

DECENTRALIZOVANA KRAUDSORSING PLATFORMA ZA DOSTAVU POŠILJAKA

Marko Đogatović, David Cvetković, Nikola Matijašević
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet,
m.djogatovic@sf.bg.ac.rs, davidcvetkovic58@gmail.com, nikola.matijasevic@sf.bg.ac.rs

Rezime: Tradicionalne kraudsorsing (crowdsourcing) platforme angažuju ljudske resurse radi rešavanja problema koje korisnici tih platformi postavljaju. Međutim, rad takvih sistema regulišu centralizovani serveri koji ne pružaju odgovarajuću zaštitu podataka. Najpogodniji način da se taj nedostatak prevaziđe jeste prelaz na decentralizovani model upravljanja, čime se pored veće bezbednosti postiže i poverenje između korisnika. U ovom radu prikazana je decentralizovana kraudsorsing platforma za dostavu pošiljaka, gde su ključni procesi platforme automatizovani pametnim ugovorima.

Ključne reči: kraudsorsing, blokčejn tehnologija, pametan ugovor, dostava pošiljaka

1. Uvod

Početak 21. veka, Internet je povezivao više od 400 miliona korisnika. Taj broj je svakodnevno rastao, a sa njim i količina novih ideja i mogućnosti. Istovremeno, ekonomija deljenja je pokušavala da proširi prednosti razmene sredstava i usluga na veći segment populacije. Sudar ova dva fenomena rezultirao je stvaranjem onlajn platformi koje su omogućile lako deljenje resursa između svih Internet korisnika. Danas se najveći broj takvih platformi bazira na umrežavanju članova koji traže rešenje nekog problema, sa članovima koji to rešenje mogu da pruže, a takav oblik ekonomije deljenja naziva se kraudsorsing [1]. Kada je u pitanju dostava pošiljaka, kraudsorsing platforme ostvaruju interakciju između pošiljalaca i kurira, odnosno članova koji zahtevaju transport pošiljaka sa članovima koji taj transport mogu da obave. Međutim, iako tradicionalni kraudsorsing sistemi (TKS) naizgled funkcionišu dobro, oni često ne mogu da obezbede adekvatno upravljanje i zaštitu podataka, što ih često čini metom sajber napada [2].

Do danas je objavljen veliki broj radova posvećenih rešavanju ovih, ali i drugih problema TKS, gde se pokazalo da najveći potencijal leži u tehnologijama distribuiranog registra, od kojih je najpoznatija blokčejn (*blockchain*) tehnologija. Cilj ovog rada je analiza decentralizovane kraudsorsing platforme za dostavu pošiljaka, koja štiti podatke skladištenjem u distribuiranom okruženju, a zasniva se na pametnim ugovorima koji automatizuju glavne procese.

Rad je koncipiran na sledeći način: U drugom poglavlju su objašnjene karakteristike blokčejn tehnologije koje su od značaja za razumevanje ostatka rada. Treće poglavlje opisuje osnovne principe kraudsorsing platformi i njihovo poboljšanje uz pomoć blokčejn tehnologije. U četvrtom poglavlju je dat koncept decentralizovane kraudsorsing platforme za dostavu pošiljaka i prikaz korisničkog interfejsa platforme. U poslednjem poglavlju sumirani su rezultati rada.

2. Blokčejn tehnologija

Tehnologije distribuiranog registra (*Distributed Ledger Technologies, DLT*) predstavljaju digitalne sisteme za čuvanje podataka. Ono što ih razlikuje od klasičnih baza jeste činjenica da njima upravljaju mnogobrojni računari (čvorovi) koji kontinualno proveravaju ispravnost podataka u mreži.

Svi računari imaju jednaku važnost, čineći mrežu decentralizovanom, a podaci koji se u njoj čuvaju distribuirani su između svih računara. Pristup podacima omogućava računarima učestvovanje u njihovoj verifikaciji, a u tome im pomažu mehanizmi konsenzusa koji postižu sporazum o ispravnosti transakcija. Usaglašavanjem većine čvorova oko validnosti transakcija nastaje jedinstveni izvor istine koji ostvaruje poverenje u mreži i autentifikaciju transakcija bez posrednika.

