

Professional Paper – Stručni rad

NADZOR NIVOVA VODOSTAJA RIJEKA UPOTREBOM IoT

Saša Salapura¹, Nebojša Kuduz²

¹Univerzitet PIM, Fakultet računarskih nauka, Despota Stefana Lazarevića bb, 78000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina, sasa.salapura@gmail.com

²Mtel, a.d. Banja Luka, Bosna i Hercegovina

APSTRAKT

Poplave su vjerovatno najčešće prirodne katastrofe koje pogađaju čovječanstvo a što je moguće pratiti svake godine u okruženju. U ovom radu biće opisana primjena tehnologije interneta stvari (IoT) za praćenje ponašanja rijeka u namjeri sprečavanja ili ublažavanja ponavljanja katastrofa. Rad opisuje razvoj i dizajn mreže, servisa i servisne platforme te korišćenje postojećeg IoT hardvera (senzora) u cilju izdvajanja različitih scenarija primjene u pripadajućoj hidrološkoj regiji, ističući karakteristike prikupljanja podataka i njihove upotrebe. Bežična mreža realizovana je LoraWAN tehnologijom. Krajnji uređaji (eng: *end device*) su senzori male potrošnje koji podatke o mjerenju ili događaju periodično i/ili po dešavanju LoRa modulacijom šalju baznim stanicama. U ovom primjeru se koriste ultrazvučni uređaji koji mjere udaljenosti do površine vode. Senzori se postavljaju na postojećim mjernim mjestima koja su od interesa. U okruženju mjernih uređaja se nalaze instalirane bazne stanice (eng: *gateway*) koje prihvataju pakete u kojima se nalazi izmjerena vrijednost i prosljeđuju ih mrežnom serveru. Mrežni server prihvata pakete sa svih baznih stanica, od svih senzora i uređaja i u zavisnosti od korisničkih zahtjeva i podešavanja platforme upućuje ih prema predefinisanoj aplikativnom serveru. Razvijena arhitektura je zadužena za prenos poruka, šifriranje i zaštitu, za slanje paketa podataka u realnom vremenu na server koji prikupljene podatke smješta u ne-relacionu bazu podataka. Posljedica toga je pristupanje podacima, obrada i njihova vizualizacija putem različitih kastomiziranih upita i grafičkih prikaza, što je presudno za naprednu upotrebu pri analizama poplava i predviđanja. Sve ove mogućnosti vizuelizacije biće predstavljene pri obradi prikupljenih podataka.

Ključne riječi: IoT (Internet of Things), zaštita od poplava, daljinsko mjerenje, LoraWAN

UVOD

Poplave su prirodne katastrofe koje periodično pogađaju većinu zemalja pri čemu nanose veliku materijalnu štetu. Mnoge zemlje su zakonskim aktima regulisale obavezu planiranja upravljanja vodnim područjima i odbrane od poplava. Istim planovima mogu biti obuhvaćeni zaštite od onečišćenja voda, određivanja dubine plovnog puta te određivanja visine slobodnog profila ispod mostova (Grubišić, 2010). Primjena ovih planova je moguća upotrebom radara za određivanje vremenske prognoze, podacima prikupljenim sa satelita, kao i obezbjeđivanjem mjerenja vrijednosti vodostaja, prikupljanjem izmjerenih podataka te njihovom analizom.

Vodostaj određenog mjesta na vodotoku predstavlja nivo vode od proizvoljno odabrane tačke na mjestu merenja. Tačka od koje se mjeri vodostaj određuje se empirijski i označava se kao nulta tačka. Vodostaji iznad te tačke predstavljaju pozitivne vrijednosti i iskazuju se u centimetrima, a vodostaji niži od nulte tačke iskazuju se kao negativne vrednosti, takođe u centimetrima. Vodostaji su, dakle, relativna veličina.

