

**SIMULACIONA ANALIZA METODA POLIRANJA SAOBRAČAJA U MEĐUSOBNOM RADU FR I ATM MREŽA**

Nada Zeljković, Mirjana Stojanović, Institut Mihajlo Pupin, Beograd

**Sadržaj** - U radu se metodom simulacije analiziraju aspekti kontrole saobraćaja u međusobnom radu ATM servisa i servisa sa relejom ramova (FR). Dati su osnovni koncepti međusobnog rada FR i ATM u skladu sa odgovarajućim međunarodnim standardima, kao i pregled mehanizama kontrole saobraćaja u FR odnosno ATM mrežama. U okviru kontrole ATM saobraćaja naglasak je na mehanizmima nadgledanja, poliranja (odbacivanje ili markiranje saobraćaja neprilagođenog prethodno definisanom ugovoru o saobraćaju) i uobličavanja saobraćaja.

**1. UVOD**

Međusobni rad FR i ATM definisan je za permanentne virtuelne veze (PVC) veze za dva slučaja:

1. Međusobni rad na nivou mreža [1];
2. Međusobni rad na nivou servisa [2].

U slučaju međusobnog rada na nivou mreža, ATM mreža se koristi kao transportna mreža, koja povezuje više FR korisnika ili FR i ATM korisnika preko odgovarajućeg interfejsa. U prvom slučaju FR-ATM konverzija se implementira dva puta, a u drugom slučaju samo jedanput.

Ukoliko komuniciraju korisnik FR servisa i korisnik ATM servisa govorimo o međusobnom radu FR i ATM na nivou servisa i funkcije međusobnog rada se implementiraju na interfejsu korisnik-mreža, FR i ATM tipa. Ovde krajnji korisnici koriste različite protokole, a FR-ATM konverzija se implementira samo jedanput.

Definisanje međusobnog rada FR i ATM obuhvata sledeće funkcije: konverzija protokola (FR ↔ ATM), preslikavanje deskriptora saobraćaja i kontrola saobraćaja, preslikavanje parametara kvaliteta servisa (QoS - Quality of Service), međumrežni interfejs, signalizacija i upravljanje [3].

FR odnosno ATM mreža implementira funkcije upravljanja saobraćajem da bi se svim korisnicima garantovao željeni kvalitet servisa. Kvalitet servisa koji se specifikira obavezujućim sporazumom o nivou kvaliteta servisa (SLA) između korisnika i operatora podrazumeva definisanje određenih deskriptora saobraćaja. U tom kontekstu, aneks A ITU-T standarda I.233 definiše parametre saobraćaja koji opisuju kvalitet FR servisa: pristupna brzina (AR), obavezna brzina informacija (CIR), ekscesna brzina informacija (EIR), mrežni interval (T), obavezna veličina burst-a ( $B_c$ ) i ekscesna veličina burst-a ( $B_e$ ), [4].

Kada se radi o ATM mreži, parametri saobraćaja, vršna brzina ćelija (PCR), prosečna brzina ćelija (SCR), minimalna brzina ćelija (MCR), najveća veličina burst-a (MBS) i tolerancija varijacije kašnjenja ćelija (CDVT), specifikiraju se ugovorom o saobraćaju koji se dogovara između korisnika i operatora pre uspostavljanja virtuelne veze u skladu sa definicijom konformnosti [6]. Nadgledanje je operacija provere identifikatora virtuelne veze (VPI ili VCI) i provere vrednosti parametara saobraćaja. Poliranje saobraćaja je operacija ispitivanja konformnosti ćelija, posle čega se vrši prosleđivanje konformnih ćelija u mrežu, dok se

nekonformne ćelije odbacuju ili markiraju. Markiranje je postupak dodeljivanja nižeg prioriteta nekonformnim ćelijama, promenom vrednosti CLP (Cell Loss Priority) bita u zaglavlju [6], tako da mreža u uslovima detekcije zagušenja prvo odbacuje ćelije nižeg prioriteta. Uobličavanje saobraćaja je mehanizam za promenu toka ćelija u cilju boljeg iskorišćenja mrežnih resursa, npr. smanjenje PCR, ograničavanje trajanja burst-a, smanjenje varijacije kašnjenja ćelije uvođenjem podesnog vremenskog razmaka između ćelija, biferisanje ćelija i dr.

