrebno ga je prosljediti operateru ili nadležnom tijelu. U tu svrhu koristi se servis kratkih poruka odnosno SMS. Čvor se

ponaša se kao mobilna stanica. Mikrokontroler generiše poruku koja nosi informaciju o vodostaju i putem SMS poruke je šalje na unaprijed zadati broj.

Ovim je izvršen osnovni zadatak čvora. Kako u narednih sat vremena čvor ne treba da bude aktivan, mikrokontroler je potrebno vratiti u stanje spavanja. Tome prethodi isključivanje nepotrebnih periferala i komponenti (serijska komunikacija, GSM modul). Mikrokontroler odlazi u stanje mirovanja i čeka novi alarm kako bi se ciklus ponovio.

## V. PREDNOSTI PREDLOŽENOG SENZORSKOG ČVORA

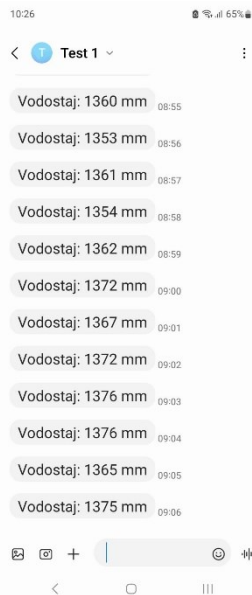
Poplave mogu izazvati nesagledive posljedice i probleme, te je stoga mogućnost predviđanja katastrofe, uz primarne načine zaštite, od velikog značaja. Osnovni cilj rada je predstavljanje praktičnog rješenja sistema za rano upozorenje od poplava. Predstavljeni senzorski čvor namijenjen je praćenju vodostaja rijeke.

Praktična realizacija čvora za praćenje vodostaja omogućava njegovu upotrebu i na nepristupačnim i nedovoljno razvijenim područjima. Danas je gotovo cijela teritorija BiH pokrivena mobilnim signalom druge i treće generacije, te se upotreba GSM modula nametnula kao najpogodnije rješenje. Takođe, ovakav pristup ne predstavlja ograničenje prilikom upotrebe u urbanim područjima. Sistem se napaja baterijskim izvorom kako bi se otklonila ograničenja nedostupnosti distributivne električne mreže. Kako, sa druge strane, baterijsko napajanje unosi ograničenja po pitanju potrošnje i životnog vijeka čvora, primijenjene su neke od osnovnih metoda optimizacije potrošnje. Budući da je vodostaj sporo promjenljiva veličina, mjerenje se ne vrši često, te je senzorski čvor neaktivan u dugim vremenskim intervalima. To otvara mogućnost rada mikrokontrolera u stanju spavanja, čime se značajno smanjuje potrošnja, a samim tim produžava životni vijek baterije.

Komponente senzorskog čvora izabrane su tako da zadovolje zahtjeve primjene. Neophodno je obezbijediti siguran i pouzdan rad, istovremeno vodeći računa o efikasnosti i isplativosti. Razvojna mikrokontrolerska ploča objedinjuje funkcije obrade podataka i ostvarivanja komunikacije. Malih je dimenzija i pogodna za integrisanje sa drugim komponentama u kompaktan uređaj koji je jednostavno montirati. Izabrani senzor je vrlo precizan, i ima visoku rezoluciju očitavanja, te je jednostavan za korišćenje i integrisanje sa uređajem u cjelini. Spakovan u kompaktno i vodootporno kućište, primjenljiv je i u nepogodnim vremenskim uslovima. Modul realnog vremena omogućava precizno određivanje zadatih vremenskih trenutaka, kao i aktiviranje alarma za buđenje mikrokontrolera.

Senzorski čvor sa velikom tačnošću mjeri vodostaj i obavještava nadležnog operatera o stanju. Ovim je omogućeno da se blagovremeno uoče potencijalno rizične promjene nivoa rijeke. Funkcionalnost i značaj ovakvog pristupa moguće je unaprijediti dodatnom obradom podataka. Analizom izmjerenog vodostaja i utvrđivanjem rizika na mjestu mjerenja, može se poslati hitno upozorenje operateru kako bi se izazvala pravovremena reakcija. Takođe, pogodno je i skladištiti prikupljene podatke o vodostaju duži vremenski period. U tom slučaju, bilo bi moguće kreirati modele promjene vodostaja na godišnjem nivou koji bi ukazivali na periode u kojima je rizik od poplava najveći.

Na Sl. 5 prikazani su rezultati testnih mjerenja, vršenih u intervalu od šezdeset sekundi.



