

Contribuții la implementarea calității serviciilor în rețelele de telecomunicații

TEZĂ DE DOCTORAT

Autor: Asist. Ing. Emanuel D. PUȘCHIȚĂ
Conducător științific: Prof. Dr. Ing. Tudor P. PALADE

Catedra de Comunicații
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Structura prezentării

1. Scopul tezei
2. Structura tezei
3. Contribuțiile tezei, cu indicarea fluxului principal al publicațiilor autorului citate în teză

Scopul tezei

Identificat prin modul în care lucrarea:

1. prezintă mecanismele de asigurare a suportului QoS intra-domeniu în rețele cu acces radio;
2. analizează și evaluează performanțele mecanismelor QoS, ale tehnologiilor cu acces radio prezentate din perspectiva conceptului QoS vertical;
3. ilustrează tendințele și necesitatea unui management QoS în sistemele cu acces hibrid;
4. propune modele de suport QoS inter-domeniu în sisteme cu acces hibrid conform perspectivei QoS orizontal;
5. evaluează și validează modelul I-NAME, mecanism de management QoS inter-domeniu.

Structura tezei (1/2)

Organizată pe șapte capitole:

Capitolul 1. Introducere

Capitolul 2. Calitatea serviciilor în rețelele de telecomunicații

Capitolul 3. Specificul QoS intra-domeniu în sisteme cu acces radio

Capitolul 4. Evaluarea unor modele de implementare a suportului QoS
intra-domeniu în sisteme cu acces radio

Capitolul 5. Specificul QoS inter-domeniu în sisteme cu acces hibrid

Capitolul 6. Evaluarea modelelor de implementare a suportului QoS
inter-domeniu în sisteme cu acces hibrid

Capitolul 7. Contribuții la îmbunătățirea calității serviciilor în rețelele de
telecomunicații

Structura tezei (2/2)

Modul de organizare al tezei din perspectiva conceptelor QoS studiate, al parametrilor QoS analizați și a modelelor propuse:

Teza de doctorat Contribuții la implementarea calității serviciilor în rețelele de telecomunicații	<u>Mecanisme QoS intra-domeniu QoS vertical</u> (Capitolul 1, Capitolul 2, Capitolul 3, Capitolul 4 și Capitolul 7)	Strat Aplicație	protocoale de semnalizare (SIP, Q-SIP)	<u>Referat I</u> Facilități QoS pentru SIP folosind protocolul COPS
		Strat Transport	protocoale de transport (TCP, UDP)	<u>Referat II</u> Mecanisme pentru asigurarea calității serviciilor în sisteme wireless
		Strat Rețea	protocoale de rutare (DSDV, AODV)	
		Strat Legături de Date	tehnici de acces la mediu (DCF, PCF, EDCF/HCF, EDCA/HCCA)	
	<u>Mecanisme QoS inter-domeniu QoS orizontal</u> (Capitolul 1, Capitolul 2, Capitolul 5, Capitolul 6 și Capitolul 7)	Agenți Mobili	mecanism de management QoS (WLAN – satelitar, WLAN –UMTS)	<u>Referat III</u> QoS in sistemele de acces radio de bandă largă
		I-NAME	mecanism de management QoS (profile QoS, ponderi parametrice QoS, parametri QoS, eroare de adaptare, eroare de estimare)	<u>Teza de doctorat</u> Contribuții la implementarea calității serviciilor în rețelele de telecomunicații

1. S-a definit noțiunea de calitate a serviciilor (QoS) ce stă la baza studiilor realizate.

Set de parametri QoS ce caracterizează capacitatea rețelei în vederea satisfacerii cerințelor aplicației:

- din perspectiva rețelei, QoS se referă la calitatea sau nivelul serviciului oferit aplicației în termeni de parametri QoS ai rețelei, incluzând: întârzieri, jitter, pachete pierdute și debit (QoS intrinsec);
- din perspectiva aplicației/utilizatorului, QoS se referă la calitatea aplicației percepută de utilizator și implică o analiză subiectivă (QoS perceput).

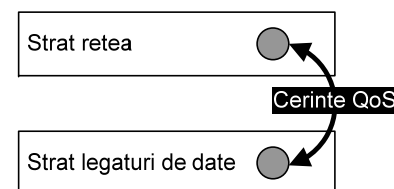
Publicații: [Pus05j], [Pus06a], [Pus07c].

2. S-au dezvoltat/promovat două concepte QoS: conceptul QoS vertical și conceptul QoS orizontal.

Vizează mecanismele de asigurare a suportului QoS printr-un management al parametrilor QoS.

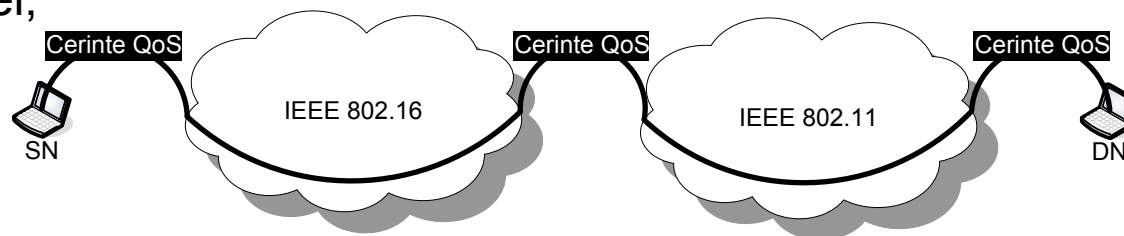
QoS cap-la-cap intra-domeniu

- prin utilizarea și interacțiunea unui protocol de comunicare între o entitate centrală și elementele periferice;
- model centralizat;
- QoS vertical.



QoS cap-la-cap inter-domeniu

- management al resurselor bazate pe arhitecturi de tip client/server integrate la nivelul nodurilor rețelei;
- model distribuit;
- QoS orizontal.



Publicații: [Pus05e], [Pal05f] [Pus06a], [Pus07e], [broad-d8].

3. S-au studiat și clasificat serviciile și mecanismele QoS, punând în evidență parametrii QoS ai rețelei și cerințele QoS ale aplicației.

Rețeaua răspunde cerințelor QoS ale aplicației prin furnizarea de servicii QoS folosind mecanisme QoS.

Mecanismele QoS localizează suportul QoS la sistemul terminal sau în cadrul rețelei:

- la sistemul terminal include: controlul debitului la sursă, adaptarea ratei de transfer, controlul pachetelor eronate și retransmisiile;
- în cadrul rețelei: controlul accesului, politicile de trafic, clasificarea și ordonarea (modelul cu servicii integrate, modelul cu servicii diferențiate, comutația multiprotocol pe bază de etichete, ingineria traficului și constrângerile de rutare).

Publicații: [Pal05f], [Pus07e], [cnccsis-td520].

4. Determinarea specificului mecanismelor QoS intra-domeniu în rețele cu acces radio.

Studiul mecanismelor QoS în rețele satelitare în standard DVB-RCS:

- MF-TDMA (**M**ulti**F**requency – **T**ime **D**ivision **M**ultiple **A**ccess);
- planul temporal al salvelor terminal TBTP (**T**erminal **B**urst **T**ime **P**lan).

Studiul mecanismelor QoS în rețele WiMAX în standard IEEE 802.16:

- profilul adaptiv al salvelor de date, DL-MAP, UL-MAP;
- identificator de conexiune (CID), identificator de serviciu de trafic (SFID), set de parametri QoS.

Studiul mecanismelor QoS în rețele WiFi în standard IEEE 802.11:

- servicii QoS calitative și cantitative, TC și TS;
- AIFS, CW, PF.

Asigurarea suportului QoS cap-la-cap necesită:

- preluarea parametrilor QoS de la straturile superioare;
- transferarea lor către straturile inferioare ale arhitecturii rețelei.

Publicații: [Pus05r2], [Pal08d], [Cri08b], [Cri08h], [Cri07a], [Pus07d], [cnscis-td520], [broad-d8].

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu
în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

Analize în medii cu transmisie radio conform conceptului QoS vertical:

- strat control al accesului la mediu;
- strat rețea;
- strat transport;
- strat aplicație.

Parametrii QoS evaluați:

- întârzierea medie de transmisie cap-la-cap;
- jitterul;
- debitul de transmisie;
- încărcarea rețelei;
- numărul cumulat de pachete pierdute;
- încărcarea introdusă de mecanismul de rutare;
- întârzierea de transport dus-întors.

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

Analiza și evaluarea performanței tehnicilor de acces în medii cu transmisie radio:

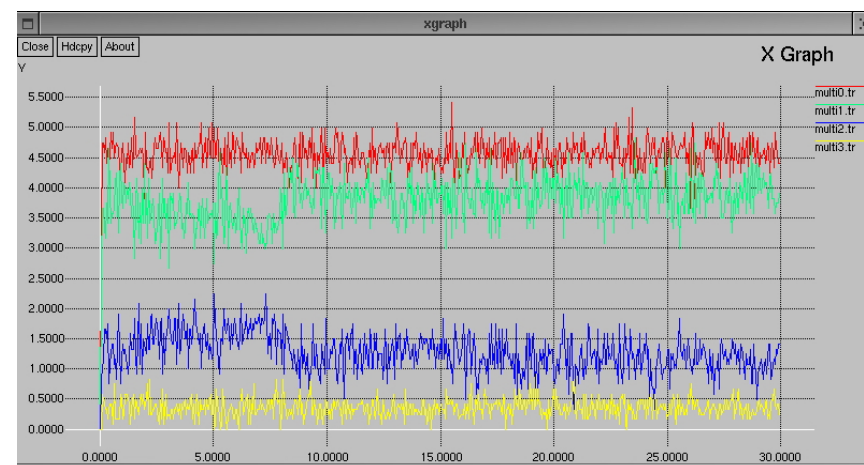
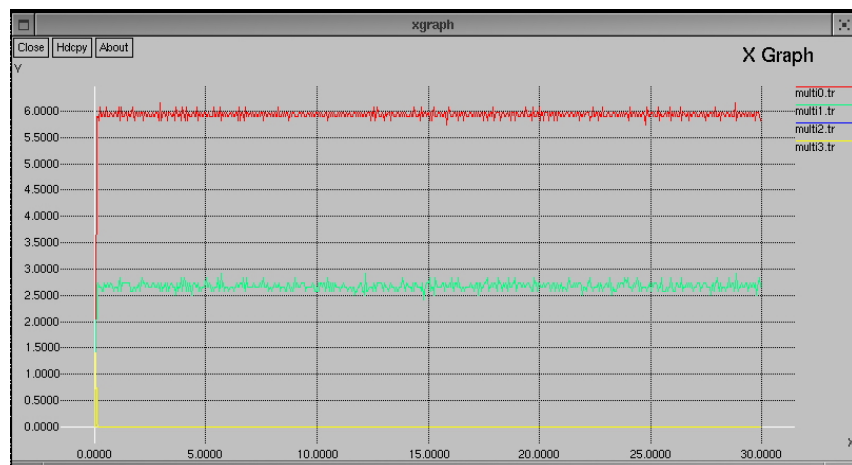
- dependența MAC de specificul mediului radio: tipuri de protocoale;
- CSMA/CA și IEEE 802.11: NAV, CW, RBT, IFS;
- IEEE 802.11 cu suport QoS;
- descrierea mecanismelor DCF și PCF, EDCF și HCF;
- DCF vs. EDCF utilizând ns-2.28;
- două scenarii de analiză:
 - scenariul I: un nod wireless având atașate patru surse de trafic
 - scenariul II: patru noduri wireless având atașate patru surse de trafic
- pentru modul EDCF, sursele de trafic au asociate priorități de la 0 (ridicat) la 3 (scăzut);
- modificare ns-2 pentru suport QoS: `../ns-2.26/mac/802_11e/mac-802_11e.h, ../ns-2.26/tcl/lan/ns-mac.tcl`