U ovom radu posebna pažnja posvećena je mehanizmima poliranja i uobličavanja saobraćaja implementiranim u okviru funkcija kontrole ATM saobraćaja. Standardizovana su dva tipa GCRA (Generic Cell Rate Algorithm) algoritma za poliranje ATM saobraćaja: LB (Leaky Bucket Algorithm) algoritam i VSA (Virtual Scheduling Algorithm) algoritam, [5]. GCRA algoritmi određuju da li je pristigla ćelija konformna ili nije u skladu sa ugovorom o saobraćaju. Neke kombinacije GCRA algoritama primenjuju se za poliranje ATM saobraćaja nastalog u procesu FR-ATM konverzije odnosno preslikavanjem FR ramova u ATM ćelije, [4].

**2. METODE POLIRANJA ATM SAOBRAČAJA**

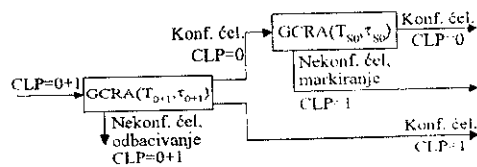
U radu su posmatrane dve metode poliranja ATM saobraćaja od kojih svaka pretpostavlja primenu dva GCRA algoritma. Obe metode podrazumevaju izračunavanje parametara ATM saobraćaja na bazi poznatih vrednosti parametara FR saobraćaja. Parametri FR saobraćaja biraju se u skladu sa prethodno definisanim ugovorom o kvalitetu FR servisa.

**2.1. Standardni metod - metod 1**

Metod 1 je definisan je za ATM VBR servis sa opcijom markiranja CLP bita u zaglavlju ćelija i preporučeno je za poliranje ATM saobraćaja nastalog u procesu FR-ATM konverzije [5]. Za ATM vezu koja podržava aplikacije FR servisa, definicija konformnosti određuje se u skladu sa deskriptorom saobraćaja izvora koji definiše PCR parametar za združeni  $CLP=0+1$  tok ćelija i SCR parametar za  $CLP=0$  tok ćelija. Definicija konformnosti specifikira se ugovorom o saobraćaju predpostavljajući minimalnu dužinu rama koju korisnik FR servisa može da generiše.

Standardni metod za poliranje ATM saobraćaja podrazumeva primenu dva GCRA algoritma, slika 1:

1. GCRA( $T_{0+1}, \tau_{0+1}$ ) - definiše CDVT parametar u relaciji sa PCR parametrom združenog  $CLP=0+1$  toka ćelija, [4].
2. GCRA( $T_{00}, \tau_{00}$ ) - definiše sumu parametara  $BT_0$  i CDVT u relaciji sa SCR parametrom toka ćelija  $CLP=0$ , [4].



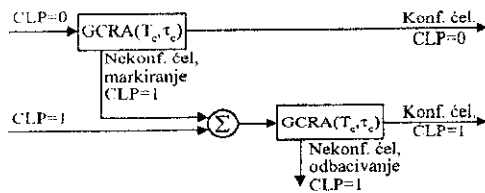
Sl. 1. Simbolički prikaz metode 1

## 2.2. Predloženi modifikovani metod - metod 2

Metod 2 bazira se na modifikaciji metode 1 u smislu definisanja parametara koje se u ovom slučaju svodi isključivo na preslikavanje deskriptora FR saobraćaja u deskriptore ATM saobraćaja. Drugim rečima, metod 2 predstavlja mogućnost specifične kontrole saobraćaja prilagođene aplikacijama krajnjeg korisnika za slučaj kada se funkcije međusobnog rada vrše u pristupnoj ravni ATM mreže. Ovaj metod podrazumeva direktno preslikavanje parametara FR saobraćaja u parametre ATM saobraćaja. Pri tome se zanemaruje *CDVT* parametar saobraćaja, a konverzija ramova u ćelije se obavlja internom brzinom *IR*.

Metod 2 takođe podrazumeva primenu dva GCRA algoritma, slika 2:

1. GCRA( $T_c, \tau_c$ ) - definiše  $B_c$  parametar u relaciji sa *CIR* parametrom toka ćelija  $CLP=0$ , [4].
2. GCRA( $T_c, \tau_c$ ) - definiše  $B_c$  parametara u relaciji sa *EIR* parametrom toka ćelija  $CLP=1$ , [4].