Blokčejn tehnologija je glavni predstavnik ovih sistema, a njena prvobitna funkcija je bila obavljanje elektronskog plaćanja bez posredovanja finansijskih institucija [3]. Međutim, benefiti tehnologije su se brzo proširili na druge industrije. Radi lakšeg razumevanja daljeg teksta, pogodno je podeliti učesnike blokčejn mreže na sledeći način:

- 1) Čvorovi – računari koji automatski proveravaju ispravnost podataka,
- 2) Rudari – podvrsta čvorova - regulišu generisanje blokova,
- 3) Korisnici – osobe koje vrše transakcije, ali ne učestvuju u kontroli mreže.

Identitet korisnika je određen kombinacijom javnog i privatnog ključa, koji se pored identifikacije koriste i za potpisivanje obavljenih transakcija. Kada korisnik inicira transakciju, njen sadržaj se šifruje hešing (*hashing*) funkcijom, čiji je izlaz jedinstveni heksadecimalni zapis - heš (*hash*). Šifrovani podaci se dalje potpisuju pomenutim parom ključeva, pri čemu tzv. digitalni potpis jednoznačno povezuje transakciju sa korisnikom. Transakcija zatim postaje vidljiva svim čvorovima mreže, koji tada mogu započeti proces verifikacije. Da bi potvrdili ispravnost, potrebno je da su poreklo i sadržaj transakcije nepromenjeni, što će potvrditi nepromenjenost heš vrednosti i digitalnog potpisa. Validne transakcije se smeštaju u blok, čiji se sadržaj takođe hešuje. Svaki blok je obeležen svojim, i hešom prethodnog bloka. Na taj način se stvara "neraskidiv" lanac blokova čiji se sadržaj više ne može promeniti [4]. Ovaj princip dodatno je ilustrovan Slikom 1.



Slika 1. Princip rada blokčejn tehnologije

2.1 Mehanizmi konsenzusa

Da bi se ostvarilo poverenje u decentralizovanoj mreži, koriste se protokoli koji postižu jednoglasnost oko ispravnosti transakcija, ali eliminišući uticaj zlonamernih čvorova. Takvi protokoli se nazivaju mehanizmi konsenzusa, a u ostatku poglavlja su detaljnije objašnjeni neki od najznačajnijih u trenutku pisanja ovog rada.

Proof-of-Work (PoW) je prvi mehanizam konsenzusa korišćen u blokčejn tehnologiji. PoW sprečava zlonamerne aktivnosti tako što zahteva od rudara da reše računarski zahtevne matematičke probleme pre nego što mogu dodati blok u lanac [5]. Ako bi rudar pokušao da podnese lažnu transakciju (npr. dvostruko slanje istog novca [6]), pretrpeće troškove prouzrokovane iskorišćenim resursima, dok će ostali rudari negirati ispravnost dodatog bloka, čineći pokušaj prevare neisplativim.

Proof-of-Stake (PoS) je energetska efikasnija alternativa PoW mehanizmu, jer umesto računarskih resursa, validatori blokova ulažu novac, pri čemu je verovatnoća odabira validatora direktno proporcionalna uloženom iznosu [7]. U ovom slučaju, izazov je nedostatak ulaganja, što može dovesti do većeg stepena centralizacije.

Byzantine Fault Tolerance (BFT) je grupa mehanizama kod kojih čvorovi postižu konsenzus putem međusobne komunikacije. Međutim, za razliku od prethodna 2 mehanizma, BFT ne zahteva nikakvo ulaganje koje bi podstaklo čvorove na pošteno ponašanje. Jedini način da se zlonamerni čvorovi spreče, jeste da njihov broj ne prelazi 1/3 ukupnog broja čvorova, zbog čega se BFT mehanizmi koriste samo u mrežama sa malim brojem učesnika [7].

2.2 Pametni ugovori

Pametni ugovori su računarski programi koji digitalizuju odredbe nekog ugovora i automatski ih izvršavaju po ispunjenju unapred utvrđenih uslova [8]. Pretvaranjem ugovora u računarski kod, sva njegova svojstva se objedinjuju u jedan softver, a realizacijom na blokčejn mreži, softveri nasleđuju i svojstva blokčejn tehnologije [9]. Proces stvaranja pametnih ugovora može se podeliti na nekoliko faza, od kojih je prva međusobni dogovor transaktora oko odredbi i uslova. Nakon toga se dogovoreni parametri pretvaraju u kod koji se izvršava na blokčejn mreži, gde se takođe beleže i promene stanja ugovora. Nakon formiranja ugovora, on se hešuje i distribuira čvorovima blokčejn mreže kao i sve ostale transakcije. Izvršavanje ugovora se zasniva na stalnom praćenju mrežnih aktivnosti i detekciji promena definisanih parametara. Kada je neki od tih parametara zauzeo traženu vrednost, automatski se izvršava odgovarajuća akcija, stanje ugovora se menja, a informacija o ispunjenom uslovu, ili celom pametnom ugovoru, ostaje na blokčejnju.