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

Suport DCF vs. EDCF în primul scenariu de analiză:

Rularea aplicațiilor sursă cu suport DCF în primul scenariu				
Tipul aplicației	Intervalul dintre pachetele emise [ms]	Debitul aplicației la nodul sursă [Mbps]	Debitul aplicației la nodul destinație [Mbps]	Eficiența transmisiei [%]
CBR0	0.7	6	5.94	99.00
CBR1	0.7	6	2.65	44.16
CBR2	0.7	6	0	0
CBR3	0.7	6	0	0

Rularea aplicațiilor sursă cu suport EDCF în primul scenariu				
Tipul aplicației	Intervalul dintre pachetele emise [ms]	Debitul aplicației la nodul sursă [Mbps]	Debitul aplicației la nodul destinație [Mbps]	Eficiența transmisiei [%]
CBR0 [HP]	0.7	6	4.5	75
CBR1	0.7	6	3.8	63.30
CBR2	0.7	6	1.3	21.60
CBR3 [LP]	0.7	6	0.34	5.60



5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu
în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

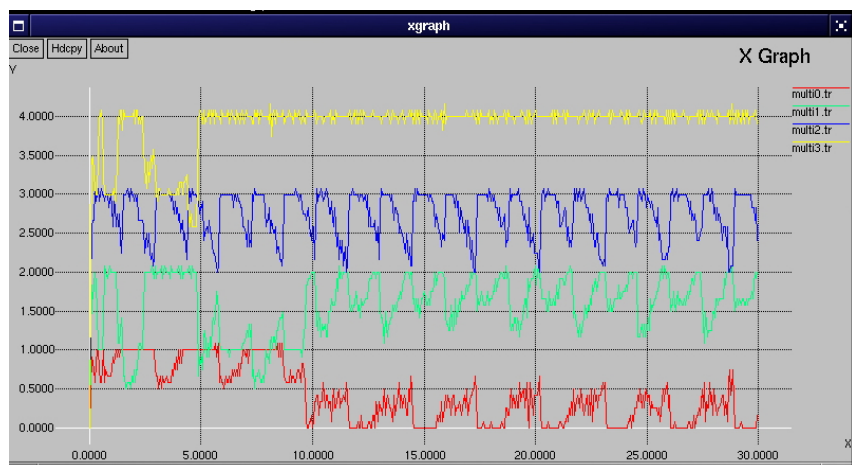
Evaluarea performanței suportului QoS de tip EDCF:

- la rularea aplicațiilor cu suport DCF, două dintre aplicațiile sursă nu reușesc să transmită către nodul destinație;
- în mod arbitrar una dintre aplicații este favorizată;
- la rularea aplicațiilor cu suport EDCF se observă efectul diferențierii traficului pe baza priorităților QoS impuse;
- mecanismul suport QoS de tip EDCF nu face doar o ordonare prioritară a transmisiilor ci crește și capacitatea totală transferată în rețea printr-o balansare eficientă a traficului.

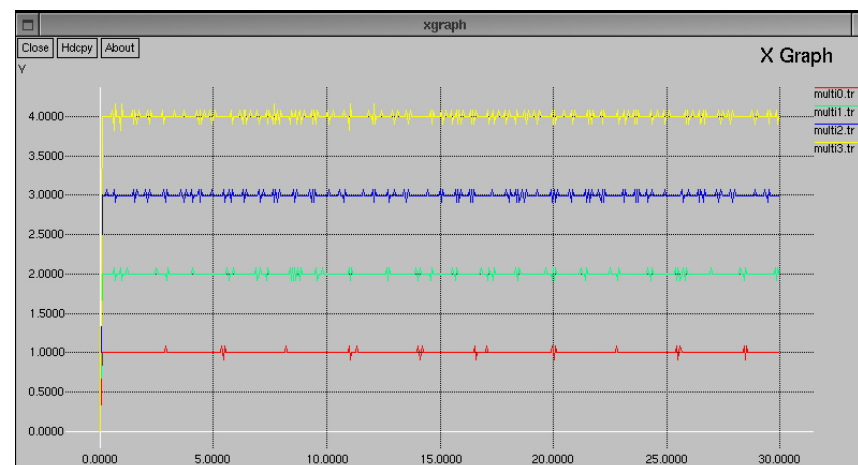
5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

Suport DCF vs. EDCF în cel de-al doilea scenariu de analiză

Rularea aplicațiilor sursă cu suport DCF în primul scenariu				
Tipul aplicației	Intervalul dintre pachetele emise [ms]	Debitul aplicației la nodul sursă [Mbps]	Debitul aplicației la nodul destinație [Mbps]	Eficiența transmisiei [%]
CBR0	4.160	1	0.20	20.00
CBR1	2.080	2	1.65	82.50
CBR2	1.386	3	2.70	90.00
CBR3	1.040	4	4.00	100.0



Rularea aplicațiilor sursă cu suport EDCF în primul scenariu				
Tipul aplicației	Intervalul dintre pachetele emise [ms]	Debitul aplicației la nodul sursă [Mbps]	Debitul aplicației la nodul destinație [Mbps]	Eficiența transmisiei [%]
CBR0 [HP]	4.160	1	1	100.0
CBR1	2.080	2	2	100.0
CBR2	1.386	3	3	100.0
CBR3 [LP]	1.040	4	4	100.0



5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu
în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

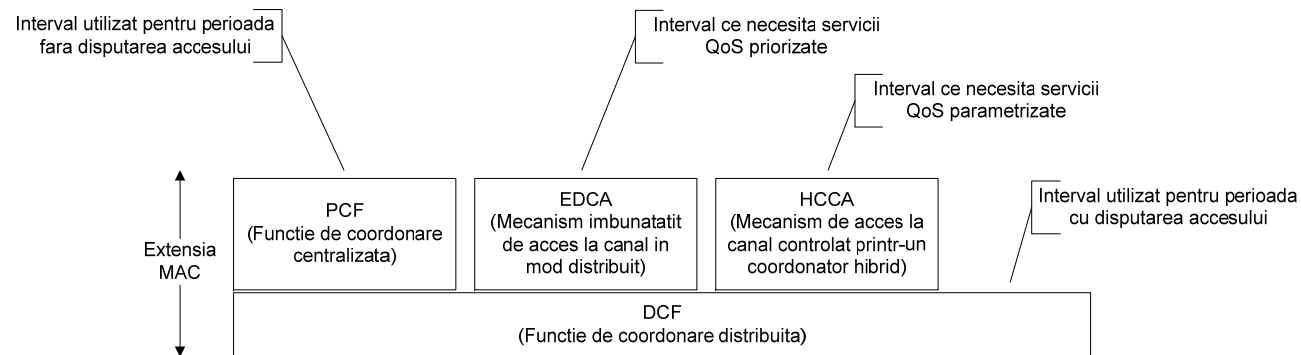
Evaluarea performanței suportului QoS de tip EDCF:

- valorile IFS vor favoriza aplicația al cărei interval dintre pachetele emise este minim;
- resursa radio este ocupată de aplicația de test având cel mai frecvent acces la canal;
- mecanismul suport EDCF oferă prioritate maximă aplicațiilor marcate prioritar;
- mecanismul suport EDCF, prin diferențierea traficului pe baza priorităților QoS impuse, asigură creșterea capacității totale transferate în rețea.

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

Analiza și evaluarea performanței tehnicilor de acces la mediu:

- descrierea mecanismelor EDCA și HCCA: AIFS, $CW_{min, max}$, AC;
- DCF vs. EDCA utilizând qualnet 4.0



- marcarea succesivă cu precedență IP 0, 3 și 6;
- două scenarii de analiză:
 - un scenariu în topologie de tip ad-hoc și
 - un scenariu în topologie de tip infrastructură.