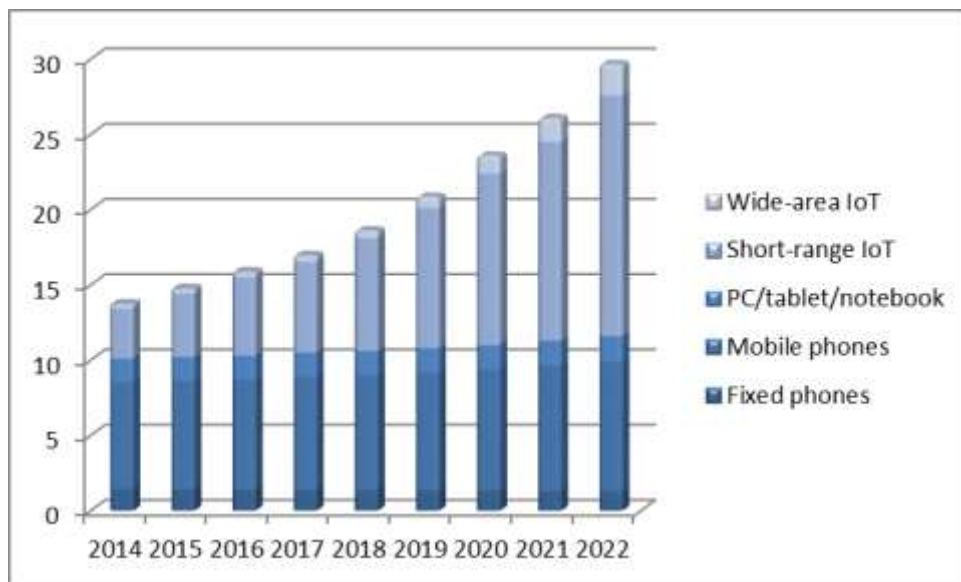
Kada se govori o samostalnim mjernim stanicama sa automatskim periodičnim mjerenjem nivoa vodostaja rijeka te slanjem izmjerenih vrijednosti, može se reći da su se pokazale kao odličano rješenje. U slučaju da se radi o mjernim stanicama koje podatke šalju mobilnom mrežom GSM,

problem nekada mogu biti područja koja nisu gusto pokrivena GSM signalom te ne ostvaruju ili je otežano slanje podataka mobilnom mrežom što otvara mogućnost primjene drugih tehnologija.

Izgradnja mreže samostalnih mjernih stanica može biti zasnovana na IoT rješenju, upotrebom bežične mreža koja ima veći domet, bolju pokrivenost, manju potrošnju i sl.

Ovaj rad prikazuje sistem nadzora i upravljanja podacima o vodostaju rijeka koji su prikupljeni mrežom IoT uređaja pri čemu je bežična mreža zasnovana na IoT tehnologiji.

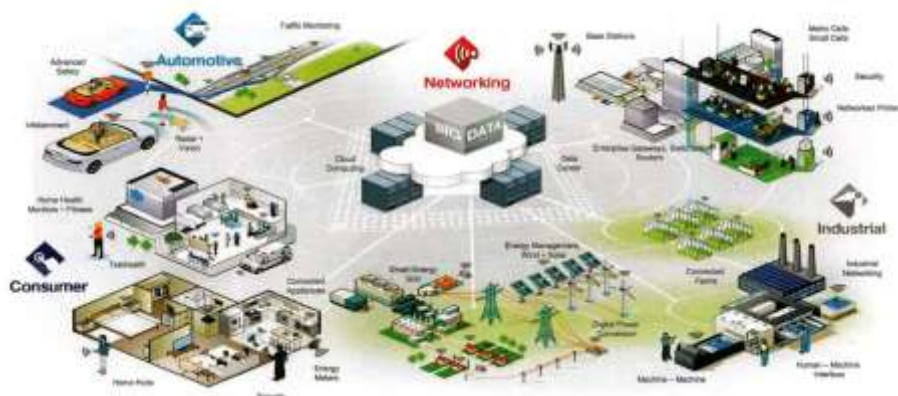
Izrazom ‘internet stvari’ (eng: *Internet of Things*, skr: IoT), koji datira iz 1999. godine (Ashton, 2009), danas su obuhvaćene milijarde uređaja (Slika 1) koje prikupljaju i šalju podatke različitim komunikacionim protokolima.



Slika 1 Broj konektovanih uređaja u milijardama Ericsson (2019)
Figure 1 Connected devices (billions) Ericsson (2019)

TEHNOLOGIJA

Bez obzira na korišćenu tehnologiju, zajednička je potreba da se uspostavi međusobna komunikacija između različitih uređaja, što u slučaju IoT može izgledati kao na slici 2.



Slika 2 Internet stvari (Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswamia, 2013)
Figure 2 Internet of Things (Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswamia, 2013)

Izbor bežične mreže za uvezivanje uređaja predstavlja odlično rješenje - mobilne mreže posjeduju osobine koje ih dovode u prednost: mobilnost, pokrivenost te postojanje standarda.