Sl.2. Simbolički prikaz metode 2

## 3. OPIS PROGRAMA ZA SIMULACIJU

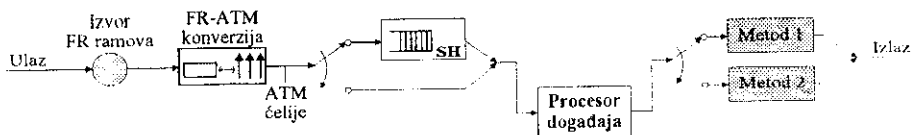
Za potrebe simulacione analize razvijen je softverski paket *Sini\_FR\_ATM* na programskom jeziku C++.

Relevantni ATM saobraćaj se dobija u procesu konverzije koji podrazumeva preslikavanje FR ramova generisanih Poisson-ovim ili On-Off izvorom u odgovarajuće ATM ćelije. Pri tome se pretpostavlja da je dužina ramova eksponencijalno raspoređena i da se svaki ram brzinom *IR* preslikava u odgovarajući broj ATM ćelija. Poisson-ov proces podrazumeva eksponencijalno raspoređena vremena međudolazaka ramova, slika 3. Kod On-Off izvora ramovi se generišu deternenistički samo u ON stanju, dok su trajanja ON i OFF stanja eksponencijalno raspoređena, slika 4. Prikom samog procesa konverzije mora se voditi računa o prioritetu i integritetu saobraćaja.

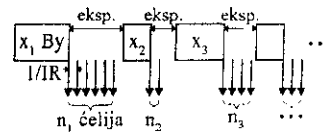
Osnovna organizacija softvera prikazana je na slici 5.

Ulaz predstavlja interaktivno definisanje parametara simulacionog sistema, kao što su tip FR izvora, kapacitet prenosnog linka, metod poliranja i dr.

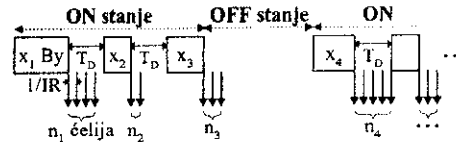
Za svaki generisani ram relevantni parametri su: vreme generisanja rama, dužina rama i prioritet rama. Dalje se u procesu FR-ATM konverzije ram preslikava u određen broj ATM ćelija odgovarajućeg prioriteta, pri čemu su za svaku generisanu ćeliju relevantni parametri: vreme generisanja ćelije, redni broj ćelije i CLP bit.



Sl.5. Osnovna organizacija softvera



Sl.3. Poisson-ov izvor ramova



Sl.4. On-Off izvor ramova

Generisane ćelije se zatim smeštaju u bafer *shaper*-a (SH) beskonačnog kapaciteta. SH se modelira faktorom uobličavanja odnosno ispituje se konformnost ćelije, i nekonformnim ćelijama se na osnovu faktora uobličavanja menja tok.

Procesor događaja (EP - *Event Processor*) prima i obrađuje pristigle ćelije po principu FIFO (*First In First Out*). EP obuhvata funkcije upravljanja konačnim redom realizovanog u formi jednostruko vezane liste [6]. Funkcije za manipulisanje događajima rade na bazi sistemskog vremena odnosno svakom vremenu generisanja ćelija pridružuje se odgovarajuće sistemsko vreme. Kada je red EP-a popunjen do zadatog praga, poziva se određena metoda poliranja.

Metode poliranja 1 i 2 mogu se bazirati na primeni LB ili VSA algoritama, međutim simulaciona analiza [6] pokazuje se ovi algoritmi vrlo slično ponašaju, pa dalja razmatranja podrazumevaju primenu LB algoritama u metodama poliranja ATM saobraćaja. Svaki LB algoritam ispituje konformnost ćelije u skladu sa svojim parametrima i nekonformne ćelije odbacuje ili markira odnosno prosleđuje dalje, slike 1 i 2.

Na izlazu se dobija broj markiranih odnosno odbacanih ćelija u odnosu na ukupan broj generisanih ćelija - verovatnoće odbacivanja odnosno markiranja ćelija.

