

NOVA TEHNOLOŠKA RJEŠENJA U IZBORNOM PROCESU BOSNE I HERCEGOVINE ZASNOVANA NA BLOCKCHAIN TEHNOLOGIJAMA

Prof. dr. Muharem Kozić, e- mail: muharem.kozic@unmo.ba

Internacionalni univerzitet u Travniku u Travniku.

Mr. Davor Radivojević, e- mail: davorradivojevic@gmail.com

Visoka škola ITEP

Pregledni članak

Sažetak: Izborni sistemi u velikom procentu država svijeta nisu mjenjani od početka 19. vijeka, i dalje se koriste papiri, glasovi se broje ručno, glasanje se odvija na za to prije određenim lokacijama. Veliki broj onih koji učestvuju u izbornim procesima nema povjerenje u njegovu efikasnost. Izborni sistem kakav se sada koristi je ne efikasan, spor i podložan greškama svih strana koje učestvuju u izbornom procesu (od onih koji biraju, do onih koji mogu biti izabrani i onih koji su zaduženi za provođenje izbornog procesa). U ovom radu ćemo prikazati rezultate istraživanja vezanih za mogućnosti primjene blockchain tehnologija i njenom efikasnom korištenju u izbornom procesu u Bosni i Hercegovini. Tehnologije elektronskog i mobilnog glasanja bazirane na blockchain tehnologijama bi trebale omogućiti efikasniji, brži i sigurniji izborni process, za sve uključene u isti. Predloženi izborni sistem bi bio brži, efikasniji, jednostavniji, jeftiniji i manje podložan eventualnim greškama sa bilo koje strane.

Ključne riječi: izborni sistem, blockchain tehnologije, sigurnost izbornog procesa, tajnost glasanja, nepromjenjivost rezultata glasanja.

NEW TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN THE ELECTION PROCESS OF BOSNIA AND HERZEGOVINA BASED ON BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES

Summary: The election system in a lot of countries in the world have not been changed since the beginning od XIX century, paper is still being used, all the votes have to be counted manually, voting takes places on specific and predetermined locations. There is a growing number of those who are participating in the election process do not trust its efficiency. The electoral system currently in use is not efficient, it is slow, and prone to errors from all parties involved in it (from those who are voting to those being voted for). In this paper we are exploring the possibility of using blockchain technologies and its usage in the election system in Bosnia and Herzegovina. Electronic and mobile voting technologies based on blockchain should allow for a more efficient, faster, and less error prone election system.

Key words: Electoral system, blockchain technologies, security of the election process, secrecy of voting, invariability of voting results.

Uvod

Od pojave interneta povjerenje u računarske tehnologije počinje da se mijenja i osciluje. U samom početku računarima smo u potpunosti vjerovali, možda je uzrok tome bila njihova naučna i matematička zasnovanost. Početak 90-ih obilježili su hakeri – najčešće bezopasni studenti koji su iz dosade brisali neke mrežne stranice i pokazali da se jednostavno može ući u tuđi računar i

promijeniti ili obrisati neke sadržaje⁴⁰. Sada sve ono što dobije kao računarski izlaz uzimamo sa određenom nesigurnošću i rezervom.

Od tih 90-tih ipak smo postali zavisnici od novih tehnologija, a posebno računara. Informatičari su počeli tražiti načine kojima bi i običnog korisnika ubjedili da ponovo počne vjerovati računarima. Počinje se pisati i govoriti o blockchain tehnologiji koju je veliki broj kvalitetnih svjetskih informatičara i poznavaoaca novih tehnologija najavljivao kao inovaciju koja će samim korisnicima promijeniti životne navike, kao što je bilo i sa korištenjem interneta. To će većini korisnika pomoći da povrate određeno izgubljeno povjerenje u računare i nove tehnologije.

Blockchain je veoma značajna inovacija u računarskim tehnologijama, ima veoma značajan uticaj na efikasno korištenje, jer ima interdisciplinarnu primjenu. Iako su tek u nastajanju, blockchain tehnologije će uskoro imati uticaj na sve aspekte naših života, a posebno na način obavljanja digitalnih transakcija ili vođenje odgovarajućih evidencija. Ove tehnologije bi trebali promijeniti načine obavljanja nekih tradicionalnih zadataka. Ne promjenjivost, trajnost i sigurnost decentralizovanih podataka može imati primjenu i u izbornim sistemima.