Bez obzira na izabranu tehnologiju M2M (machine to machine) mrežne komunikacije (komunikacija umreženih geografski distribuiranih autonomnih sistema koji kanal komunikacije koriste automatski) najčešće sadrži sljedeće elemente (Slika 3.):

- uređaji/senzori
- bazne stanice (gateway)
- mrežni serveri
- aplikativni serveri



Slika 3 IoT arhitektura (senzori, bazna stanica, mrežni server, aplikativni server)(S.Salapura, 2019)
Figure 3 IoT architecture (sensors, gateway, network server, app server) (S.Salapura, 2019)

Za nadzor vodostaja nam je neophodan podatak o visini vodostaja na određenim mjernim mjestima. Korišteni senzor mora izvršiti mjerenje i dostaviti ga na daljnju obradu unaprijed zadanom periodikom. Na tržištu postoji veći broj profesionalnih uređaja ove namjene koji su otporni na atmosferske prilike, za mjerenje udaljenosti koriste ultrazvuk, imaju potrebnu tačnost i bateriju koja obezbjeđuje dug životni vijek (3-5 godina), npr Decentlab DL-MBX-001, Nemeus NIS-UL i sl.

Senzori se mogu ugraditi na postojeća mjesta gdje se već nalaze mjerne letve ili mjerni bunari ali je moguća ugradnja na mostove ili druge objekte u neposrednoj blizini, tj. iznad površine vode koja se mjeri. Mjerna letva mjeri visinu vodenog toka, a senzor postavljen na mostu mjeri udaljenost do površine vode pa je prethodno potrebno odrediti apsolutnu kotu nule vodomjera, tj. apsolutnu kotu vodnog ogleдалa.

Senzori izmjerene vrijednost šalju prema baznoj stanici te na mrežni i aplikativni server – ovaj smjer komunikacije nazivamo odlazeći u odnosu na senzor (eng: *uplink*) (Salapura, 2019).

Bazna stanica je uređaj koji prikuplja podatke koje šalje mreža senzora te ih prosljeđuje mrežnom serveru (Salapura, 2019). Iako je ostvarena komunikacija između senzora na balonu i bazne stanice na udaljenostima i do 700 kilometara (The Things Network 2019), u praksi je nerealno očekivati da se mogu ostvariti ovi rezultati. Realnije je očekivati vrijednosti za red veličine manje od rekordnih ali svakako će se ostvariti veća udaljenost nego sa GSM baznim stanicama.

Mrežni serveri su dio IoT arhitekture koja se ne nalazi na terenu ili kod krajnjeg korisnika već kod davaoca usluga mrežnog transporta (S.Salapura, 2019). Ovi uređaji vode računa da aplikacija komunicira samo sa autorizovanim uređajima.

Aplikacioni serveri predstavljaju završni element IoT arhitekture (S.Salapura, 2019). Oni su zaduženi za obradu i prikaz podataka. Tu se nalazi sva logika šta da se radi sa određenim podacima te na koji način da budu prikazani krajnjem korisniku.

PRIKUPLJANJE I OBRADA PODATAKA

Rad senzora se najčešće zasniva na princpu izmjeri i pošalji. U slučaju vodomjera uobičajeno je da se ne radi samo jedno mjerenje udaljenost do površine vode već da se uradi niz mjerenja (15-20) te da se kao rezultat pošalje srednja izmjerena vrijednost te broj ostvarenih mjerenja.

Uz izmjerene podatke, senzor može poslati i neke druge podatke, u zavisnosti od potrebe, kao što su identifikator uređaja, trenutni napon baterije, GPS koordinate (za pokretne uređaje), temperaturu i sl. Svi ovi podaci upakovani su u poruku u formatu koji određuje proizvođač tako da uz svaki uređaj postoji dokumentacija koja detaljno opisuje format u kom je spakovan korisni sadržaj poruke (eng: *gateway*).