## 4. SIMULACIONI EKSPERIMENTI

Pri simulacionoj analizi posmatrani su 2 Mbit/s (E1) i 34Mbit/s (E3) link, ali je zbog realnog trajanja simulacije većina eksperimenata izvršena za E1 link. Npr, za Pentium - 233 MHz sa 64M RAM-a trajanje jednog simulacionog eksperimenta je od 2 do 20 sati. U tom kontekstu, u ovom radu su prezentirani rezultati koji se odnose na E1 link.

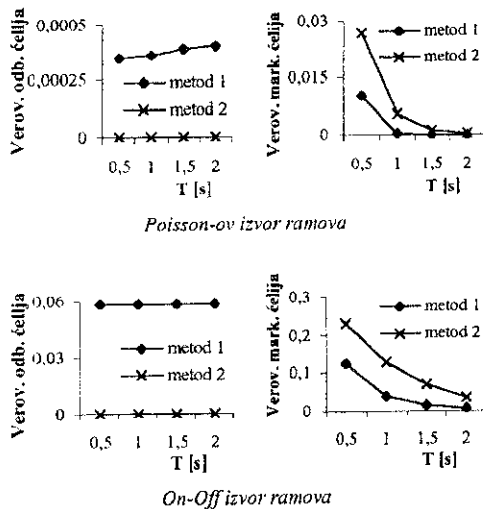
Parametri FR izvora računaju se u odnosu na *AR* ili u odnosu na *CIR* uzimajući pri tome u obzir internu brzinu konverzije ramova u ćelije *IR* koja se određuje u skladu sa *PCR*. Predpostavljeno je da *PCR* odgovara punom kapacitetu linka. *CIR* se bira tako da bude najmanje 1/4 vrednosti *AR* [7]. Za tako izabranu vrednost *CIR* parametra, *EIR* se određuje tako da bude zadovoljena sledeća relacija:

$$CIR + EIR \leq AR. \quad (1)$$

Konkretno, pošto se radi o analizi metoda za poliranje saobraćaja u pristupnoj ravni ATM mreže, parametri izvora korišćenih u simulaciji birani su tako da se svesno simulira neregularna situacija (*worst-case sources*), npr. prekoračenje dozvoljene brzine, koja će dovesti do odbacivanja ćelija odnosno gubitka korisničkog saobraćaja.

#### 4.1. Performanse poliranja metodama 1 i 2

Simulacioni eksperimenti je raden za Poisson-ov odnosno On-Off izvor ramova. Pri tome je pretpostavljena mala srednja dužina ramova (npr. 128 By) za On-Off model izvora i relativno velika srednja dužina ramova (npr. 1024 By) za Poisson-ov izvor. Srednja trajanja ON i OFF stanja su 0.352 s i 0.65 s (digitalizacija govora). Pretpostavljeno je da je  $EIR=CIR$ .



Sl.6. Uticaj burst-ova na performanse metoda poliranja

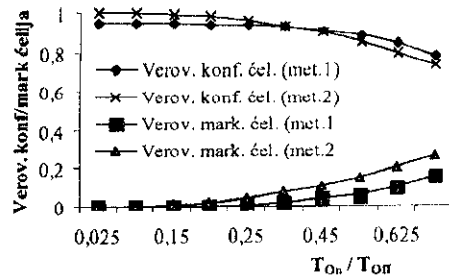
Sa slike 6. vidimo da metod 2 odbacuje manje ćelija i u slučaju kada je pretpostavljeno da se odbacivanje ćelija u metodi 2 vrši u odnosu na  $CIR$ . Međutim, verovatnoća markiranja ćelija je veća u slučaju poliranja metodom 2, što se moglo i očekivati s obzirom na definisanje parametara u metodi 2 u odnosu na  $CIR$  (markiranje) i  $EIR$  (odbacivanje).

Takođe, verovatnoća odbacivanja ćelija je pri ekvivalentnim parametrima simulacionog sistema čak za dva reda veći nego u slučaju On-Off generisanja ramova što pokazuje da je u praksi obavezno kombinovanje mehanizama uobličavanja i poliranja za izvore koji generišu *burst*-ove.

#### 4.2. Uticaj trajanja burst-a

Simulacioni eksperiment je raden pretpostavljajući On-Off generisanje ramova za srednju dužinu rama 128 By. Za mrežni interval je uzeto  $T=0.5$  s.