Blockchain tehnologija će u izbornom procesu poboljšati i unaprijediti način memorisanja izbornih rezultata, te čuvanje i verifikaciju svakog glasa bilo kog birača.

1. Blockchain tehnologije

U istoriji se javljao problem sigurnosti obavljanja transakcija, a kao rješenje se pojavilo uvođenje treće strane – posrednika. To je dovelo do značajne centralizacije svih takvih procesa. Centralizovan pristup donosi sa sobom određene nedostatke: sigurnost, brzinu, mogućnost zloupotreba i slično. Alternativa centralizovanom pristupu je tehnologija koja se zasniva na lancu blokova (blockchain), a koja obezbjeđuje kreiranje distribuirane baze podataka koja ne zavisi od centralizovanog oblik realizacije transakcija.⁴¹

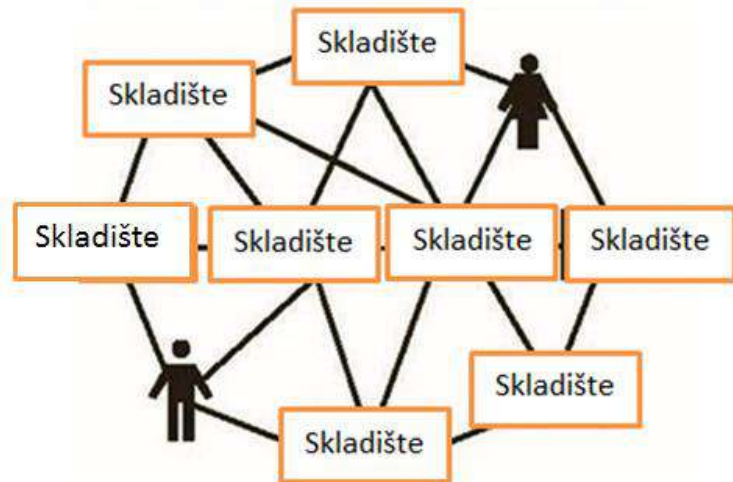
Blockchain tehnologija ne bi bila sigurno ono što je sada, da ne omogućava potpunu privatnost svake transakcije, te da ne zavisi od broja transakcija ili koliko ih se obavlja u svakom trenutku. To u izbornom procesu znači da je glas svakog glasača potpuno privatn, a da sistem besprjekorano funkcioniše bez obzira koliko birača daje svoj glas u svakom trenutku. Ova tehnologija obezbjeđuje i nudi veliki broj prednosti: decentralizirana je i na bezbjedan način pohranjuje sve podatke o datim glasovima. To je tehnologija koja je transparentna kao ni jedna od tehnologija do sada⁴². Ova tehnologija obezbjeđuje rješenje problema vezanog za distribuirane baze podataka. Nema potrebe za korištenjem bilo kog posebnog posrednika koji će nadzirati određene transakcije. Za blockchain tehnologiju možemo reći da je zajednička jedinstvena digitalna knjiga, odnosno distribuirana baza podataka koje su speremljene na više različitih računara i na većem

⁴⁰ J. Morrison, Context integrity measurement architecture: A privacy-preserving strategy for the era of ubiquitous computing, 2016 IEEE 7th Annu. Ubiquitous Comput. Electron. Mob. Commun. Conf. UEMCON 2016,

⁴¹ Miroslav M. (2017.), Blockchain tehnologija: mogućnost upotrebe izvan kripto valuta, , INFOTEH 2017, Srbija, https://www.researchgate.net/publication/318722738_BLOCKCHAIN_TEHNOLOGIJA_MOGUCNOSTI_UPOTREBE_IZVAN_KRIPTO_VALUTA , (pristupljeno 10.10.2020.)

⁴² Zyskind G, Nathan O, Alex. Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data[C]// IEEE Security and Privacy Workshops. IEEE Computer Society, 2015:180-18.