3. Primena blokčejn tehnologije u kraudsorsingu

Termin kraudsorsing predstavlja spoj engleskih reči „crowd“ (gomila) i „outsourcing“ (angažovanje spoljnih saradnika) i predstavlja proces prikupljanja ideja, usluga i sadržaja od velikog broja dobrovoljaca okupljenih u okviru Internet platformi.

Dva osnovna entiteta u svakom kraudsorsing procesu su poslodavci i radnici [1]. Poslodavci su pojedinci ili kompanije koji podnose zahteve za radnu snagu. U obavezi su da pruže osnovne informacije o poslu i da na kraju adekvatno ocene i isplate radnike, dok

radnici čine zajednicu korisnika zainteresovanih za obavljanje poslova u zamenu za odgovarajuću kompenzaciju [4]. Efikasnost kraudsorsing platformi upravo počiva na međusobnoj koristi oba entiteta. Međutim, ono što ovakav sistem čini ranjivim jeste centralizovana platforma koja posreduje između poslodavaca i radnika. Ona rukuje velikom količinom poverljivih podataka, a često uključuje i obradu plaćanja, zbog čega predstavlja pogodnu metu sajber napadačima. Takođe, usled nedovoljnog broja bezbednosnih mehanizama, zlonamerne aktivnosti se mogu desiti i unutar sistema. Ovakav pristup ne samo da predstavlja bezbednosni rizik, već ugrožava poverenje između korisnika i integritet celokupnog sistema. Primena rešenja poput blokčejn tehnologije mogla bi smanjiti ovakve rizike i unaprediti performanse platforme.

Za razliku od TKS, struktura decentralizovanih kraudsorsing sistema (DKS) je nešto složenija i zasniva se na blokčejn klijent-server modelu. Arhitektura DKS primenjena u ovom radu koncipirana je po uzoru na [2] i deli platformu na 3 sloja: sloj aplikacije, blokčejn sloj i sloj za skladištenje podataka. Sloj aplikacije se odnosi na ono što korisnik vidi dok koristi aplikaciju i sastoji se iz 3 modula: Korisnički modul, Modul za upravljanje zahtevima i Kompajler. Korisnički modul je odgovoran za registraciju korisnika i upravljanje njihovim podacima. Modul za upravljanje zahtevima pretvara zahteve u pametne ugovore, čiji algoritmi upravljaju pojedinačnim procesima zahteva. Svi pametni ugovori se na kraju kompajliraju u jezik razumljiv blokčejn sloju. Blokčejn sloj podržava procese u sloju aplikacije i odgovoran je za skladištenje i upravljanje kompajliranim pametnim ugovorima, kao i svim podacima od važnosti. Sloj za skladištenje podataka se koristi za čuvanje podataka koji nisu ključni za obavljanje transakcija, a njihovim razdvajanjem od blokčejn sloja štedi se na memorijskom prostoru mreže [1]. Iako nisu direktno uneti u blokčejn, podaci se hešuju prilikom unosa u sloj za skladištenje podataka, a njihov heš se čuva na blokčejnu. Na taj način se uspostavlja veza između slojeva i omogućava potvrda integriteta podataka.

Primenom opisane arhitekture, podaci se više ne nalaze na jednom mestu, već su distribuirani između čvorova decentralizovane mreže. Na taj način ostaju neugroženi čak i ako su neki od čvorova kompromitovani. Takođe, pametni ugovori objedinjuju sve faze kraudsorsing procesa, a automatizacijom tih faza uklanjaju mogućnost manipulacije sistemom.

4. Koncept decentralizovane kraudsorsing platforme za dostavu pošiljaka

U ovom poglavlju razvijen je koncept platforme za dostavu pošiljaka, zasnovane na prethodno objašnjenim principima blokčejn kraudsorsing sistema. Principi funkcionisanja ove platforme ne odstupaju od principa TKS, međutim, potrebno je drugačije protumačiti uloge učesnika.