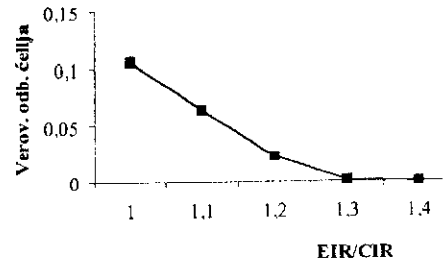
Sa slike 7. vidimo da se sa povećanjem trajanja stanja smanjuje broj konformnih ćelija odnosno verovatnoća markiranja ćelija raste, što se moglo i očekivati s obzirom na veći *burst* koji se pri tome javlja.



Sl.7. Uticaj trajanja burst-a na karakteristike poliranja

#### 4.3. Uticaj EIR parametra na karakteristike poliranja metodom 2

Uticaj  $EIR$  parametra FR servisa na karakteristike poliranja ATM saobraćaja metodom 2 ispitivan je na primeru Poisson-ovog izvora ramova sa srednjom dužinom rama 2048 By. Mrežni interval je  $T=0.5$  s.



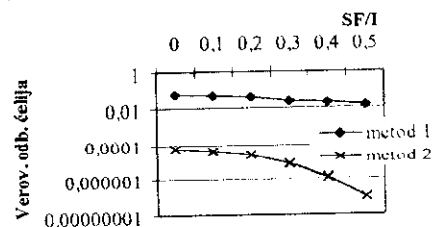
Sl.8. Uticaj EIR parametra na karakteristike poliranja

$EIR$  parametar FR saobraćaja utiče na odbacivanje ćelija [4]. Povećanjem vrednosti  $EIR$  smanjuje se verovatnoća odbacivanja ćelija, slika 8. Vidimo da već pri malom povećanju vrednosti  $EIR$  parametra verovatnoća odbacivanja ćelija znatno opadne, tako da već pri vrednosti  $EIR/CIR=1.4$  pada na 0.

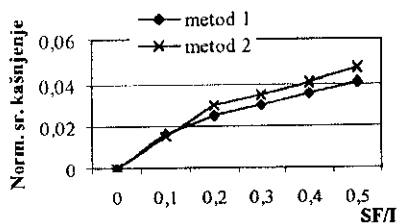
#### 4.4. Efekti uobličavanja ATM saobraćaja

Zbog *bursty* prirode ATM saobraćaja nastalog u procesu FR-ATM konverzije, simulacioni rezultati pokazuju da je neophodno kombinovanje mehanizama poliranja i uobličavanja sa ciljem da se ostvari ravnomerniji tok ćelija. Međutim, uvođenjem uobličavanja saobraćaja povećava se srednje kašnjenje u sistemu.

Simulacioni eksperiment je raden za On-Off izvor ramova pretpostavljajući  $T=0.5$  s i  $EIR=CIR$ .



Sl.9. Uticaj faktora uobličavanja na karakteristike poliranja



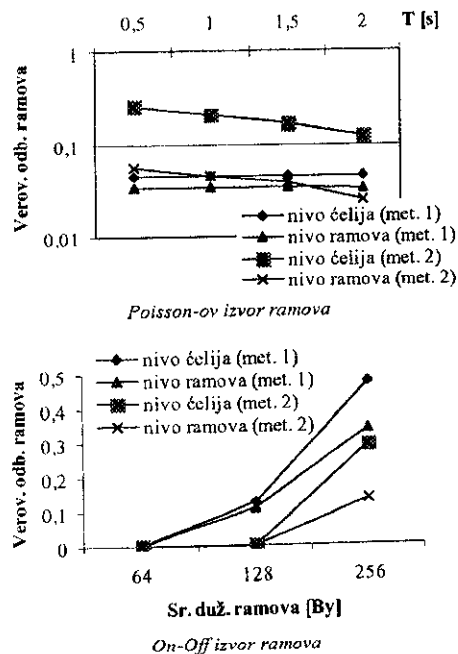
Sl. 10. Varijacije srednjeg kašnjenja nastale uobličavanjem

Povećanjem faktora uobličavanja smanjuje se verovatnoća odbacivanja ćelija, slika 9. Sa druge strane, povećanjem faktora uobličavanja saobraćaja povećava se srednje kašnjenje u sistemu. Normalizacija srednjeg kašnjenja, slika 10, izvršena je u odnosu na realno trajanje simulacionog eksperimenta pretpostavljajući da je trajanje jedne iteracije simulacije 10 s [6].