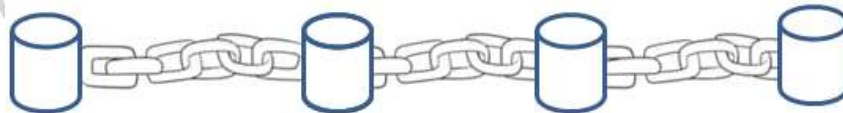
broju različitih lokacija⁴³. Dosta autora distribuiranu bazu podataka zamjenjuje sa distribuiranim skladištem podataka ili samo skladištem (slika 1). Blockchain tehnologije nije samo jedna tehnologija već sadrži: kriptografiju, matematiku i algoritme, ekonomske modele, kombinuje peer-to-peer mreže, distribuirane sisteme, sinhronizaciju distribuiranih baza podataka. To je integrisana i veoma složena infrastruktura⁴⁴.



Slika 1. Distribuirano skladište podataka

(izvor: autori rada)

Distribuirna baza podataka u blockchain mreži se stalno povećava jer se u nju stalno dodaju nove odgovarajuće transakcije - blokovi. Na taj način se stvara nepregledni lanac podataka i informacija, a koje su javni i uvijek provjerljivi. To obezbjeđuje nemogućnost malverzacija jer su podaci i informacije distribuirani na veliki broj različitih mjesta⁴⁵.



Slika 2. Distribuirane baze podataka

(izvor: autori rada)

2. Vrste blockchain tehnologije

Blockchain tehnologije mogu biti: privatne, javne i hibridne. Javni blockchain se može pojavljivati u obliku da svi u mreži mogu zapisivati, ali i čitati podatke, te da svi mogu čitati podatke, ali samo odgovarajuće validirane osobe ih mogu zapisivati. Pod privatnim blockchainom podrazumijevamo onaj kojem ne može da pristupi bilo ko, već to mogu samo verifikovane osobe. Takvi blockchaini mogu biti značajni u velikim kompanija i organizacijama koje tada mogu

⁴³ ZHOU Zhicheng, LI Lixin, LI Zuohui. Efficient cross-domain authentication scheme based on blockchain technology[J]. Journal of Computer Applications, 2018, 38(2): 316-320.

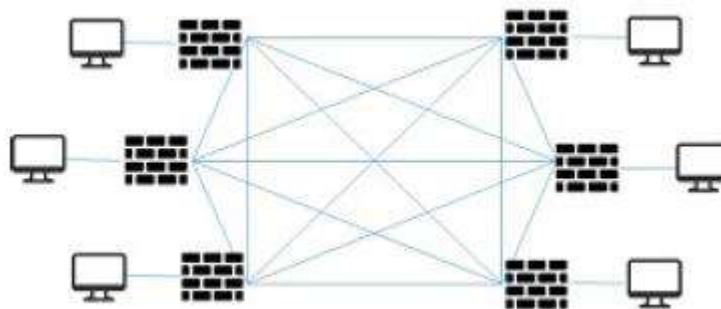
⁴⁴ A. Gervais, G. O. Karame, V. Capkun, and S. Capkun, "Is bitcoin a decentralized currency?" IEEE Security Privacy, vol. 12, pp. 54-60, May 2014.

⁴⁵ Lee B, Lee J H. Blockchain-based secure firmware update for embedded devices in an Internet of Things environment[J]. Journal of Supercomputing, 2017, 73(3):1-16.

iskoristiti sve prednosti blockchaina, a pri tome niko iz vanjskog okruženja ne može pristupiti biko kojim podacima, ili će im moći pristupiti u mjeri u kojoj im to bude dozvoljeno.

Tema ovog rada je fokusirana na primjenu ove tehnologije prilikom implementacije izbornih rješenja. Za ovu svrhu primjene biće govora o privatnoj blockchain tehnologiji jer upotreba ova tehnologija podrazumijeva identificiranje učesnika u procesu glasanja. Za poslovna i profesionalna rješenja, te rješenja u izbornom procesu, upotreba privatnog blockchaina nam omogućava efikasnu primjenu.

Privatne blockchain platforme zasnivaju se na mogućnostima dopuštenog korištenja, koje najčešće nude određene kompanije ili pojedinačna preduzeća gdje podacima mogu pristupiti samo oni korisnici koji su dio takvog konzorcija. Privatnim blockchain sistemima mogu pristupiti samo korisnici kojima je to dozvolio mrežni administrator Slika 3.