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

Suport DCF vs. EDCA pentru o topologie de tip ad-hoc

- precedență IP = 0

Corespondența între prioritățile asociate la nivel de rețea și mapările la nivel de strat acces la mediu pentru marcarea unei aplicații de test cu precedență IP = 0 (topologie de tip ad-hoc)							
Prioritate la nivel de strat acces la mediu (strat 2)		Prioritate la nivel de strat rețea (strat 3)		Parametrii QoS evaluați			
Standard	Categorie de acces	DSCP	Precedență IP	Întârziere [s]	Jitter [s]	Primul pachet recepționat [s]	Ultimul pachet recepționat [s]
IEEE 802.11	-	-	-	0.011442	0.012699	10.013510	109.915631
				0.011632	0.013312	10.027439	109.917903
				0.011247	0.012140	10.041287	109.921461
				0.011257	0.012828	10.100162	109.906585
				0.011431	0.012052	10.116236	109.913346
				0.011443	0.013380	10.055155	109.904090
				0.011606	0.012409	10.068984	109.911104
IEEE 802.11e	AC[0]	0	0	0.011631	0.012786	10.086293	109.908833

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

Suport DCF vs. EDCA pentru o topologie de tip ad-hoc:

- precedență IP = 3

Correspondența între prioritățile asociate la nivel de rețea și mapările la nivel de strat acces la mediu pentru marcarea unei aplicații de test cu precedență IP = 3
(topologie de tip ad-hoc)

Prioritate la nivel de strat acces la mediu (strat 2)		Prioritate la nivel de strat rețea (strat 3)		Parametrii QoS evaluați			
Standard	Categorie de acces	DSCP	Precedență IP	Întârziere [s]	Jitter [s]	Primul pachet recepționat [s]	Ultimul pachet recepționat [s]
IEEE 802.11	-	-	-	0.012252	0.011436	10.027304	109.917964
				0.012533	0.011968	10.041233	109.906531
				0.012252	0.011544	10.055081	109.908818
				0.012182	0.011121	10.100148	109.902037
				0.012425	0.011441	10.124659	109.913311
				0.012169	0.011356	10.068949	109.911064
				0.012398	0.011271	10.086158	109.915638
IEEE 802.11e	AC[2]	24	3	0.003167	0.003289	10.013450	109.904185

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

Suport DCF vs. EDCA pentru o topologie de tip ad-hoc:

- precedență IP = 6

Correspondența între prioritățile asociate la nivel de rețea și mapările la nivel de strat acces la mediu pentru marcarea unei aplicații de test cu precedență IP = 6 (topologie de tip ad-hoc)							
Prioritate la nivel de strat acces la mediu (strat 2)		Prioritate la nivel de strat rețea (strat 3)		Parametrii QoS evaluați			
Standard	Categorie de acces	DSCP	Precedență IP	Întârziere [s]	Jitter [s]	Primul pachet recepționat [s]	Ultimul pachet recepționat [s]
IEEE 802.11	-	-	-	0.012279	0.011390	10.027304	109.911263
				0.012381	0.011361	10.041233	109.914447
				0.012254	0.010927	10.055081	109.922161
				0.012445	0.011051	10.100148	109.904364
				0.012511	0.011716	10.124659	109.918090
				0.012476	0.011070	10.068949	109.908958
				0.012603	0.011498	10.086158	109.906672
IEEE 802.11e	AC[3]	48	6	0.002219	0.000850	10.013450	109.902058

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu
în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

Evaluarea performanței suportului QoS de tip EDCA:

- valorile medii ale întârzierilor de transmisie cap-la-cap, ale jitterului și ale duratei transmisiei sunt reduse în cazul marcării prioritare a traficului;
- la alocarea setului de valori recomandate CISCO, mecanismul EDCA validează maparea priorităților de strat trei (precedență IP) în categorii de acces de strat doi (AC);
- defavorizarea fluxurilor neprioritare în funcție de gradul de prioritate asociat aplicației de test;

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

Analiza și evaluarea performanței tehnicilor de acces în medii cu transmisie radio:

- evaluarea performanței suportului QoS de tip EDCA (precedență IP = 0, 3);

Correspondența între prioritățile asociate la nivel de rețea și mapările la nivel de strat acces la mediu pentru marcarea unei aplicații de test cu precedență IP = 0
(topologie de tip infrastructură)

Prioritate la nivel de strat acces la mediu (strat 2)		Prioritate la nivel de strat rețea (strat 3)		Parametrii QoS evaluați			
Standard	Categorie de acces	DSCP	Precedență IP	Întârziere [s]	Jitter [s]	Primul pachet recepționat [s]	Ultimul pachet recepționat [s]
IEEE 802.11	-	-	-	0.015580	0.009494	10.171654	109.911329
				0.015413	0.009508	10.246114	109.913621
				0.015548	0.009122	10.220603	109.916134
IEEE 802.11e	AC[0]	0	0	0.002219	0.000850	10.013450	109.902058

Correspondența între prioritățile asociate la nivel de rețea și mapările la nivel de strat acces la mediu pentru marcarea unei aplicații de test cu precedență IP = 3
(topologie de tip infrastructură)

Prioritate la nivel de strat acces la mediu (strat 2)		Prioritate la nivel de strat rețea (strat 3)		Parametrii QoS evaluați			
Standard	Categorie de acces	DSCP	Precedență IP	Întârziere [s]	Jitter [s]	Primul pachet recepționat [s]	Ultimul pachet recepționat [s]
IEEE 802.11	-	-	-	0.016604	0.007190	10.230335	109.915993
				0.016712	0.007645	10.355359	109.918646
				0.016709	0.007508	10.244999	109.913741
IEEE 802.11e	AC[2]	24	3	0.007174	0.006569	10.169269	109.908823

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

Analiza și evaluarea performanței tehnicilor de acces în medii cu transmisie radio:

- evaluarea performanței suportului QoS de tip EDCA (precedență IP = 6);

Correspondența între prioritățile asociate la nivel de rețea și mapările la nivel de strat acces la mediu pentru marcarea unei aplicații de test cu precedență IP = 6
(topologie de tip infrastructură)

Prioritate la nivel de strat acces la mediu (strat 2)		Prioritate la nivel de strat rețea (strat 3)		Parametrii QoS evaluați			
Standard	Categorie de acces	DSCP	Precedență IP	Întârziere [s]	Jitter [s]	Primul pachet recepționat [s]	Ultimul pachet recepționat [s]
IEEE 802.11	-	-	-	0.007141	0.017270	10.382078	109.915919
				0.007570	0.016682	10.255917	109.918372
				0.007180	0.016502	10.191319	109.911301
IEEE 802.11e	AC[3]	48	6	0.001282	0.004723	10.142103	109.904111

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

Evaluarea performanței suportului QoS de tip EDCA:

- valoarea medie a întârzierilor de transmisie cap-la-cap și a jitterului în cazul diferențierii QoS arată o accesare mai rapidă a canalului radio pentru traficul încadrat EDCA;
- durata transmisiei marcată prin timpul de recepție al primului și al ultimului pachet transmis demonstrează corelarea dintre durata minimă a spațiilor inter-cadru AIFS și nivelul de prioritate maximă asociat unui flux de trafic;
- nivelul QoS furnizat este dependent de tipul topologiei;
- o valoare medie a întârzierilor de transmisie cap-la-cap mai bună în cazul unei gestionări centralizate suplimentare prin intermediul coordonatorului hibrid;
- evaluarea parametrilor QoS indică faptul că mecanismul EDCA asigură o bună diferențiere a serviciilor în comparație cu mecanismul original DCF.

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat rețea.

Analiza și evaluarea performanței protocoalelor de rutare în medii cu transmisie radio:

- două categorii de protocoale de rutare în mediile radio:
 - protocoale proactive (DSDV);
 - protocoale reactive (AODV).
- două scenarii de analiză:
 - scenariul I: influența creșterii numărului de noduri radio într-o topologie ad-hoc;
 - scenariul II: influența vitezei nodurilor radio mobile.
- parametri QoS evaluați în scenariile de analiză:
 - numărul de pachete transmise per secundă;
 - încărcarea introdusă de mecanismul de rutare;
 - rata pachetelor pierdute;
 - întârzierea medie de transmisie cap-la-cap.
- simulare de rețele ns-2

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat rețea.

Analiza și evaluarea performanței protocoalelor de rutare în medii cu transmisie radio:

- evaluarea performanței DSDV vs. AODV în primul scenariu de analiză;

Parametrii QoS analizați (topologie ad-hoc cu zece noduri wireless)	Protocoalele de rutare analizate	
	DSDV	AODV
Numărul de pachete transmise per secundă [pachete/s]	157.6	159.88
Numărul de pachete de rutare transmise [pachete]	83	10
Numărul de pachete pierdute [pachete]	20	20
Întârzierea medie de transmisie cap-la-cap [s]	0.132	0.122

Parametrii QoS analizați (topologie ad-hoc cu douăzeci de noduri wireless)	Protocoalele de rutare analizate	
	DSDV	AODV
Numărul de pachete transmise per secundă [pachete/s]	157	159.86
Numărul de pachete de rutare transmise [pachete]	221	20
Numărul de pachete pierdute [pachete]	20	20
Întârzierea medie de transmisie cap-la-cap [s]	0.138	0.125

- în cazul utilizării protocoalelor de rutare proactive (DSDV), numărul pachetelor de rutare transmise este considerabil mai mare decât numărul pachetelor de rutare transmise în cazul utilizării protocoalelor de rutare reactive (AODV);
- odată cu creșterea numărului de noduri în rețea, numărul pachetelor de rutare crește;
- raportul de creștere este de 2:1 în cazul protocoalelor de rutare reactive, 2.6:1 în cazul protocoalelor de rutare proactive.

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat rețea.

Analiza și evaluarea performanței protocoalelor de rutare în medii cu transmisie radio:

- evaluarea performanței DSDV vs. AODV în primul scenariu de analiză;

Parametrii QoS analizați (topologie ad-hoc cu mobilitatea nodurilor wireless)	Protocoalele de rutare analizate			
	DSDV		AODV	
	15 m/s	30 m/s	15 m/s	30 m/s
Numărul de pachete transmise per secundă [pachete/s]	87.64	38.74	112.5	98.9
Numărul de pachete de rutare transmise [pachete]	70	80	23	23
Numărul de pachete pierdute [pachete]	41	25	40	40
Întârzierea medie de transmisie cap-la-cap [s]	0.165	0.164	0.146	0.198

- odată cu creșterea gradului de mobilitate din rețea, crește și numărul de pachete utilizate pentru actualizarea localizării (DSDV);
- odată cu creșterea gradului de mobilitate al nodurilor din rețea numărul de pachete transmise per secundă scade, iar întârzierea medie de transmisie cap-la-cap crește;

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat transport.

Analiza și evaluarea performanței protocoalelor de rutare în medii cu transmisie radio:

- funcție de tipul aplicației, informația este încapsulată în segmente TCP sau UDP;
- aplicații de test modelate prin surse CBR și VBR, iar la nivel de strat rețea sunt interschimbate protocoalele DSDV și AODV;

Parametrii QoS analizați	Protocoalele de transport analizate			
	TCP		UDP	
	DSDV	AODV	DSDV	AODV
Numărul de pachete transmise per secundă [pachete/s]	155.24	156.92	77	77
Numărul de pachete de rutare transmise [pachete]	60	37	60	42
Numărul de pachete pierdute [pachete]	84	120	1	1
Întârzierea medie de transmisie cap-la-cap [s]	0.378	0.366	0.007	0.003

- numărul mai mic de pachete pierdute UDP în comparație cu cele în cazul utilizării protocolului TCP;
- deși numărul de segmente UDP este mai mic comparativ cu numărul segmentelor TCP, câștigul major oferit de suportul segmentării UDP este întârzierea medie de transmisie cap-la-cap.

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat transport.