Glavna razlika kraudsorsing platformi za dostavu se ogleda u prisustvu dodatnog entiteta. U TKS, poslodavac ujedno postavlja zadatak i prima krajnje rešenje, dok se kod platformi za dostavu ta uloga deli na pošiljaoca i primaoca. S obzirom na to da se radi o specijalizovanoj platformi gde je jedini posao transport pošiljaka, svi radnici imaju ulogu kurira, a za njihovo angažovanje odabran je model zasnovan na aukciji. U poređenju sa kuririma i pošiljaocem, uloga primaoca je najmanja. Njega najčešće zanima status pošiljke, zbog čega nema potrebu za stalnom komunikacijom sa kuririma.

Na kraju, treba istaći da zaposleni, tj. kuriri, u ovakvom tipu kraudsorsinga ne traže stalno zaposlenje niti stabilan izvor prihoda, kao što je to slučaj kod sličnih

kompanija. Ovde je cilj povećanje efikasnosti, smanjenje troškova i pojednostavljenje procesa dostave, tako što će se angažovati kuriri koji već putuju ka određitu pošiljke. Kuriri na taj način bivaju plaćeni bez mnogo truda, a pošiljaoci i primaoci ispunjavaju potrebu za dostavom.

4.1 Mehanizmi reputacije

Poverenje između korisnika je ključno za funkcionisanje kraudsorsinga, naročito kada je reč o transportu pošiljaka. Ipak, ono je subjektivno i zato često nedovoljno da bi se saradnja ostvarila. Zbog toga se u ovakvim sistemima koriste mehanizmi reputacije.

Mehanizmi reputacije su protokoli koji na osnovu definisanih standarda procenjuju pouzdanost korisnika i na taj način ostvaruju neophodno poverenje. Standardi se definišu na osnovu parametara kvaliteta, koji se u ovom slučaju izvode iz osnovnog zadatka procesa dostave, koji zahteva da pošiljalac preda odgovarajuću pošiljku kuriru, koji će je bez oštećenja, umanjenja sadržaja i kašnjenja uručiti primaocu. Prema tome, zaključujemo da su glavni kriterijumi kvaliteta dostave kašnjenje i integritet pošiljke.

Kašnjenje se može podeliti na: kašnjenje kurira na prijem, kašnjenje pošiljaoca na prijem, kašnjenje kurira na uručenje i kašnjenje primaoca na uručenje. Ova vremena se evidentiraju u sistemu, što omogućava automatsko računanje kašnjenja. Integritet pošiljke se posebno posmatra iz ugla pošiljaoca i kurira. U prvom slučaju, kurir (koji je ovlašćen za pregled pošiljke) putem aplikacije potvrđuje ispravnost sadržaja i preuzima odgovornost na sebe. Međutim, ne postoji način da automatski potvrdimo stanje pošiljke nakon zaduživanja kurira. Zbog toga ovakve kompanije propisuju pravilnike kojima određuju postupke u slučaju štete nastale između prijema i dostave. Ipak, takvi pravilnici izlaze van okvira blokčejn tehnologije, i zbog toga nisu razmatrani u nastavku rada.

Poslednji parametar je subjektivna ocena svih učesnika. Ona se usrednjava sa ostalim ocenama, pri čemu se formira konačna ocena. U ovom slučaju, rizik leži u nepravednom ocenjivanju korisnika uprkos kvalitetno obavljenom poslu. Zbog toga je neophodno da mehanizam reputacije bude otporan na zlonamerne ocene. Rešenje ovog problema je inspirisano radom [10] i sastoji se iz tri koraka. Prvi korak je izračunavanje \bar{O}_j , srednje vrednosti svih ocena datih korisniku j . Zatim, računa se srednja vrednost svih ocena datih korisniku j od strane određenog korisnika i , \bar{O}_{ij} . Konačno, računa se standardno odstupanje svih ocena datih korisniku i , S_j . Na osnovu dobijenih vrednosti određuje se verodostojnost razmenjenih ocena, V_{ij} . Ukoliko se \bar{O}_{ij} nalazi u opsegu $\bar{O}_j \pm S_j$, ocena se smatra verodostojnom, dok se u suprotnom njen značaj umanjuje. Ako korisnici sarađuju po prvi put, V_{ij} će iznositi 0,5.