*Slika 3. Privatni blockchain
(izvor: autori rada)*

3. E glasanje zasnovano na blockchain tehnologijama

U sadašnjem sistemu glasanja u Bosni i Hercegovini prevladava mišljenje da su moguće manipulacije sa glasačkim listićima, u prebrojavanju glasova, upisivanju glasove u “Obrazce za zbirne rezultate”, unosu rezultata sa odgovarajućih obrazaca u odgovarajući softver, a da se pri tome još i ne radi o transparentnom glasačkom procesu.

Da bi se te manipulacije izbjegle, u radu predlažemo da se blockchain tehnologija koristi kao infrastruktura u sistemu e-Glasanja. Da to bude nova „nedodirljiva glasačka kutija”. Kutija u kojoj su smješteni svi dati glasovi, u kojoj se nalaze svi izborni rezultati, a koja onemogućava bilo kakvu manipulaciju ili promjenu volje birača. Cilj korištenja ovakve infrastrukture je da se obezbjedi decentralizirana arhitektura za provođenje procesa glasanja, a da to bude otvoren, pošten i nezavisno provjerljiv proces⁴⁶. To bi obezbjedilo veću transparentnost između glasača i izbornog sistema.

Sistem elektronskog glasanja (e-Glasanja) uz upotrebu blockchain tehnologija podrazumijeva glasanje uz upotrebu računara, mobilnih telefona ili tableta. Pri tome sistem može da vodi brigu o glasovima koje daje svaki glasač, evidentiranje i prebrojavanje glasova je tačno i na to niko

⁴⁶ Hammi, M.T., Hammi, B., Bellot, P., Serhrouchni, A.: Bubbles of trust: a decentralized blockchain-based authentication system for IoT. Comput. Secur. 78, 126–142 (2018)

nema mogućnost da utiče sa vana. To je sistem koji je siguran, ne dopušta dvostruko glasanje, u potpunosti je transparentan, a pri tome još i štiti privatnost glasača.

Blockchain tehnologija je "lanac blokova". Sami blokovi se odnose na blokove podataka povezanih u određeni lanac. Svi blokovi se povezuju unazad, a njihovo povezivanje zasnovano je na kriptografiji⁴⁷. To je vertikalni niz blokova, prvi je osnova tog niza. Implementacijom sistema blok lanca omogućava se sigurno i fleksibilno glasanje koje zadovoljava sve osnovne zahtjeve sistema za e-Glasanje.

Neke od bitnih komponenti blockchain tehnologija su:⁴⁸

- Sistem koji koristi blockchain projektovan je po modelu ravnopravnih odnosa P2P (peer-to-peer);
- Sistem je potpuno decentralizovan, pa nije potreban nadležni autoritet;
- Svaki novi izborni zapis se memoriše u realnom vremenu, a razmjenjuje se između svih izbornih čvorova - servera smještenih u opštinskim/gradskim izbornim komisijama i Centralnoj izbornoj komisiji Bosne i Hercegovine;
- Za identifikaciju učesnika (glasača ili članova izbornih komisija) u izbornom sistemu za potvrdu identiteta, te dokazivanje autentičnosti ili prava za uvid ili upis, koristi se veom složena kriptografija;
- Svaki od serverskih računara – čvorova, korištenih u izbornom sistemu, može davanjem glasačevog glasa ažurirati sve podatke u blockchain mreži;
- Blockchain ima odgovarajuće procedure i mehanizam koji obezbjeđuju jednostavno otkrivanje bilo kog pokušaja promjene na izbornim podacima.

Blockchain je projektovan tako da nema određenog mrežnog vlasnika. Radi se o jedinstvenoj i nepromjenjivoj knjizi u našem slučaju izbornih podataka i informacije, a koja je dostupna svakom ko je ovlašten za njeno korištenje u izornoj mreži. Sve ono što je unešeno u blockchain izornoj mreži je sigurno i transparentno, a svi korisnici izorne mreže su potpuno odgovorni za sve svoje postupke. Sama blockchain nema troškova za obavljene svih transakciji, ali ipak postoje određeni infrastrukturni troškovi.