Analiza și evaluarea performanței protocoalelor de rutare în medii cu transmisie radio:

- aplicațiile care impun un anumit nivel al parametrilor QoS necesită utilizarea unor medii de transmisie fiabile în conjuncție cu protocoale de transport care se bazează pe un nivel ridicat de încredere (UDP);
- aplicațiile în timp real necesită utilizarea unor protocoale de rutare proactive, care să reducă timpul de așteptare până la determinarea rutei;

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat aplicație.

Analiza și evaluarea performanței protocolului SIP:

- protocol de semnalizare al stratului aplicație;
- inițializare, menținere, eliberare sesiuni;
- legături cu alte protocole: RTP-RTCP, SDP, COPS (suport QoS);
- parametri QoS analizați:
 - jitterul între două pachete succesive (J), număr cumulat de pachete pierdute (CNPL), întârzierea de transport dus-întors (RTT);
 - PC-to-Phone în conexiuni SIP, dar și din conexiuni H.323;
- în arhitectura Q-SIP (QoS pentru SIP),
 - DiffServ - mecanism de transport al resurselor solicitate;
 - COPS - protocol de cerere și de control al rezervării resurselor;
 - modelul COPS/DiffServ este o alternativă a modelului IntServ/RSVP.

5. Analiza și evaluarea performanței mecanismelor QoS intra-domeniu
în termeni de parametri QoS prin simulare (ns-2, qualnet) – strat legături de date.

Fiecare strat își aduce contribuția la nivelul QoS oferit:

- analiza mecanismelor QoS intra-domeniu;
- extragerea și evaluarea parametrilor QoS specifici;
- la nivelul fiecărui strat al rețelei conform conceptului QoS vertical.

Publicații: [Pus04b], [Pus05r1], [Pus05a], [Pus05b], [Pus05e],
[Pus05h], [Pus06d], [broad-d8].

6. Identificarea cerințelor unui mecanism QoS inter-domeniu într-o arhitectură cu acces hibrid.

Mecanisme QoS inter-domeniu:

- organisme de standardizare, rapoarte ale unor proiecte de cercetare, conferințe, centre de cercetare;
- QoS orizontal;
- tendința de translatare a mecanismelor QoS de la nivelul straturilor acces la mediu la straturile superioare;
- necesitatea descentralizării managementului rețelei, prin distribuirea capacității decizionale cât mai apropiată de nivelul utilizator;
- gruparea problemelor de management într-un spațiu logic virtual al resurselor;

6. Identificarea cerințelor unui mecanism QoS inter-domeniu într-o arhitectură cu acces hibrid.

Translatarea mecanismelor intra-domeniu într-un spațiu de tratare unitară a:

- cerințelor utilizatorului;
- contextului rețelei.

Asigurarea unui QoS inter-domeniu necesită implementarea unui mecanism de management integrat dinamic care:

- să realizeze alocarea adaptivă a resurselor aplicației în rețea;
- să adapteze aplicațiile funcție de disponibilitatea resurselor în rețea.

Modelul QoS inter-domeniu utilizând agenții mobili;

Modelul I-NAME.

Publicații: [Pus07r3], [Pus07c], [Pal08a], [Pus08e], [Pus08c].

7. Proiectarea și testarea performanței modelului QoS inter-domeniu utilizând agenți mobili.

Colectarea în mod distribuit a informațiilor despre contextul rețelei utilizând agenții mobili în arhitecturi cu acces hibrid de tip:

- WLAN – satelitar;
- WLAN –UMTS.

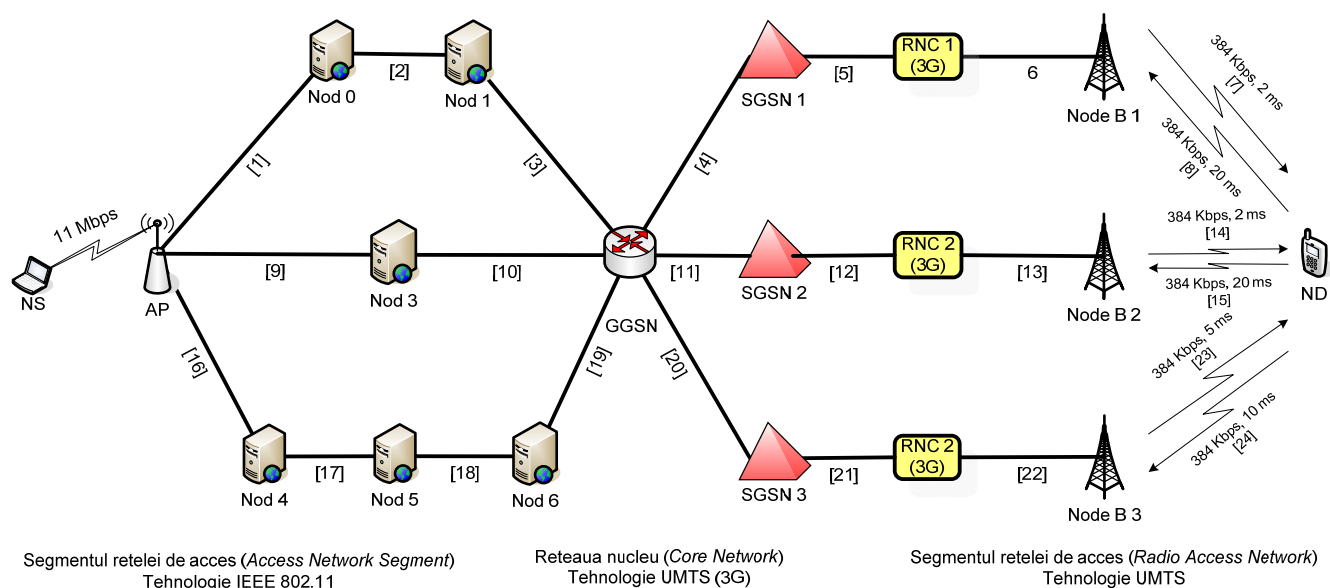
Modelul QoS utilizând agenții mobili are două faze:

- evaluarea întârzierilor de transmisie cap-la-cap în rețeaua cu acces hibrid utilizând agenți mobili;
- selectarea traseului optim pentru rularea aplicației conform informațiilor colectate de agenții mobili.

7. Proiectarea și testarea performanței modelului QoS inter-domeniu utilizând agenți mobili.

Evaluarea performanței modelului de management QoS al resurselor cu ajutorul agenților mobili:

- capacitatea modelului de a selecta cel mai bun traseu QoS pe baza întârzierilor de transmisie cap-la-cap;
- context dinamic al arhitecturii rețelei;
- arhitectură WLAN-UMTS simulată în ns-2.



7. Proiectarea și testarea performanței modelului QoS inter-domeniu utilizând agenți mobili.

Agenții mobili selectează:

- calea 1 – pentru primul interval de analiză;
- calea 2 – pentru al doilea interval de analiză;
- calea 2 – pentru al treilea interval de analiză.

Caracteristicile rețelei în urma testării realizate de agenții mobili pe primul traseu de analiză

Interval de analiză	Întârziere de transmisie [s]	Jitter [s]	Pachete pierdute [%]
1 – 20 [s]	0.039325	0.000000452	1
21 – 40 [s]	0.039927	0.000000067	1
41 – 60 [s]	0.035205	0.0	1

Caracteristicile rețelei în urma testării realizate de agenții mobili pe al doilea traseu de analiză

Interval de analiză	Întârziere de transmisie [s]	Jitter [s]	Pachete pierdute [%]
1 – 20 [s]	0.298300	0.000000281	3
21 – 40 [s]	0.024228	0.0	0
41 – 60 [s]	0.024228	0.0	0

Caracteristicile rețelei în urma testării realizate de agenții mobili pe al treilea traseu de analiză

Interval de analiză	Întârziere de transmisie [s]	Jitter [s]	Pachete pierdute [%]
1 – 20 [s]	0.062230	0.000000049	0
21 – 40 [s]	0.062233	0.0	0
41 – 60 [s]	0.062228	0.0000000058	0

7. Proiectarea și testarea performanței modelului QoS inter-domeniu utilizând agenți mobili.

Evaluarea performanței modelului QoS inter-domeniu cu ajutorul agenților mobili:

- + detectează starea rețelei;
- + colectează parametrii de trafic caracteristici fiecărei entități din rețea;
- + indică traseul pe baza unor constrângeri;
- nu corelează setul de constrângeri;
- nu introduce posibilitatea de adaptare a aplicației;

Publicații: [Pus06b], [Pus06e], [Pus08f], [cncsis-td520].

8. Proiectarea și implementarea modelului I-NAME

de asigurare a suportului QoS inter-domeniu în simulatorul de rețele qualnet.

Modelul I-NAME:

- In-Network Autonomic Management Environment;
- realizează conjuncția dintre constrângerile aplicațiilor din nodul sursă și contextul rețelei;
- indică existența unui traseu alternativ în rețea (analiză numerică).

Elemente specifice I-NAME:

- profilele QoS identifică resursele din rețea în acord cu setul de parametri ce descriu cerințele aplicației.
- ponderile parametrice QoS permit o tratare prioritară parametrică a aplicației funcție de parametri considerați critici pentru serviciul dat.
- modalitățile de adaptare:
 - adaptarea prin fragmentare (prin modificarea dimensiunii pachetului);
 - adaptarea prin codare predictivă (prin modificarea intervalului între pachetele transmise).

8. Proiectarea și implementarea modelului I-NAME

de asigurare a suportului QoS inter-domeniu în simulatorul de rețele qualnet.

Profilele modelului I-NAME:

- profilul QoS solicitat (QoS Requested Profile)
 - include solicitările inițiale de resurse ale aplicației generate la nodul sursă;
- profilul QoS acceptat (QoS Accepted Profile)
 - exprimă existența unei căi de comunicație cap-la-cap cu nodul sursă la parametri indicați în profilul QoS solicitat;
- profilul QoS negociat (QoS Negotiated Profile)
 - exprimă capabilitățile limitate la nodul destinație;
- profilul QoS adoptat (QoS Adopted Profile)
 - exprimă disponibilitatea nodului sursă pentru resursele anunțate în profilul QoS negociat.