4.2 Implementacija pametnih ugovora

Za pravilan rad platforme odgovorna su 3 pametna ugovora: Ugovor za registraciju (UR), Ugovor za upravljanje zahtevima (UUZ), Ugovor za upravljanje reputacijom (UUR).

4.2.1 Ugovor za registraciju

Prilikom registracije, od korisnika se ne traži da odaju svoj identitet, već se prijavljuju samo uz pomoć lozinke, a nalog se dodatno štiti tajnom frazom koja je čest bezbednosni mehanizam u blokčejn aplikacijama. Jedini identifikator korisnika u sistemu je adresa koju Ugovor za registraciju generiše hešovanjem javnog ključa. Dobijena adresa biće javno dostupna i neće sadržati korisničke informacije.

4.2.2 Ugovor za upravljanje zahtevima

Ugovor za upravljanje zahtevima je glavni deo aplikacije. On reguliše celokupan proces dostave sledećim funkcijama: Kreiranje Pošiljke, Postavljanje Zahteva, Licitacija, Provera Licitacije, Određivanje Kurira, Prijem, Dostava, Otkazivanje Dostave.

4.2.2.1 Kreiranje Pošiljke

Proces postavljanja zahteva za dostavu počinje funkcijom Kreiranje Pošiljke, pri čemu se inicijatoru zahteva dodeljuje uloga pošiljaoca. U prvom koraku, pošiljalac navodi javnu adresu primaoca i fotografije sadržaj pošiljke (Slika 2a). Da bi se uštedelo na memorijskom prostoru bloka, fotografija se čuva u sloju za skladištenje podataka, dok se na blokčejnu beleži samo njena heš adresa. Nakon toga, unose se informacije koje će biti javno dostupne svim kuririma (Slika 2b). Tu spadaju veličina pošiljke, najveće dimenzije pojedinačnih paketa, rok za obavljanje prijema i dostave, vreme trajanja aukcije, lokacija prijema i dostave, minimalna reputacija kurira kao i maksimalna cena aukcije. Lokacije prijema i dostave se u odeljku za javne informacije određuju približno, obeležavanjem na mapi, dok se tačna lokacija upisuje kasnije, u informacijama dostupnim samo kuriru. Na kraju, unose se informacije koje će biti dostupne samo angažovanom kuriru (Slika 2c). One obuhvataju tačnu lokaciju prijema i dostave, kontakt pošiljaoca i primaoca, kao i dodatne instrukcije. Konačno, pošiljalac potvrđuje unete podatke i uplaćuje depozit kojim će na kraju dostave isplatiti kurira.

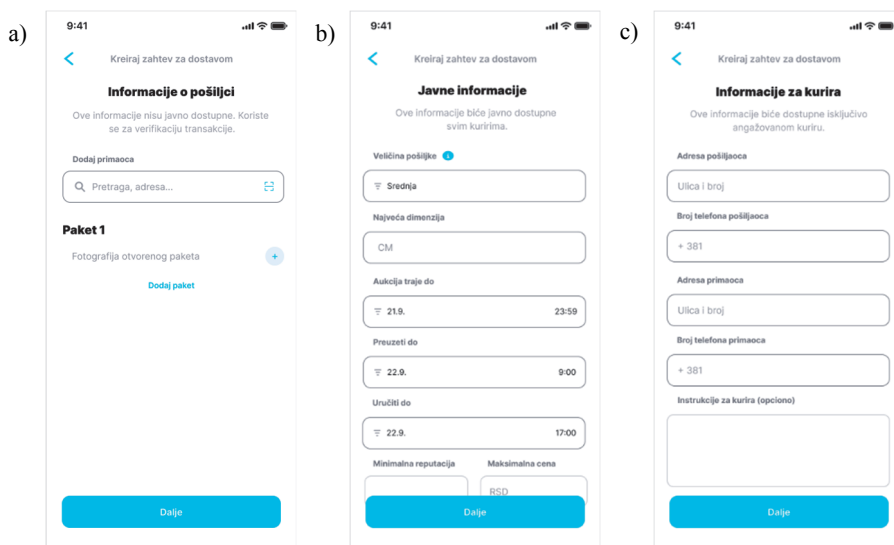
Kada korisnik potvrdi unete informacije, primaocu stiže obaveštenje o kreiranoj pošiljci. Primalac tada pristupa zahtevu, pregleda podatke i potvrđuje ili odbija zahtev. Ako potvrdi, stanje pošiljke se ažurira na *zahtev potvrđen*, a zahtev konačno postaje javno dostupan na platformi. U tom trenutku, inicira se funkcija Postavljanje Zahteva.