To je tehnologija koja obezbjeđuje da se informacija o datim glasovima dijele između svih računara (čvorova) koji se koriste u izbornom sistemu, a ona omogućava da se svi digitalni izborni podaci i informacija distribuiraju između svih računara koji se koriste u izbornom sistem. Blockchain tehnologija odbezbjeđuje da svi zbirni izborni podaci i informacije postanu dostupniji, ne samo Centralnoj izbornoj komisiji Bosne i Hercegovine, nego i svim opštinskim (gradskim) izbornim komisijama, te svim političkim partijama, koalicijama - učesnicima u izbornom procesu. Izborni podaci i informacije su dostupni svim učesnicima u izbornom procesu (računarskoj izbornoj mreži), a izbornim podacima i informacijama se upravlja na odgovarajući kontrolisani način u visokom nivou sigurnosti i povjerenja. Blockchain tehnologija obezbjeđuje

⁴⁷ Antonopoulos, A. "Mastering Bitcoin." O'Reilly Media, California, (2014.), 978-1-449-37404-4

⁴⁸ Šijanović, Pavlović, S. Bolanča, A., Pavlović, D. (2018) „Internet of Things“ i „Blockchain“ kao alati razvoja fleksibilnog energetskog sektora, *Nafta i Plin*, 38 (153), str. 107-117.

popis svih izbornih transakcija odnosno da to bude glavna knjiga kompletnog izbornog procesa. Sve transakcije u toku izbornog procesa (glasanja) se grupišu u odgovarajuće blokove. Blok verifikovanih transakcija se dodaje postojećem lancu svih blokova. Svaki blok izbornih podataka je odgovarajućim sistemom šifriranja povezan sa prethodnim, te je svaki od njih označen odgovarajućim vremenskim žigom, pa se on kasnije ne može više mijenjati. Cjelokupan lanac datih glasova je popis svih datih glasova i odgovarajućih glasačkih transakcija. Ova tehnologija je u potpunosti dostupna svim učesnicima u izbornom procesu, tako da svi imaju cjelokupan uvid u zbirne podatke. Ako neko pokuša manipulirati izbornim podacima ili nečijim glasom, on se neće u potpunosti podudarati sa ostalim, te će ga svi ostali odbaciti, a čak i ako se većina sudionika mreže u nekom trenutku udruži i pokuša zajedno manipulirati izbornim rezultatima, oni se i dalje neće u potpunosti slagati sa memorisanim vrijednostima pa će ga sistem odbaciti.

Smatramo da bi prednosti koje bi obezbjedio sistem e-m-Glasanja bile smanjenje troškova izbornog procesa. Tradicionalni izbori dugoročno gledano su dosta skupi, posebno što kod nas postoji više stotina geografski raspoređenih glasačkih mjesta, stotine hiljada potencijalnih birača te hiljade članova biračkih odbora.

4. Proces glasanja

Da bi glasač mogao da da svoj glas, mora koristiti računar, tablet ili pametni telefon, biti registrovan kao birač u biračkom spisku i posjedovati digitalni potpis.

Kada bilo ko od korisnika (sa bilo kog čvora) pokrene transakciju glasanja, podaci o datom glasu se prosljeđuju na sve čvorove i memorišu u cijeloj blockchain mreži. To jest, u blockchain izornoj mreži svaka transakcija podataka je informacija o datom glasu glasača i prosljeđuje se kroz sistemsku mrežu na svaki čvor (računar) u toj mreži⁴⁹.

Glasač svoj dati glas digitalno potpisuje svojim tajnim ključem, da bi obezbjedio da niko neovlašten ne može vidjeti za koga je glasao. Prilikom prijavljivanja na Digitalni centralni birački spisak, korisnik mora na sistemu ostaviti svoj javni ključ da bi sistem mogao dešifrovati njegov glas i dodati ga političkoj opciji za koju je glasao.

Tokom procesa glasanja istovremeno se javlja velika količina podataka (datih glasova) i prosljeđuje se do svih čvorova u izornoj mreži.