Sl. 5. Rezultati testnih mjerenja

U budućem radu, planirano je unapređivanje funkcionalnosti senzorskog čvora, najprije dodatnom minimizacijom potrošnje. Neophodno je razmotriti optimizacione metode koje neće uticati na efikasnost i pouzdanost sistema, a koje će doprinijeti produženju životnog vijeka čvora u cjelini. Pored toga, moguće je uvesti poboljšanja po pitanju vremena prikupljanja podataka, načina obrade, kao i uvođenja dodatnih obavještenja operateru.

## VI. ZAKLJUČAK

Poplave predstavljaju prirodnu katastrofu izazvanu prekomjernim porastom vodostaja rijeka i bujičnih potoka. Na teritoriji Bosne i Hercegovine, poplave zajedno sa klizištima predstavljaju prioritetan katastrofalni rizik. Poplave koje su zadesile slivove rijeka Save i Bosne 2010. i 2014. godine izazvale su velike materijalne, ekološke i ljudske štete. Prvi korak u sprječavanju negativnih posljedica jeste razvijanje sistema ranog upozorenja od poplava, kojima imaju ulogu da prate stanje vodostaja rijeka u kritičnim područjima i blagovremeno upozore nadležne.

U radu je opisana implementacija senzorskog čvora za mjerenje nivoa vodostaja rijeka u unaprijed definisanim trenucima. Prikupljeni podaci se putem servisa kratkih poruka dostavljaju nadležnom operateru. Budući da se mjerenje vodostaja vrši uglavnom na nepristupačnim lokacijama, van urbanih zona, javljaju se određena ograničenja koja je potrebno uzeti u obzir. Nepristupačnost elektro-distributivne i komunikacione infrastrukture uslovljava korišćenje baterijskih izvora napajanja i manje naprednih komunikacionih standarda. U ovakvom pristupu, neophodno je voditi računa o životnom vijeku čvora, isplativosti i efikasnosti.

Opisani senzorski čvor predstavlja pouzdano i efikasno rješenje. Komponente i princip rada sistema izabrani su u skladu sa potrebama i zahtjevima primjene. Baterijsko napajanje i konekcija putem GSM modula omogućavaju neometan rad na nepristupačnim lokacijama, a ultrasonični senzor je precizan i pouzdan. Takođe, moguće je unijeti poboljšanja u vidu vremena mjerenja, te slanja dodatnih upozorenja i obavještenja. U daljem radu planiran je dizajn štampane ploče sa integrisanim

komponentama senzorskog čvora, te unapređenje sistema napajanja kroz optimizaciju potrošnje sistema u cjelini.

## ZAHVALNICA

Istraživanje koje je proizvelo naučni rad je finansijski podržano od strane Evropske unije kroz projekat "Uvođenje studentskih istraživačkih razmjena na bh. univerzitetima – INSTREM" kojeg implementira konzorcij kojeg vodi Internacionalni Burč univerzitet, ali ne odražava nužno stavove Evropske unije ili Internacionalnog Burč univerziteta te su isključiva odgovornost autora.