#### 4.5. Uticaj funkcije odbacivanje ramova

U okviru kontrole ATM saobraćaja može se implementirati funkcija odbacivanje ramova, [5], sa ciljem efikasnijeg iskorišćenja mrežnih resursa. Naime, kada se ćelija rama odbaci, ram se proglašava nekonformnim i odbacuju se sve ćelije koje potiču od tog rama.

Simulacioni eksperimenti su rađeni za Poisson-ov i On-Off izvor ramova pretpostavljajući da je  $EIR=CIR$ .



Sl. 11. Poređenje karakteristika poliranja saobraćaja na nivou ramova

Rezultati simulacije, slika 11, pokazuju da se uvođenjem funkcije odbacivanje ramova značajno poboljšavaju karakteristike poliranja saobraćaja u smislu broja odbačenih

ramova naročito u slučaju većeg opterećenja odnosno *burst*-a. Takođe se vidi da je primenom metode 2 pri poliranju saobraćaja, verovatnoća odbacivanja ramova znatno manja.

## 5. ZAKLJUČAK

Simulaciona analiza pokazuje da se bolje karakteristike poliranja dobijaju primenom metode 2 u smislu odbacivanja ćelija što se i očekivalo s obzirom na specifičnu kontrolu saobraćaja prilagođenu korisniku FR servisa.

Takođe se pokazuje da je za saobraćaj koji sadrži *burst*-ove, kakav je po prirodi saobraćaj nastao u procesu FR-ATM konverzije, neophodno kombinovanje mehanizama uobličavanja i poliranja. Primenom mehanizama uobličavanja saobraćaja verovatnoća odbacivanja ćelija može se znatno smanjiti, ali se sa druge strane povećava srednje kašnjenje u sistemu, pa se zahteva traženje kompromisa.

Isto tako, ako se posmatra poliranje ATM saobraćaja metodom 2, pokazuje se da se sa povećanjem vrednosti EIR parametra smanjuje verovatnoća odbacivanja ćelija, tako da je već pri  $EIR/CIR=1.4$  verovatnoća odbacivanja ćelija 0.

Rezultati simulacije pokazuju da se primenom funkcije odbacivanje ramova u okviru kontrole ATM saobraćaja verovatnoća odbacivanja ramova znatno smanjuje. Takođe se pokazuje da je pri većim *burst*-ovima izraženiji uticaj primene ove funkcije.

## LITERATURA

- [1] FRF.5: *FR/ATM PVC Network Interworking Implementation Agreement*, FR Forum, Dec. 1994.
- [2] FRF.8: *FR/ATM PVC Service Interworking Implementation Agreement*, FR Forum, April 1995.
- [3] S.Dixit, S.Kumar, "Traffic Descriptor Mapping and Traffic Control for Frame Relay Over ATM Network", *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol.6, no.1, pp. 56-70, Feb. 1998.
- [4] M. Stojanović, "Kontrola saobraćaja u međusobnom radu ATM i releja ramova", rad prijavljen za ETRAN '00
- [5] ATM Forum, *Traffic Management Specification Version 4.0*, af-tm-0056.000, April 1996.
- [6] N. Zeljković, M. Stojanović, "Simulaciona analiza standardizovanih GCRA algoritama u pristupnoj ravni ATM mreže", TELFOR '99
- [7] K.Schulz, M. Incollingo, H. Uhrig, "Taking Advantage of ATM Services and Tariffs: The Importance of Transport Layer Dynamic Rate Adaptation", *IEEE Network*, vol.11, no.2, pp. 10-17, Mart/April 1997.

**Abstract** - This paper presents a simulation analysis and comparison of standard method and a modified method for ATM traffic policing, after FR-ATM conversion. We have studied traffic policing schemes focusing on the smoothing and regulating effect of the input traffic. Characteristics of policing method related to different traffic source models have also been presented. In order to improve bandwidth utilization, it is necessary to implement traffic shaping together with policing to eliminate bursts generated in the process of FR-ATM conversion.

**A SIMULATION ANALYSIS OF POLICING METHODS IN FR-ATM INTERWORKING**  
Zeljko Zeljković N., Stojanović M.