5. Novi glas

Svojim kriptovanim datim glasom pokreću se dijelovi mreže koji su zaduženi da vode sve evidencije o datim glasovima (transakcijama) povezujući ih u blokove koji se moraju verifikovati i zaključati. Ovaj rad dijela blockchain mreža naziva se rudarenje (*cryptocurrency mining*). Softveri "Rudari" su odgovorni za provjeru valjanosti novog bloka podataka i njihovo smještanje u globalnoj knjizi blockchain mreže. Rudarenjem se provjerava valjanost svih datih glasova - dolaznim transakcijama prema lancu blokova. Rudari služe da potvrde i verifikuju određenu transakciju i da onemoguće višestruko glasanje. Neophodne provjere se provode zbog usklađenosti sa protokolom blockchain mreže. Identitet glasa se provjerava pomoću digitalnih

⁴⁹ Ouaddah A, Abou Elkalam A, Ait Ouahman A. FairAccess: a new Blockchain_based access control framework for the Internet of Things[J]. Security & Communication Networks, 2017, 9.

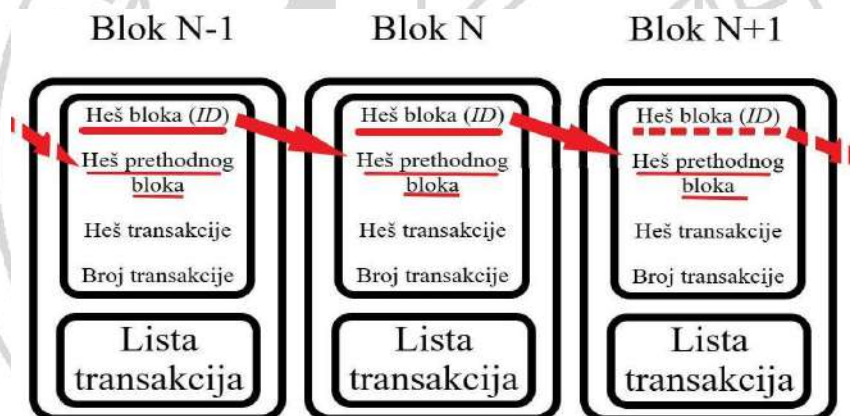
potpisa, a u skladu sa prethodno pregledanim transakcijama. Jednom kada se potvrdi valjanost podataka, rudar (softver) počinje organizirati ove transakcije kao dio bloka i smješta ih na odgovarajuće čvorove (servere).

Koristeći vremenske žigove, blockchain može linearno povezati izborne podatke kako bi izbjegao njihovo dupliciranje. Koristeći hash vrijednosti prethodnog bloka, Blockchain može zaštititi blok podataka od bilo kakve promjene.

6. Provjera valjanosti novog glasa

Nakon što je blok uspješno provjeren, softver prosljeđuje blok na mrežu i čeka potvrdu drugog čvora (server). Mrežni čvorovi (serveri) tada počinju provjeravati prispjeli blok. Ako pronađu nešto netačno ili određeno neslaganje sa blockchain protokolom, blok se odbija. U suprotnom, blok će biti verifikovan od svih čvorova mreže i biti spreman za pridruživanje postojećem lancu podataka (Blockchainu)⁵⁰. Kako se blokovi provjeravaju i redaju u blok lancu prikazano je na slici 4.

Provjereni blok vremenski je označen i dodan lancu linearnim i hronološkim redom. Ono što je novo i dodaje se na cijelu izbornu mrežu.