Setul de parametri QoS descriși în cadrul profilelor QoS:

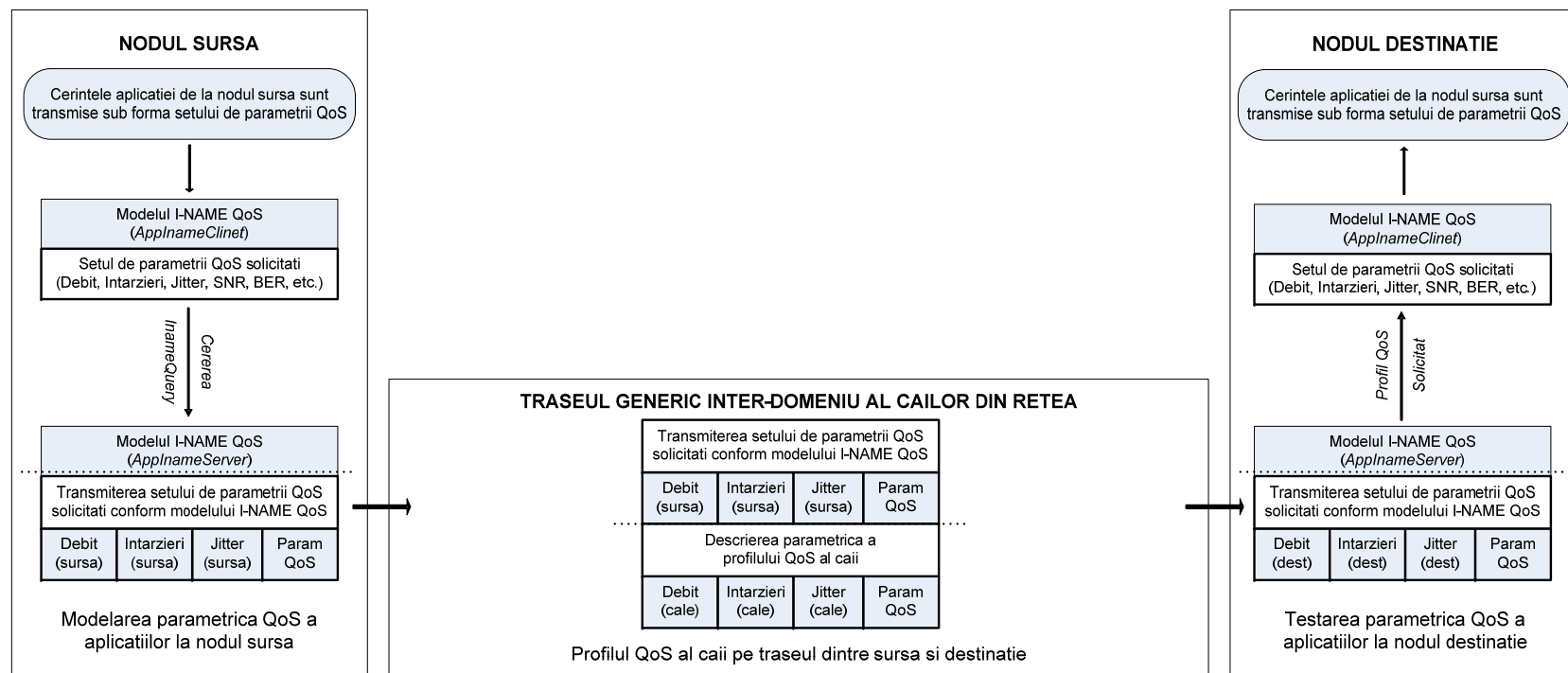
- debitul (T);
- întârzierile (D);
- jitterul (J).

8. Proiectarea și implementarea modelului I-NAME

de asigurare a suportului QoS inter-domeniu în simulatorul de rețele qualnet.

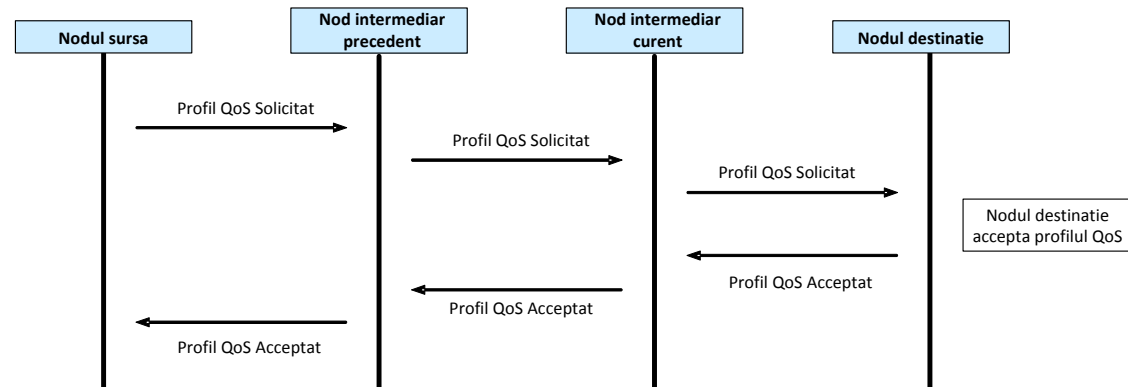
Profilele modelului I-NAME:

- setul de parametri QoS solicitați, acceptați, negociați și adoptați ce rezultă în urma fluxului de mesaje schimbat între nodurile rețelei;
- cerințele aplicației - parametri QoS solicitați;
- descrierea parametrică a căii - profilul QoS al căii.

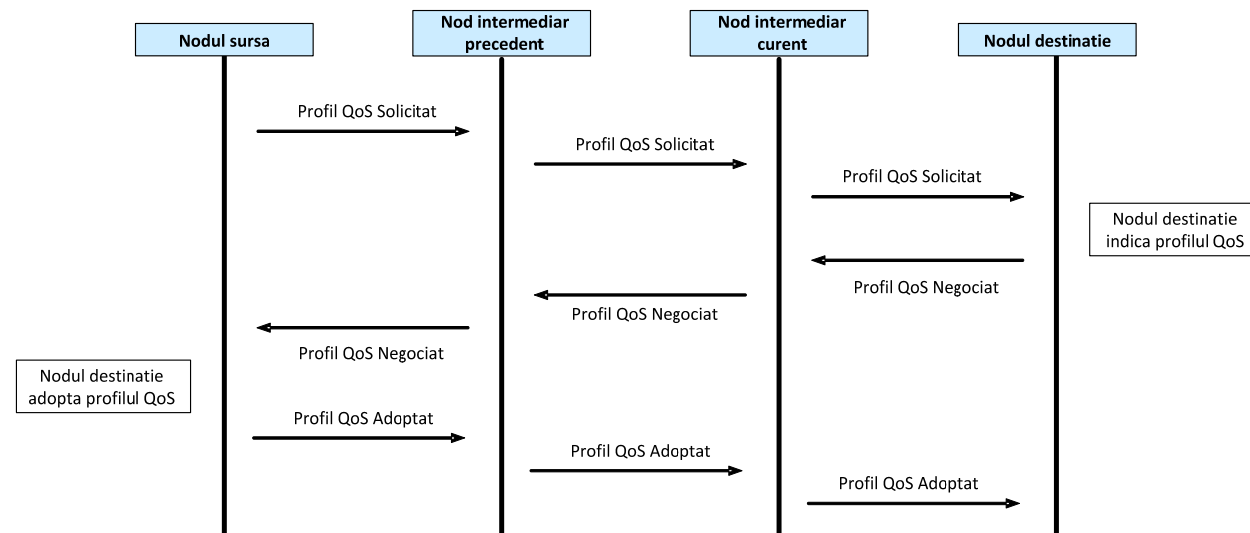


8. Proiectarea și implementarea modelului I-NAME de asigurare a suportului QoS inter-domeniu în simulatorul de rețete qualnet.

I-NAME în două faze:



I-NAME în trei faze:



9. Evaluarea și validarea modelului I-NAME.

Categorii de analize:

- efectul variației dimensiunii pachetului asupra întârzierilor medii de transmisie cap-la-cap la valori constante ale numărului de pachete transmise per secundă și
- efectul variației numărului de pachete transmise per secundă asupra întârzierii medii de transmisie cap-la-cap la valori constante ale dimensiunii pachetului.

Rezultatele obținute au fost analizate în mod comparativ în termeni de:

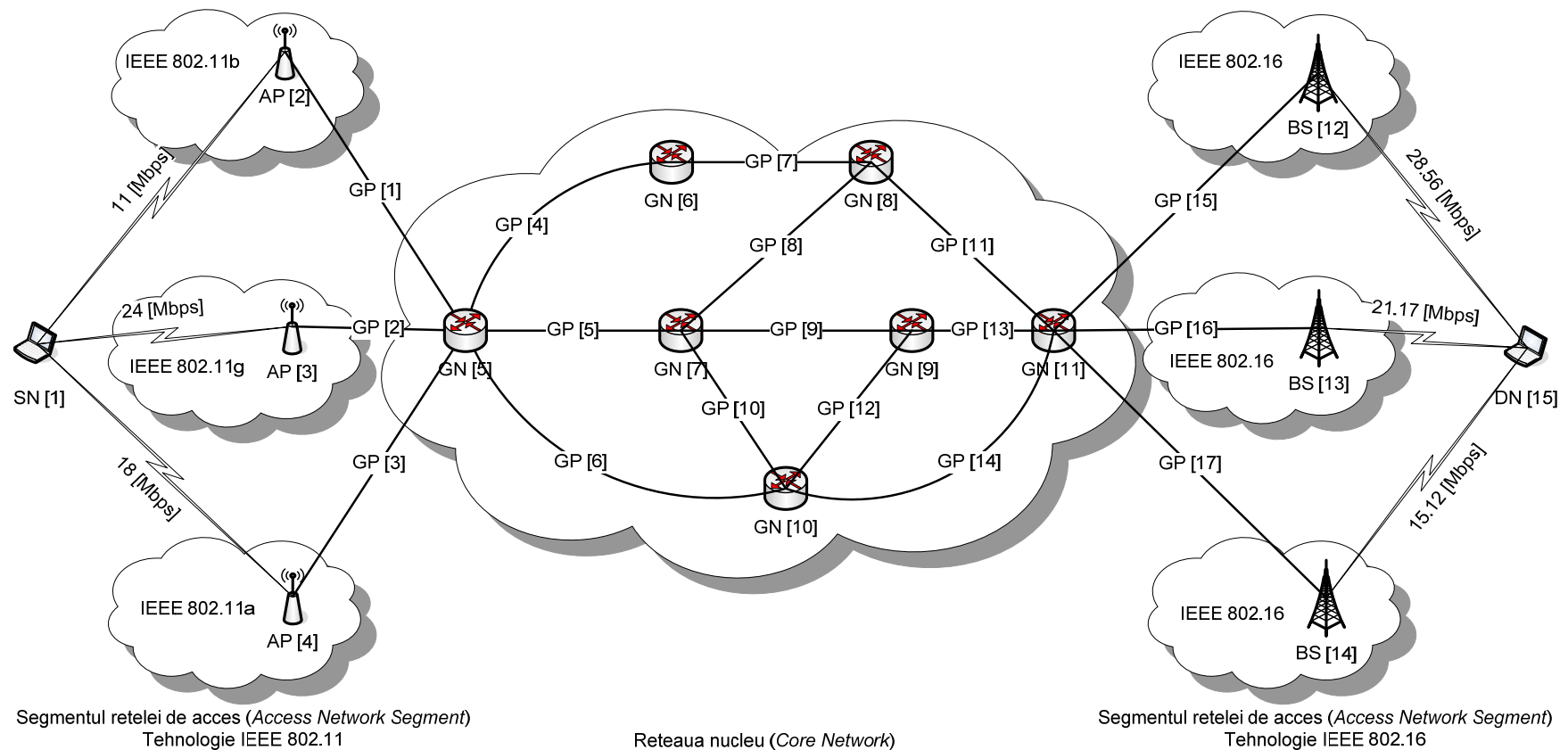
- capacitate de selectare a unui traseu optim din punct de vedere al specificului aplicației rulate și
- capacitate de asigurare a unei întârzieri medii de transmisie cap-la-cap care să nu depășească o valoare de prag impusă.