4.2.2.2 Postavljanje Zahteva

Ova funkcija deli prethodno unete podatke na javne i privatne. Javni podaci su vidljivi svim kuririma, a privatni su dostupni samo učesnicima u procesu dostave. Ukoliko podaci nisu od važnosti za obavljanje transakcija, čuvaju se u sloju za skladištenje podataka, dok se sledeći parametri čuvaju na blokčejnu:

- 1) Javna adresa pošiljaoca,
- 2) Javna adresa primaoca,
- 3) Javna adresa kurira,
- 4) Heš fotografije,
- 5) Broj pošiljke,

- 6) Stanje pošiljke,
- 7) Predata licitacija,
- 8) Prihvaćena licitacija.



Slika 2. a) Unos fotografije pošiljke i adrese primaoca, b) Unos javnih informacija, c) Unos informacija dostupnih samo angažovanom kuriru

Pored već objašnjenih parametara, izdvajaju se broj pošiljke i stanje pošiljke. Kao broj pošiljke koristi se heš transakcije koja je rezultat funkcije Kreiraj Pošiljku. Ovim brojem pošiljalac i primalac potvrđuju svoje uloge prilikom prijema i dostave.

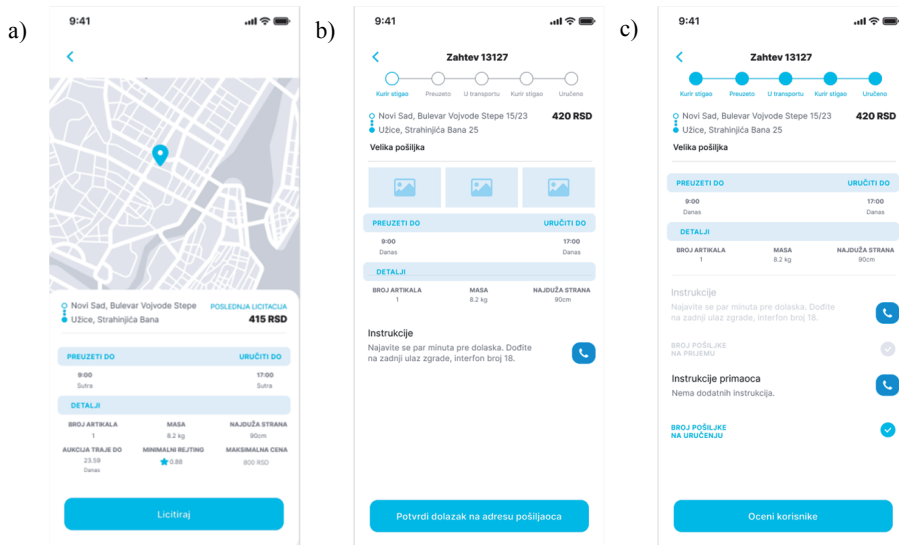
Stanje pošiljke je promenljiva koja evidentira promene faza u procesu dostave; u trenutku kada korisnik unese sve podatke, podešena je na *čeka se potvrda primaoca*, a nakon što primalac potvrdi zahtev, ažurira se na *zahtev potvrđen*. Svaka sledeća interakcija sa pametnim ugovorom ažurira stanje pošiljke.

Postoji 10 različitih stanja: *čeka se potvrda primaoca*, *zahtev potvrđen*, *traži se kurir*, *kurir pronađen*, *kurir potvrdio*, *kurir na adresi pošiljaoca*, *pošiljka preuzeta*, *kurir na adresi primaoca*, *pošiljka uručena* i *zahtev otkazan*.

Licitacija kurira je poslednji parametar koji se čuva na blokčejnu, ali je podeljen na dva dela: Predata licitacija i Prihvaćena licitacija. Dok je aukcija otvorena, licitacije kurira se smeštaju u okviru Predate licitacije, a kada se zatvori, prihvaćene vrednosti se premeštaju u Prihvaćenu licitaciju. Na kraju, stanje pošiljke se menja u *traži se kurir*.