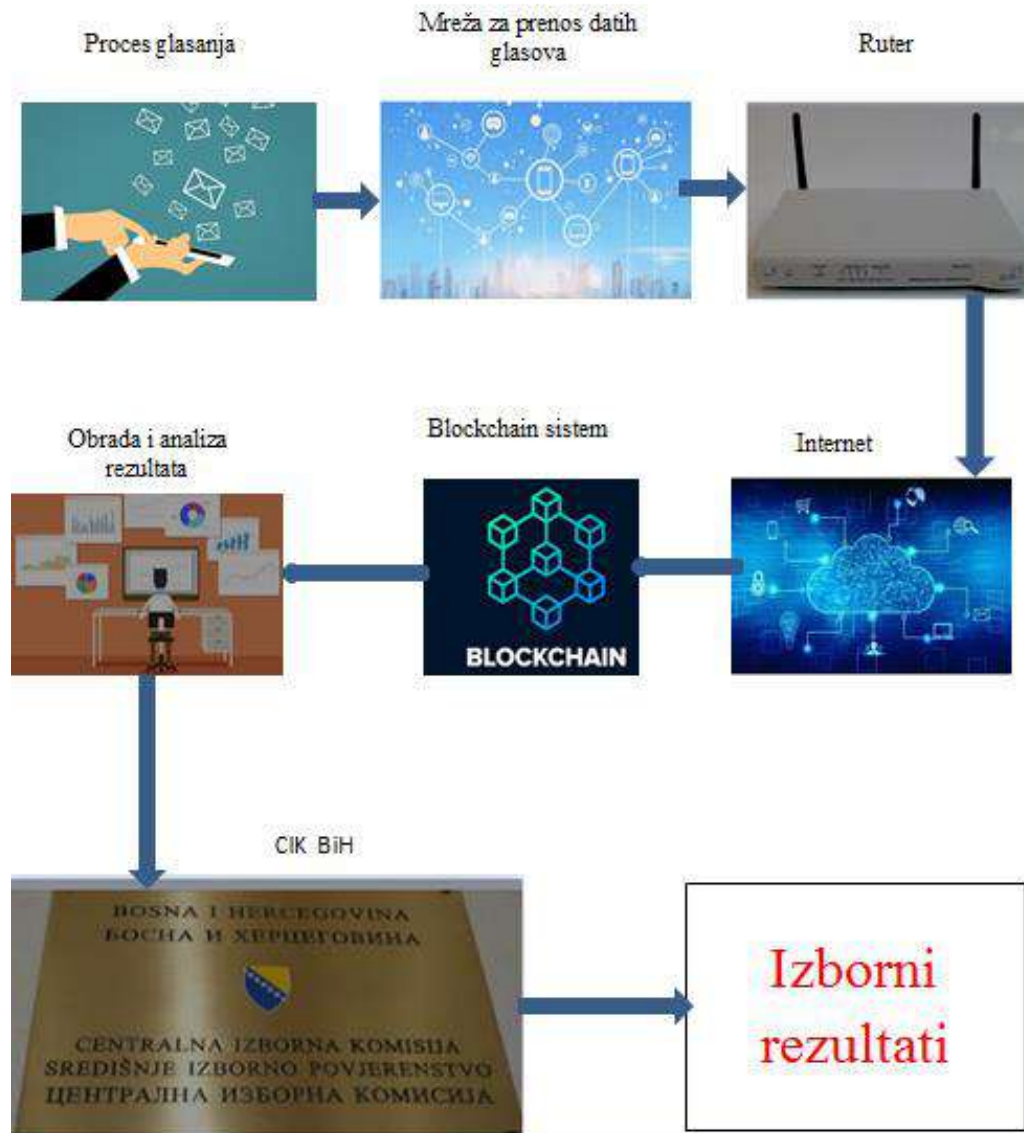
Slika 4. Dodavanje blokova blockchainu u jednostavnom prikazu.

(Izvor: autori rada)

Svaki blok u samom lancu se može zamisliti kao samo jedna stranica u knjizi. Svaka stranica u knjizi se nalazi u jednom od poglavlja i ima svoj broj u futeru stranice. Zaglavlje bloka sadrži samo tehničke informacije, a ima poveznicu na prethodni blok. Svi ti podaci su jako bitni da bi se moglo znati gdje blok pripada i njegov redosljed (n-1, n, n+1). Ako bi došlo do narušavanja niza na primjer zbog pokušaja napada na blockchain, sistem bi lako pomoću referenci na prethodni blok, doveo razmještaj u početno stanje.

Kako bi trebao da izgleda novi sistem zasnovan na blockchain tehnologijama, sistem koji je siguran i nije podložan bilo kakvoj manipulaciji prikazan je na slici 5.

⁵⁰ Xu Q, Jin C, Rasid M F B M, et al. Blockchain-based decentralized content trust for docker images[J]. Multimedia Tools & Applications, 2017(239):1-26.