## REFERENCE/LITERATURA

- [1] A. Timotić, "Katastrofalni rizici u Bosni i Hercegovini sa posebnim osvrtom na poplave," *ECONOMICS-INNOVATIVE AND ECONOMICS RESEARCH JOURNAL*, vol. 2, no. 3, pp. 21-34, februar, 2014.
- [2] J. Plavšić, D. Vladiković, J. Despotović, "Hidrometeorološki aspekti poplava u maju 2014. na slivu Save i u Srbiji," *Voda i sanitarna tehnika*, vol. 44, no. 5-6, pp. 21-34, 2014.
- [3] R. Đurica, D. Đurica, S. Vujčić, M. Delić-Jović, "Ekološke posledice poplava u Republici Srpskoj maj 2014. godine," *Časopis Vještak*, vol. 1, no. 1, pp. 97-102, decembar, 2014.
- [4] A. Grujović, N. Grujović, D. Taranović, Z. Kalinić, "Osnovni principi merenja, akvizicije, prenosa i arhiviranja podataka u hidro-informacionom sistemu Drina sa posebnim osvrtom na merenje nivoa površinskih voda," *VODOPRIVREDA*, vol. 36, no. 1-2, pp. 131-145, 2004.
- [5] J. P. Bentley, *Principles of Measurement Systems*, 4th. ed, Harlow, Engleska, Pearson Education Limited, 2005.
- [6] K. Rose, S. Eldridge, L. Chapin, "The Internet of Things: An Overview," *The Internet Society, ISOC*, vol. 80, pp. 1-50, 2015.
- [7] A. Reyes, S. Salam, "Internet of Things (IoT) Overview," in *Internet of Things from Hype to Reality*, ch. 1, pp. 1-34, Berlin, Njemačka: Springer, 2022.
- [8] S. R. J. Ramson, S. Vishnu, M. Shanmugam, "Applications of Internet of Things (IoT) – An Overview," 2020 5th International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS), Coimbatore, Indija, pp. 92-95, mart, 2020.
- [9] P. V. Dudhe, N. V. Kadam, R. M. Hushangabade, M. S. Deshmukh, "Internet of Things (IOT): An Overview and its Applications," 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS), Chennai, Indija, pp. 2650-2653, august, 2017.
- [10] A. Zanella, S. Zubeľzu, M. Bennis, M. Capuzzo, P. Tarolli, "Internet of Things for Hydrology: Potential and Challenges," 2023 18th Wireless On-Demand Network Systems and Services Conference (WONS), Madonna di Campiglio, Italija, pp. 114-121, mart, 2023.
- [11] APEC Telecommunications and Information Working Group, "Application of Things in Internet of Things in Earthquakes and Waterfloods Monitoring System," APEC, februar, 2019.
- [12] J. K. Hart, K. Martinez, "Towards an Environmental Internet of Things [IoT]: Environmental Internet of Things [IoT]," *Earth and Space Science*, vol. 2, no. 5, pp. 1-7, 2015.
- [13] A. Diriyana, U. Darusalam, N. D. Natasha, "Water Level Monitoring and Flood Early Warning Using Microcontroller With IoT Based Ultrasonic Sensor," *Jurnal Teknik Informatika C.I.T.*, vol. 11, no. 1, pp. 22-28, 2019.
- [14] N. A. Z. Md Noar, M. Md Kamal, "The Development of Smart Flood Monitoring System using Ultrasonic sensor with Blynk Applications," 4th IEEE International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA), Putrajaya, Malezija, novembar, 2017.
- [15] E. Kuantama, M. A. Saraswati, "Water Level Measurement and Preflood Warning System with SMS Method," *INTERNETWORKING INDONESIA JOURNAL*, vol. 7, no. 2, pp. 3-7, 2015.
- [16] K. Carlson, A. Chowdhury, A. Kepley, E. Somerville, K. Warshaw, J. Goodall, "Smart Cities Solutions for More Flood Resilient Communities," 2019 Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS), Charlottesville, VA, SAD, jun, 2019.
- [17] Arduino, "Arduino MKR GSM 1400," User manual.
- [18] Microchip, "32-bit ARM – Based Microcontrollers," Datasheet Summary, 2017 Microchip Technology Inc, 2017.

- [19] U-blox, "SARA-U2 series – HSPA modules with 2G fallback," Datasheet, 2019.
- [20] MaxBotics, "HRXL-MaxSonar®- WR™ Series," Datasheet, MaxBotics Inc, 2021.
- [21] Maxim Integrated, "DS3231 – Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TCXO/Crystal," Maxim Integrated Products, Inc, 2015.
- [22] <https://www.logosoft.ba/mobilna-mreza-pokrivenost>, posjećeno: mart 2024.
- [23] J. G. Sempere, "An overview of the GSM system," IEEE Vehicular Technology Society, Glasgow, Škotska, 1997.
- [24] J. Scourias, "Overview of GSM The Global System for Mobile Communications," University of Waterloo, mart, 1996.
- [25] <https://medium.com/@Breadarose/is-gsm-still-in-use-today-or-has-it-been-replaced-by-newer-technologies-5c8fe3f201b3>, posjećeno: mart 2024.
- [26] M. Yuchun, H. Yinghong, "General Application Research on GSM Module," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 151, pp. 96-100, januar, 2012.

#### ABSTRACT

The area of Republic of Srpska and Bosnia and Herzegovina is highly exposed to catastrophic risks due to natural disasters and insufficiently developed infrastructure and protection systems. The priority catastrophic risks in these areas are floods and landslides caused by a sudden rise in river water levels caused by large amounts of precipitation. The first step in the management of catastrophic risks is early warning, that is, the development of a system that will warn the authorities about potential disasters in time. The development of the Internet of Things contributes significantly to this field, since with the use of modern technologies it is possible to monitor the state of parameters even in remote and inaccessible locations. In this paper the development of a sensor node, which is based on Arduino MKR GSM 1400 development board and MB7366 ultrasonic sensor, for monitoring of a river water levels in order to provide early warning is described. The role of the sensor node is to monitor the water level of the river at predefined moments and send a notification to the competent operator or institution.

#### **DEVELOPMENT OF A SENSOR NODE FOR RIVER WATER LEVEL MONITORING**

Tijana Begović, Zorana Mandić, Nikola Kukrić, Dejan Jokić,  
Slobodan Lubura