4.2.2.3 Licitacija

Nakon što kurir odabere zahtev (Slika 3a), potrebno je da unese željenu cenu dostave. Funkcija Licitacija proverava da li je uneta cena manja ili jednaka od maksimalne cene dostave i da li reputacija prijavljenog kurira zadovoljava minimalnu potrebnu reputaciju. Ako su svi uslovi ispunjeni, generiše se oznaka licitacije. U suprotnom se licitacija odbacuje. Na kraju, funkcija hešuje generisanu oznaku licitacije i unosi tu vrednost u polje Predata licitacija funkcije Postavljanje Zahteva.



Slika 3. a) Zahtev za dostavu iz perspektive kurira, b) Ekran kurira pre prijema, c) Ekran kurira nakon dostave

4.2.2.4 Provera Licitacije

Pre određivanja kurira, funkcija Provera Licitacije proverava da li je Predata licitacija jednaka odgovarajućoj hešovanoj vrednosti i da li je hešovana vrednost jednaka odgovarajućoj generisanoj oznaci licitacije. Nepromenjenost ovih parametara ukazuje na to da u međuvremenu nije došlo do manipulacije podacima ni sa jedne strane, pri čemu se licitacija smešta u polje Prihvaćena licitacija.

4.2.2.5 Određivanje Kurira

Prihvaćene licitacije se rangiraju prema ceni, ali i reputaciji kurira, pri čemu se najbolje rangira kurir sa najmanjom cenom i najvećom reputacijom. Nakon toga, pošiljalac dobija listu rangiranih kurira od kojih odabira jednog i tada se stanje pošiljke ažurira na *kurir pronadjen*. Odabrani kurir dobija obaveštenje putem aplikacije, nakon čega prihvata ili odbija zahtev. Ukoliko prihvati, stanje pošiljke se ažurira na *kurir potvrđio*.

4.2.2.6 Prijem

Kurir preko aplikacije označava da je stigao na adresu i ujedno o tome obaveštava pošiljaoca (Slika 3b). Ukoliko se trenutna lokacija kurira podudara sa lokacijom prijema, stanje se ažurira na *kurir na adresi pošiljaoca*. Radi identifikacije, pošiljalac pruža broj pošiljke, a kurir svoju adresu. Razmenjeni podaci se unose skeniranjem QR koda, a stanje pošiljke se ažurira na *pošiljka preuzeta*. Na ovaj način se osigurava da su se kurir i pošiljalac sreli i da je kurir zadužen.

4.2.2.7 Dostava

Prethodni postupak se ponavlja i kod dostave. Nakon što kurir označi da je stigao na adresu, i sistem potvrdi podudarnost dveju lokacija, stanje pošiljke se menja u *kurir na adresi primaoca*. Kurir tada zahteva broj pošiljke od primaoca, dok primalac od kurira zahteva javnu adresu. Razmenjeni parametri se unose u sistem, i funkcija Dostava ažurira stanje pošiljke na *pošiljka uručena*. U tom trenutku se kurir razdužuje i proces dostave se završava.

4.2.2.8 Otkazivanje Dostave

Ova funkcija omogućava pošiljaocu i kuriru da otkazu zahtev za dostavu. To mogu uraditi samo ukoliko je stanje pošiljke u jednom od sledećih stanja: *zahtev potvrđen*, *traži se kurir*, *kurir pronađen* ili *kurir potvrdio*. U suprotnom, nije moguće otkazati zahtev. Nakon izvršenja, funkcija ažurira stanje pošiljke na *zahtev otkazan*.

4.2.3 Ugovor za upravljanje reputacijom

Poslednji pametan ugovor je ugovor za upravljanje reputacijom i on se inicira nakon što je pošiljka uručena. Funkcija ovog ugovora proverava da li je stanje pošiljke *pošiljka uručena*, i obuhvata ocenu pošiljaoca, primaoca i kurira. Nakon unosa ocena (Slika 3c), algoritam proverava validnost ocene (na osnovu mehanizma iz poglavlja 4.1) i prema tome prihvata ili odbija ocenu. U tom trenutku, sistem ima sve podatke koji su mu potrebni i izračunava reputaciju svakog učesnika na osnovu automatske ocene koju dodeljuje sistem i subjektivne ocene druga dva učesnika.