Slika 5. Novi izborni sistem

Izvor: autori rada

Zaključak

U ovom radu predložili smo novi system glasanja pomoću računara, mobilnog telefona ili tableta. Glasači moraju pristupiti blockchain sistemu centalne izborne komisije Bosne i Hercegovine putem Interneta. Da bi mogli izvršiti proces glasanja moraju koristiti određeni softver, te trebaju proći procedure prijavljivanja na sistem i neophodnu autentifikaciju. Blockchain sistem neće dozvoliti da glasa niko ko nije prošao procedure autentifikacije. Pošto se prijavljivanjem na ovakav sistem vremenskim žigom verifikuje kada je neko glasao, nema nikakne mogućnosti ponovnih višestrukog glasanja. Svako ko glasa svojim digitalnim potpisom kriptuje dati glas, a pri tome se pokreće dio blockchain mreže koji je zadužen za vođenje evidencije o svim datim glasovima povezujući ih u odgovarajuće blokove. Mrežni čvorovi blockchain mreže provjeravaju sve prispele blokove. Ako se pri tome nađe nešto što se ne slaže sa blockchain protokolom blok se odbacuje. Ako je sve u redu, blok će biti verifikovan od strane svih čvorova i biće pridružen postojećim lancima podataka. Pošto se radi o sigurnoj tehnologiji ne postoji način za bilo kakvom

promjenom izbornih rezultata. Korištenjem blockchain tehnologija u izbornom procesu, proces elektronskog glasanja se obavlja unutar mreže, a dati glasovi se snimaju i čuvaju u distribuiranim bazama podataka. Izborni rezultati ili digitalni izborni podaci sadrže sve date glasove ili obavljene izborne transakcije koje su se desile u izornoj mreži i garantuje da su oni legitimni i tačni. Neophodna sigurnost se garantuje upotrebom odgovarajućih kriptografskih ključeva, a bilo koji zapis u blockchainu se ne može promjeniti bez promjene svakog od narednih blokova, a to opet zahtijeva odgovarajući dogovor u samoj izornoj mreži. Tim je neizvjesnost učesnika u izbornom procesu u pogledu sigurnosti i bezbjednosti podataka o datim glasovima marginalna.

Literatura

- [1]. Gervais, G. O. Karame, V. Capkun, and S. Capkun, "Is bitcoin a decentralized currency?" IEEE
- [2]. Antonopoulos, A: "Mastering Bitcoin." O'Reilly Media, California, (2014.), 978-1-449-37404-4
- [3]. Hammi, M.T., Hammi, B., Bellot, P., Serhrouchni, A.: Bubbles of trust: a decentralized blockchain-based authentication system for IoT. *Comput. Secur.* 78, 126–142 (2018)
- [4]. J. Morrison, Context integrity measurement architecture: A privacy-preserving strategy for the era of ubiquitous computing, 2016 IEEE 7th Annu. Ubiquitous Comput. Electron. Mob. Commun. Conf. UEMCON 2016,
- [5]. Lee B, Lee J H. Blockchain-based secure firmware update for embedded devices in an Internet of Things environment[J]. *Journal of Supercomputing*, 2017, 73(3):1-16.
- [6]. Miroslav M. (2017.), Blockchain tehnologija: mogućnost upotrebe izvan kripto valuta, , INFOTEH 2017, Srbija, https://www.researchgate.net/publication/318722738_BLOCKCHAIN_TEHNOLOGIJA_MOGUCNOSTI_UPOTREBE_IZVAN_KRIPTO_VALUTA , (pristupljeno 10.10.2020.)
- [7]. Ouaddah A, Abou Elkalam A, Ait Ouahman A. FairAccess: a new Blockchain-based access control framework for the Internet of Things[J]. *Security & Communication Networks*, 2017, 9. Security Privacy, vol. 12, pp. 54-60, May 2014.
- [8]. Šijanović, Pavlović, S. Bolanča, A., Pavlović, D. (2018) „Internet of Things“ i „Blockchain“ kao alati razvoja fleksigurnog energetskog sektora, *Nafta i Plin*, 38 (153), str. 107-117.
- [9]. Xu Q, Jin C, Rasid M F B M, et al. Blockchain-based decentralized content trust for docker images[J]. *Multimedia Tools & Applications*, 2017(239):1-26.
- [10]. ZHOU Zhicheng, LI Lixin, LI Zuohui. Efficient cross-domain authentication scheme based on blockchain technology[J]. *Journal of Computer Applications*, 2018, 38(2): 316-320.
- [11]. Zyskind G, Nathan O, Alex. Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data[C]// *IEEE Security and Privacy Workshops*. IEEE Computer Society, 2015:180-18.