Suportul QoS inter-domeniu I-NAME

- set de aplicații de test într-un scenariu cu acces hibrid;
- Best Effort, clasificări QoS la strat rețea, I-NAME.

9. Evaluarea și validarea modelului I-NAME.

Arhitectura de evaluare I-NAME:



9. Evaluarea și validarea modelului I-NAME.

Parametrii de configurare I-NAME:

Parametrii de configurare ai simulatorului										
Parametrii globali asociați aplicației de test										
Tipul aplicației rulate							CBR			
Nodul sursă [nod ID]							1			
Nodul destinație [nod ID]							15			
Durata de simulare [s]							100			
Parametrii specifici asociați aplicației de test conform modelului I-NAME										
Debitul necesar rulării aplicației – T [kbps]							debitului aplicației sursă			
Întârziere de prag necesară rulării aplicației – D [s]							0.01			
Jitter de prag necesar rulării aplicației – J [s]							0.001			
Ponderile parametrice QoS asociate primului set de parametri specifici I-NAME										
Pondere debit – TW							0			
Pondere întârziere – DW							1			
Pondere jitter – JW							0			
Variația intervalelor dintre pachete, a numărului de pachete și a dimensiunii pachetelor transmise										
Intervalul dintre pachete [s]	0.005	0.0028	0.002	0.0016	0.0014	0.0012	0.0011	0.001	0.0009	0.0008
Nr. de pachete transmise [pps]	200	350	500	600	700	800	900	1000	1100	1250
Dimensiunea pachetului [octeți]	200 până la 1600 (cu pasul de 100 de octeți)									

9. Evaluarea și validarea modelului I-NAME.

Modelul I-NAME interfațează cerințele aplicației cu potențialul rețelei prin intermediul profilelor QoS ce descriu:

- solicitările parametrice ale aplicației - parametri QoS;
- prioritățile alocate - ponderile parametrice QoS.

Parametrul de interes

- întârzierea medie de transmisie cap-la-cap.

Ponderile parametrice QoS:

- prioritatea maximă în cazul parametrului QoS întârziere, DW = 1;
- valoare de prag minimă acceptată conform modelului I-NAME, de 0.01 [s].

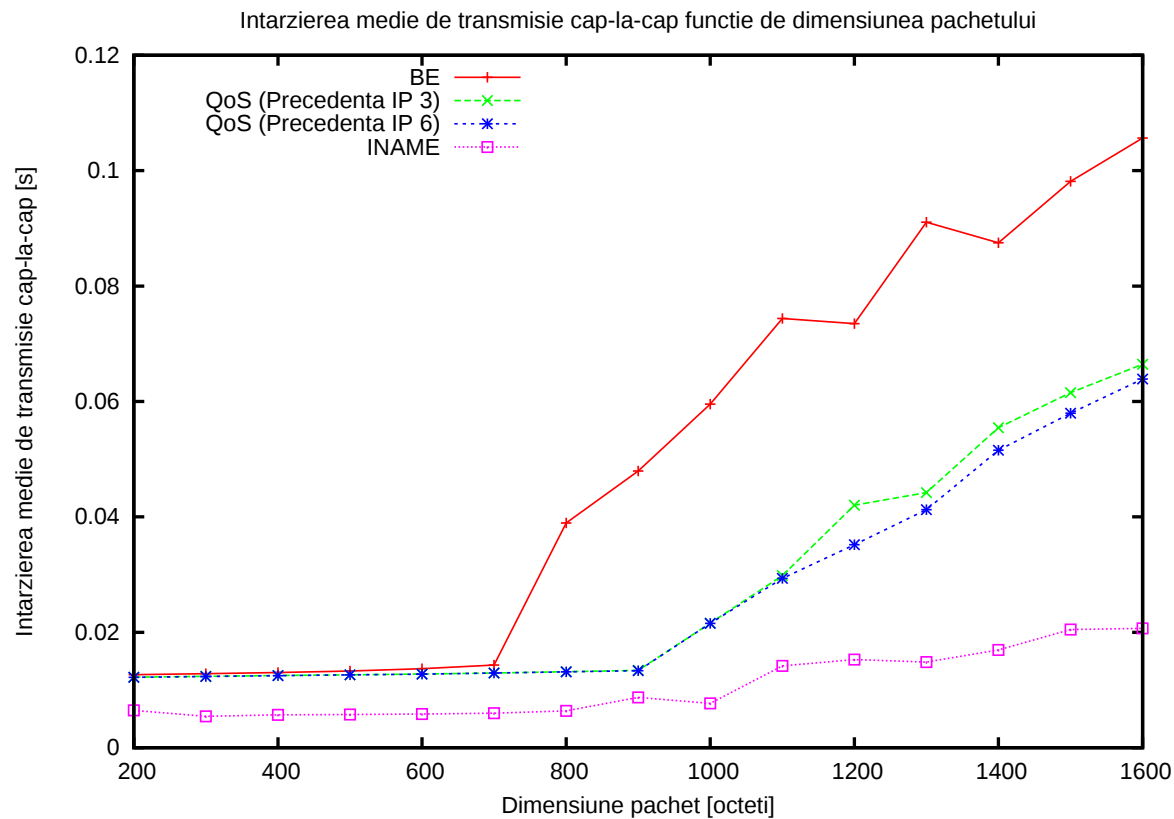
Măsura gradului de adaptare și de estimare a întârzierii de transmisie:

$$\text{Factorul de adaptare } [\%] = \left| \frac{(\hat{\text{Întârzierea de transmisie I-NAME QoS}} - \text{Întârzierea de transmisie I-NAME QoS adaptat})}{\hat{\text{Întârzierea de transmisie I-NAME QoS}}} \right| \cdot 100$$

$$\text{Eroarea de estimare } [\%] = \left| \frac{(\hat{\text{Întârzierea de transmisie măsurată}} - \text{Întârzierea de transmisie estimată})}{\hat{\text{Întârzierea de transmisie măsurată}}} \right| \cdot 100$$

9. Evaluarea și validarea modelului I-NAME.

Setul 1: întârzierea medie de transmisie cap-la-cap în funcție de dimensiunea pachetului la valori constante ale numărului de pachete per secundă transmise (reprezentare grafică):



9. Evaluarea și validarea modelului I-NAME.

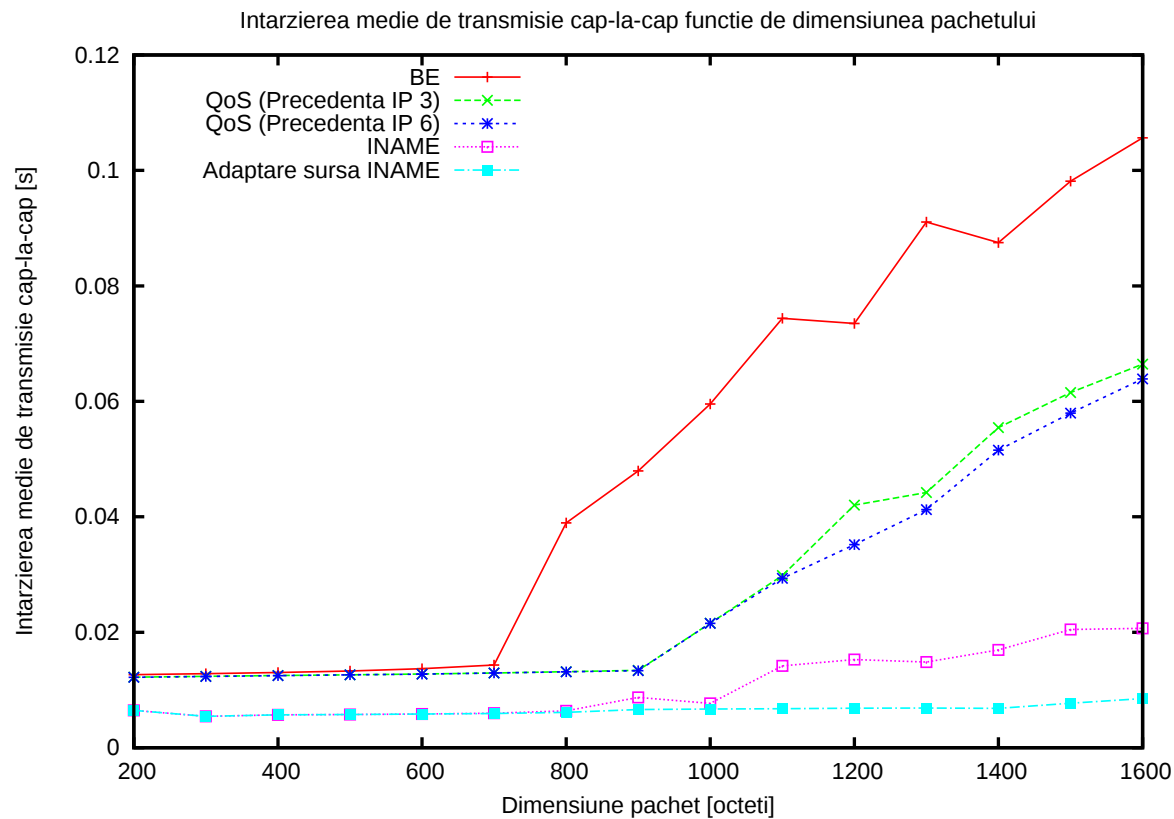
Setul 1: analiza mediei întârzierilor de transmisie cap-la-cap pentru cele patru tipuri de modele suport ale aplicației de test cu variația dimensiunii pachetelor transmise (reprezentare numerică):

Variația întârzierilor medii de transmisie cap-la-cap în funcție de dimensiunea pachetului și valori constante ale numărului de pachete per secundă transmise pentru cele patru modele suport ale aplicației de test				
Modelul suport al aplicației de test Parametrul de analiză	Modelul BE	Model QoS IP Precedence = 3	Model QoS IP Precedence = 6	Modelul I-NAME
Întârzierea medie de transmisie cap-la-cap minimă [s]	0.012643140	0.012220637	0.012194073	0.005426509
Întârzierea medie de transmisie cap-la-cap maximă [s]	0.105645738	0.066447204	0.063870021	0.020693753
Diferența dintre valorile maximă și minimă ale întârzierilor medii de transmisie cap-la-cap [s]	0.093002598	0.054226567	0.0516759291	0.015267244
Îmbunătățirea adusă de fiecare model raportată la modelul BE pentru valorile diferență ale întârzierilor [%]	-	40.86	44.08	82.79

- depășirea valorilor întârzierii medii de transmisie cap-la-cap de prag impuse parametrului QoS întârziere pentru 40 % din cazurile în care a fost rulată aplicația de test;
- se impune adaptarea aplicației sursă.