5. Zaključak

Ukoliko se podaci čuvaju na jednom mestu, pristup tom mestu ugroziće sve podatke. Ovo predstavlja prepreku centralizovanim kraudsorsing sistemima koji skladište veliki broj podataka. Kod decentralizovanih sistema, kao što je blokčejn tehnologija, ta opasnost je uklonjena distribucijom podataka širom mreže. Pored decentralizacije, i ostala svojstva tehnologije pokazala su se kao vrlo pogodna za prevazilaženje nedostataka tradicionalnih kraudsorsing sistema, zbog čega je njihova integracija efikasno rešenje.

Takođe, primenjeni su i pametni ugovori koji automatizuju sve procese sistema i smanjuju mogućnost korisničke greške ili manipulacije, čime se postiže veća efikasnost i poverenje između korisnika. Međutim, da bi korisničko iskustvo bilo potpuno, potrebno je dozvoliti i razmenu ocena između učesnika kraudsorsing procesa, a pošto takve ocene mogu biti zlonamerne, primenjen je mehanizam koji ih u tom slučaju eliminiše.

Kompanije kao što su Roudi, Amazon Fleks i Dispeč, prepoznale su prednosti kraudsorsing platformi i iskoristile ih kako bi unapredile dostavu pošiljaka. Ipak, primena blokčejn tehnologije u razvoju ovih sistema mogla bi popularizovati njihovu upotrebu, a samim tim i značajno unaprediti proces dostave, pa tako i sam poštanski saobraćaj.

Literatura

- [1] C. Li, X. Qu, and Y. Guo, "TFCrowd: A blockchain-based crowdsourcing framework with enhanced trustworthiness and fairness", *J. on Wireless Comm. and Networking*, pp. 1-4, August 2021. DOI: 10.1186/s13638-021-02040-z
- [2] M. Li, J. Weng, A. Yang, W. Lu, Y. Zhang, L. Hou, J.-N. Liu, Y. Xiang, and R. H. Deng, "CrowdBC: A Blockchain-based Decentralized Framework for Crowdsourcing," *IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems*, vol. 30, pp. 1251-1254, November 2018. DOI: 10.1109/TPDS.2018.2881735
- [3] S. Nakamoto. (2008, October). Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronic Cash System. [Online]. Available at: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- [4] J. Zhang, W. Cui, J. Ma, and C. Yang, "Blockchain-based secure and fair crowdsourcing scheme", *Int. Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 15, pp. 4-5, August 2019. DOI: 10.1177/1550147719864890
- [5] M. I. Sarwar, L. A. Maghrabi, I. Khan, Q. H. Naith, and K. Nisar, "Blockchain: A Crypto-Intensive Technology—A Comprehensive Review", *IEEE Access*, vol. 11, pp. 141930-141944, December 2023. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3342079
- [6] M. N. M. Bhutta, A. A. Khwaja, A. Nadeem, H. F. Ahmad, M. K. Khan, M. A. Hanif, "A survey on blockchain technology: Evolution, architecture and security", *IEEE Access*, vol. 9, p. 61056, April 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3072849
- [7] M. Ali, R. T. Alhassan, and M. M. Hossain, "An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends", in *Proc. 6th IEEE Int. Congress on Big Data*, p. 560, June 2017. DOI: 10.1109/BigDataCongress.2017.85
- [8] V. Buterin. (2014, December). Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform. [Online]. Available at: <https://ethereum.org/en/whitepaper/>
- [9] H. Taherdoost, "Smart Contracts in Blockchain Technology: A Critical Review", *Information*, vol. 14, p. 3, February 2023. DOI: 10.3390/info14020117
- [10] A. Alqaisi, Trustworthy Decentralized Last Mile Delivery Framework Using Blockchain, University of Windsor, Ontario, Canada, 2023.

Abstract: *Traditional crowdsourcing platforms engage human resources to solve problems requested by users of these platforms. However, such systems run on centralized servers which offer insufficient data protection. The most suitable solution is to transition to a decentralized management model, which not only enhances security but also increases trust among users. This paper presents a decentralized crowdsourcing platform for last mile delivery, where key processes are automated through the use of smart contracts.*

Keywords: *crowdsourcing, blockchain technology, smart contract, parcel delivery*

DECENTRALIZED CROWDSOURCING PLATFORM FOR PARCEL DELIVERY

Marko Đogatović, David Cvetković, Nikola Matijašević