Mogući izgled poruke kao i dekrptovani prikaz prikazan je slici 4:

```
eyJQcm90b2NvbCB2ZXJzaW9uIjoyLCJJEZXXZpY2UgSUQiOjI2N  
DUUsIkRpc3RhbmNlIjpw7InzhbHVlIjow1NDcyLCJlbn10IjoibW  
0ifSwiTnVtYmVvIG9mIHZhbGllkIHhnbXBsZXMiOmsidmFsdWU  
ioJE1fSwiQmF0dGVyeSB2b2x0YWdlIjpw7InzhbHVlIjoyLjkk  
MiwidW5pdCI6IlyifX0  
  
{  
  "Protocol version":2,  
  "DeviceID":2645,  
  "Distance":{"value":5472,"unit":"mm"},  
  "Number of valid samples":{"value":15},  
  "Battery voltage":{"value":2.912,"unit":"V"}  
}
```

Slika 4 Poruka primljena sa senzora u BASE64 formatu i tekstualnom formatu
Figure 4 Received payload, BASE64 and text format

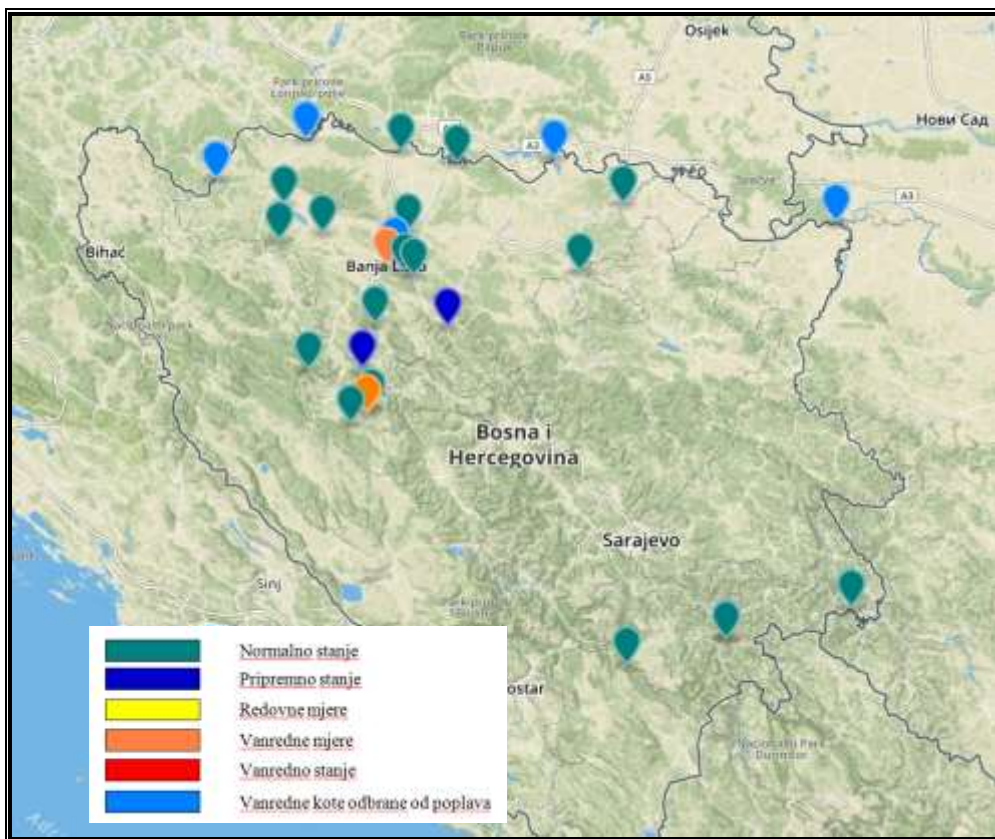
Poruka govori da je uređaj koji ima identifikator 2645 na osnovu 15 mjerenja izračunao i poslao usrednjenu vrijednost od 5472mm uz dodatnu informaciju da je trenutni napon ugrađene baterije 2.9V. U slučaju da je ultrazvučni senzor za mjerenje visine vodostaja postavljen na mostu na visini od npr. 6.14m iznad nulte tačke, a da je izmjerio 5472mm do vodene površine, tačnu vrijednost vodostaja dobijamo formulom:

$$H = \frac{6140 - 5472}{10} \text{ cm} = 66,8 \text{ cm} \quad (1)$$

Ista vrijednost je očitana i sa mjerne letve. Vrijeme slanje poruke, podaci o poziciji i geolokaciji senzora, kvalitet i jačina signala pri javljanju nisu sadržani u samoj poruci, njih ne šalje senzor već predstavljaju grupu podataka koju obezbjeđuje mrežni server koji ima sve predefinisane podatke o baznim stanicama, sensorima (gdje se nalaze, puni naziv i kojoj grupi senzora pripadaju), a takođe zna vrijeme kada je pristigla zadnja poruka, preko koje bazne stanice (ili više njih) te koji je kvalitet signala (u slučaju da treba promijeniti kanal komunikacije).