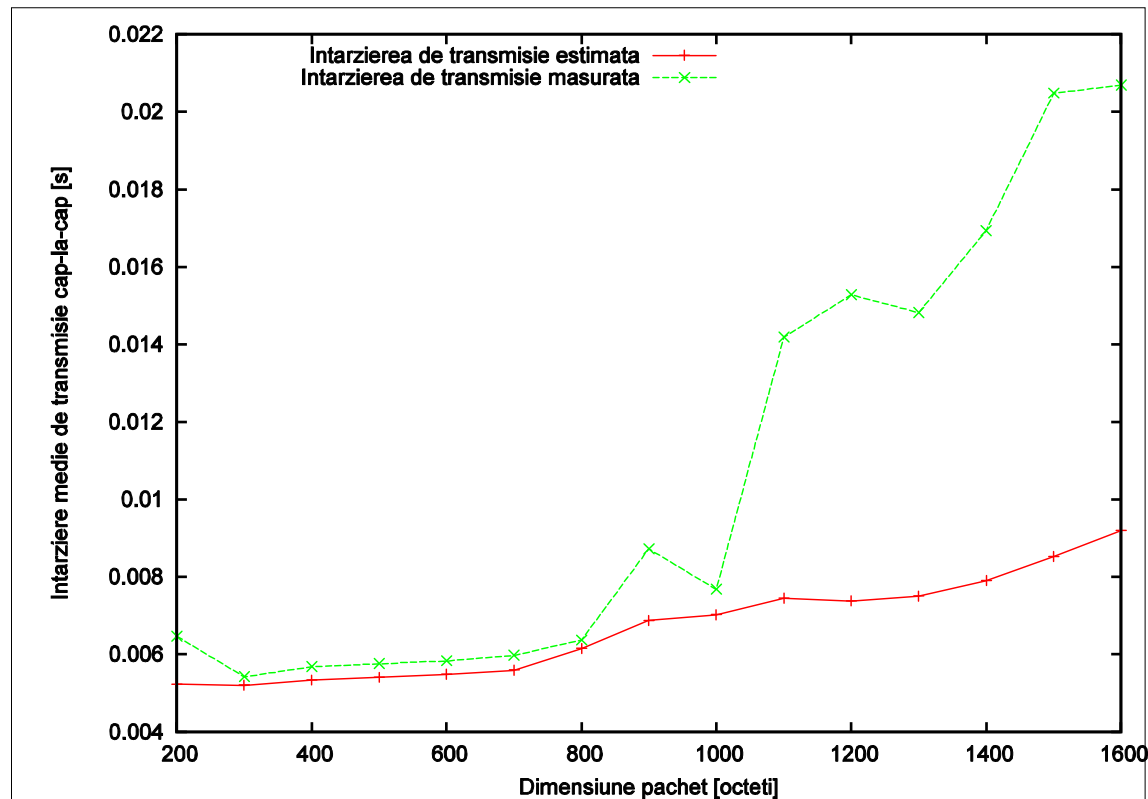
9. Evaluarea și validarea modelului I-NAME.

Setul 1: variația întârzierii medii de transmisie cap-la-cap la adaptarea debitului aplicației sursă conform modelului I-NAME rulat în trei faze (reprezentare grafică):



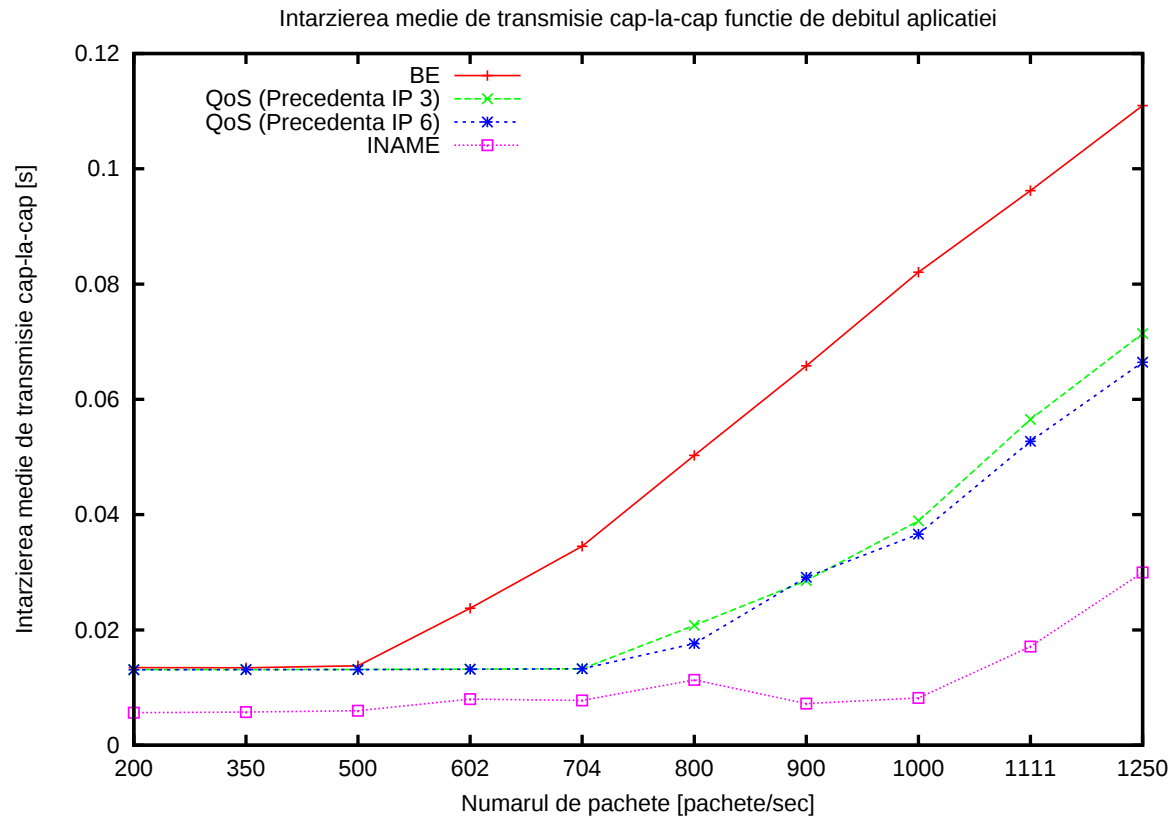
9. Evaluarea și validarea modelului I-NAME.

Setul 1: variația întârzierilor de transmisie estimate și măsurate conform mecanismului propus prin modelul I-NAME în cazul variației dimensiunii pachetului cu valori constante ale numărului de pachete transmise per secundă (reprezentare grafică):



9. Evaluarea și validarea modelului I-NAME.

Setul 2: întârzierea medie de transmisie cap-la-cap în funcție de numărul de pachete transmise per secundă la valori constante ale dimensiunii pachetului (reprezentare grafică):



9. Evaluarea și validarea modelului I-NAME.

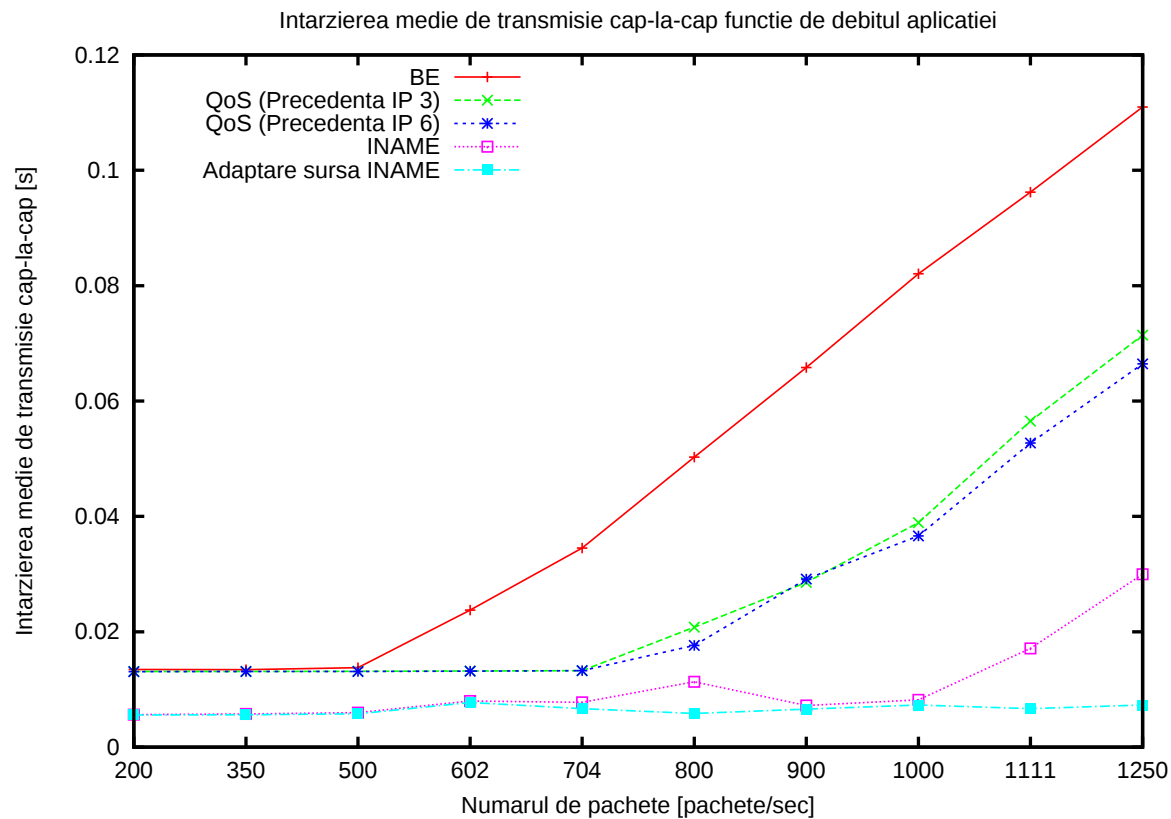
Setul 2: analiza mediei întârzierilor de transmisie cap-la-cap pentru cele patru tipuri de modele suport ale aplicației de test cu variația numărului de pachete transmise per secundă (reprezentare numerică):