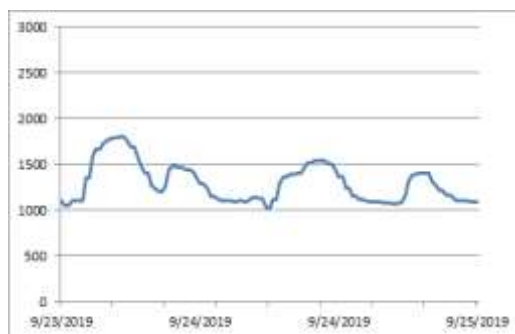
Nakon što se potvrdi uspješan prijem poruka od svakog senzora, može se reći da je izgrađena radio mreža za prihvatanje podataka sa mjernih stanica. Ova mreža je zadužena za prenos poruka, šifriranje i zaštitu te slanje paketa podataka u realnom vremenu i smještanje u ne-relacionu bazu podataka. To čini mogućim pristupanje podacima, obradu i njihovu vizualizaciju putem različitih upita i grafičkih prikaza.

određenih markera uz prikaz izmjerених vrijednosti vodostaja ukazuje na stanje i poziva na preduzimanje mjera odbrane od poplava (Slika 7.):



Slika 7 Prikaz vodostaja (openstreetmap.org)
Figure 7 All stations on RS map (openstreetmap.org)

Što se tiče tačnosti uređaja koji su dostupni na tržištu, dozvoljena greška u mjerenju je od prihvatljivih < 1% izmjerene vrijednosti do odličnih < 0,1%. Kako je važnije prepoznati trend visine vodostaja (nagli porast), mjerna greška ne predstavlja prevelik problem da bi se odustalo od ove metode mjerenja. Na slici 8 prikazan je uporedni pregled rezultata zvaničnog mjerenja hidrometeorološkog zavoda (Republički hidrometeorološki zavod RS, 2019) i mjerenja prikupljena ultrazvučnim senzorom tokom istog vremenskog perioda:



Slika 8 Usporedni pregled mjerenja RHMZRS (RHMZRS, 2019) i mjerenja senzorom Decentlab DL-MBX
Figure 8 Measurement comparison RHMZRS (RHMZRS, 2019) with Decentlab DL-MBX sensor

Prikupljene podatke je moguće naknadno obrađivati i izvoziti u formi izvještaja, ali od velikog značaja je i uvid u podatke u realnom vremenu. Bez obzira na izabrane funkcionalnosti koje će biti ugrađene u korisničku aplikaciju, najčešće kao web aplikacija ili aplikacija na mobilnom telefonu, važno je već pri definisanju zahtjeva za uspostavu mreže mjernih uređaja precizno utvrditi načine i oblike vizualizacije. Kako mreža senzora često preraste početne namjere, mogu se očekivati podaci sa senzora više proizvođača, različitih namjena (vodostaj, temperatura, kvalitet vazduha, detekcija požara...) i različitih formata slanja podataka. Zato postoji potreba za raščlanjivanjem nestrukturiranih podataka da bismo kao rezultat dobili strukturirane podatke. Jedan od mogućih načina implementacije je implementaciju Elastisearch, Logstash i Kibana (ELK) steka. Na pripremljenoj Elasticsearch platformi prikupljeni su i integrisani podaci koje prikupljaju različiti senzori, izvršena je obrada i prikaz željenih informacija. Pohranjivanje ulaznih podataka različitog formata, pronalaženje i izdvajanje željenih informacija predstavlja ključni problem. Korišćenjem Grok filtre unutar Logstash-a za raščlanjivanje nestrukturiranih podataka kao rezultat smo daje strukturirane podatke u JSON formatu. Korištenje Logstash-a omogućava usmjeravanje filtriranih podataka prema Elasticsearch-u. Elasticsearch pojednostavljuje skladištenja velike količine zapisa u nerelacionu bazu podataka koji se nakon skladištenja mogu jednostavno pretraživati. Zavisno od vrste prikupljenih podataka moguće je primjeniti različite prilagođene filtere za analizu primljenih podataka, njihovo indeksiranje i pohranjivanje u bazu. Izlazne informacije se predstavljaju u Kibana okruženju što omogućava korisniku pregled i manipulaciju statističkim podacima. Izborom Kibane postignut je prikaz željenih analitičkih informacija iz IoT mreže u skoro realnom vremenu.

Predstavljeni koncept i platforma za analizu podataka se koristi u složenijim IoT mrežama radi automatizacije generisanja potrebne analitike što IoT sistemu pruža mogućnost da preduzima automatske radnje zasnovane na analizi prikupljenih IoT informacija.

ZAKLJUČAK

Izgrađena je LoraWAN mreža baznih stanica i IoT uređaja (senzora za mjerenje udaljenosti u funkciji vodomjera) postavljenih na mjestima gdje je potrebno i propisano mjerenje vodostaja rijeka zbog čega već postoji mjerna letva ili automatska mjerna stanica.

U radu su prikazani rezultati mjerenja LoraWAN senzorima i njihovo poređenje sa zvaničnim mjerenjem hidrometeorološkog zavoda tokom dužeg vremenskog perioda pri čemu nije uočeno statistički značajno odstupanje podataka prikupljenih LoraWAN senzorima u odnosu na podatke zvaničnog mjerenja, kao što je prikazano na slici 8.

Velike su mogućnosti analiziranja prikupljenih podataka još i veće dodavanjem novih senzora za mjerenje temperature, kvaliteta vazduha, zagađenost vode, ili uvezivanjem mjerenih podataka sa podacima koji se odnose na godišnju prosječnu količinu padavina ili količine vode koja se ulijeva u rijeke i sl. Dodatna vrijednost slične platforme sastoji se u doprinosu racionalnoj potrošnje vode uz održavanje parametara kvaliteta.

Stoga ovaj rad nudi pogled na savremenu platformu i nudi predlaže ideje i rješenja za održivi razvoj društva temeljenog na znanju.

LITERATURA

- Ashton, K. (2009), That 'Internet of Things' Thing, RFID Journal, Hauppauge, NY
Boole, G. (1848). "The Calculus of Logic," Cambridge and Dublin Mathematical Journal III: 183–98.
Ericsson Mobility Report (2019), Internet of Things forecast
Grubišić, N.(2010). "Specifičnosti tehnoloških procesa u riječnom prometu", Pomorski zbornik 46 (11-37), Rijeka

- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswamia, M. (2013): „Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions, Future Generation Computer Systems, Vol. 29, str. 1645–1660,
- Republički hidrometeorološki zavod RS (2019), “Izveštaj o vodostanju na rijekama u RS” preuzeto 26.09.2019. sa <https://rhmzrs.com/hidrologija/izvjestaj-o-vodostanju/>
- Salapura, S. (2019). Primjena IoT rješenja za upravljanje pametnim zgradama. *STED Journal*. 1(1), str. 28-35.
- The Things Network (2019), “LoRaWAN distance world record broken, twice. 766 km (476 miles) using 25mW transmission power” preuzeto 02.10.2019. sa <https://www.thethingsnetwork.org/article/lorawan-distance-world-record>

IoT BASED RIVER WATER LEVEL MONITORING

Saša Salapura^{1*}, Nebojša Kuduz²

¹University PIM, Faculty of Computer Science, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina,
sasa.salapura@gmail.com

²Mtel, a.d., Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, Nebojsa.Kuduz@mtel.ba

ABSTRACT

Flooding is natural disaster which is very frequent and most costly and unfortunately, we were witnessed flood in region in previous years. This paper will describe the usage of Internet of Things (IoT) technology to monitor river behavior in order to prevent or mitigate the recurrence of disasters. The paper also describes development and design of a wireless network, service and service platform, and use of IoT hardware (sensors) we can find on market to establish different application scenarios in the associated hydrological region, highlighting the characteristics of data collection and their use. The wireless network is implemented with LoraWAN technology. End devices are low power sensors that transmit measurement data or events periodically and / or upon LoR modulation to base stations. In this example, ultrasonic devices are used to measure distances to the water surface. Sensors are installed at existing measuring points of interest. Base stations (gateways), installed near sensors, accept packets containing the measured value and forward them to the network server. The network server accepts packets from all base stations, all sensors and devices and, depending on user requirements and platform settings, forward them to the predefined application server. The developed architecture is in charge of transmitting, encryption and security, to send real-time data packets to a server that places the collected data in a non-relational database. As a consequence, accessing, processing and visualizing data through a variety of customized queries and graphical representations is crucial for advanced use in flood and forecasting analyzes. Virtualization capabilities will be presented when processing the collected data

Key words: IoT (Internet of Things), river flood monitoring, telemetry, LoraWAN.