Variația întârzierilor medii de transmisie cap-la-cap cu valori constante ale dimensiunii pachetelor și variații ale numărului de pachete transmise per secundă pentru cele patru modele suport ale aplicației de test				
Modelul suport al aplicației de test Parametrul de analiză	Modelul BE	Model QoS IP Precedence = 3	Model QoS IP Precedence = 6	Modelul I-NAME
Întârzierea medie de transmisie cap-la-cap minimă [s]	0.013441120	0.013101850	0.013075844	0.005627531
Întârzierea medie de transmisie cap-la-cap maximă [s]	0.110971274	0.071426371	0.066445945	0.029979042
Diferența dintre valorile maximă și minimă ale întârzierilor medii de transmisie cap-la-cap [s]	0.097530154	0.058324521	0.053370101	0.024351511
Îmbunătățirea adusă de fiecare model raportată la modelul BE pentru valorile diferență ale întârzierilor [%]	-	40.19	45.27	75.03

- depășirea valorilor întârzierii medii de transmisie cap-la-cap de prag impuse parametrului QoS întârziere pentru 30 % din cazurile în care a fost rulată aplicația de test;
- se impune adaptarea aplicației sursă.

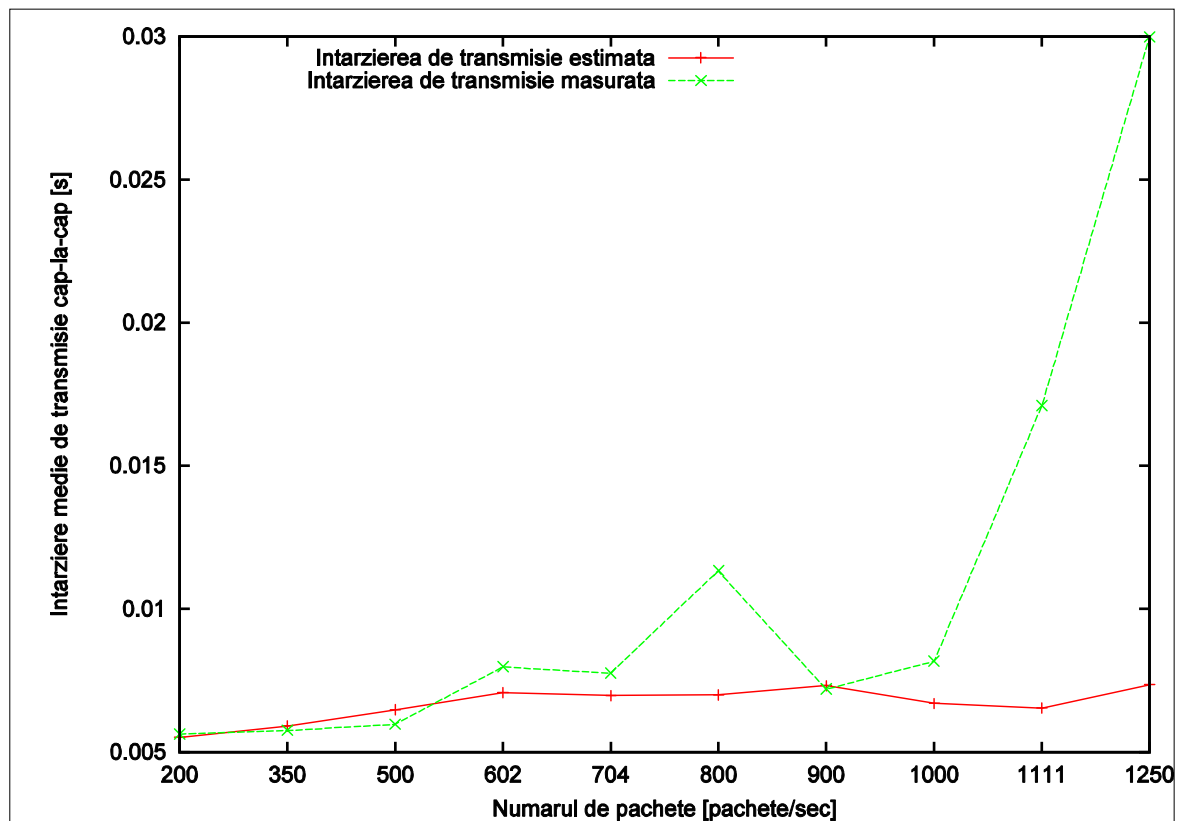
9. Evaluarea și validarea modelului I-NAME.

Setul 2: variația întârzierii medii de transmisie cap-la-cap la adaptarea debitului aplicației sursă conform modelului I-NAME rulat în trei faze (reprezentare grafică):



9. Evaluarea și validarea modelului I-NAME.

Setul 2: variația întârzierilor de transmisie estimate și măsurate conform mecanismului propus prin modelul I-NAME în cazul variației numărului de pachete transmise per secundă cu valori constante ale dimensiunii pachetului (reprezentare grafică):



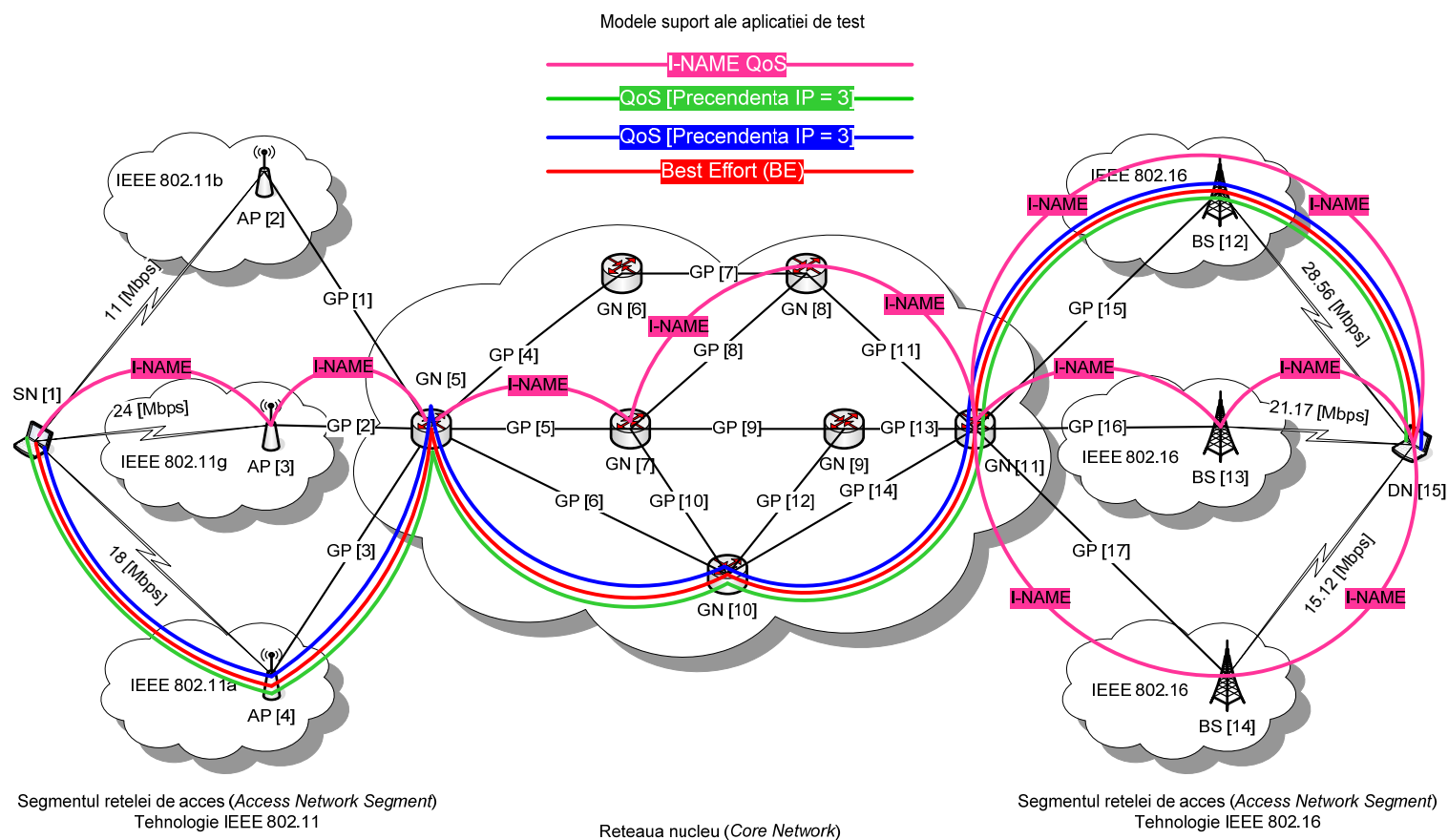
10. Îmbunătățirile aduse de modelul I-NAME în contextul QoS inter-domeniu.

În temeni de întârziere medie de transmisie cap-la-cap:

- la variația dimensiunii pachetului cu valori constante ale numărului de pachete transmise per secundă:
 - Best Effort, suport QoS precedență IP = 3 (40.86%), suport QoS precedență IP = 3 (44.08%) și I-NAME (82.79%);
- la variația numărului de pachete transmise per secundă cu valori constante ale dimensiunii pachetelor:
 - Best Effort, suport QoS precedență IP = 3 (40.19%), suport QoS precedență IP = 3 (45.27%) și I-NAME (75.03%);

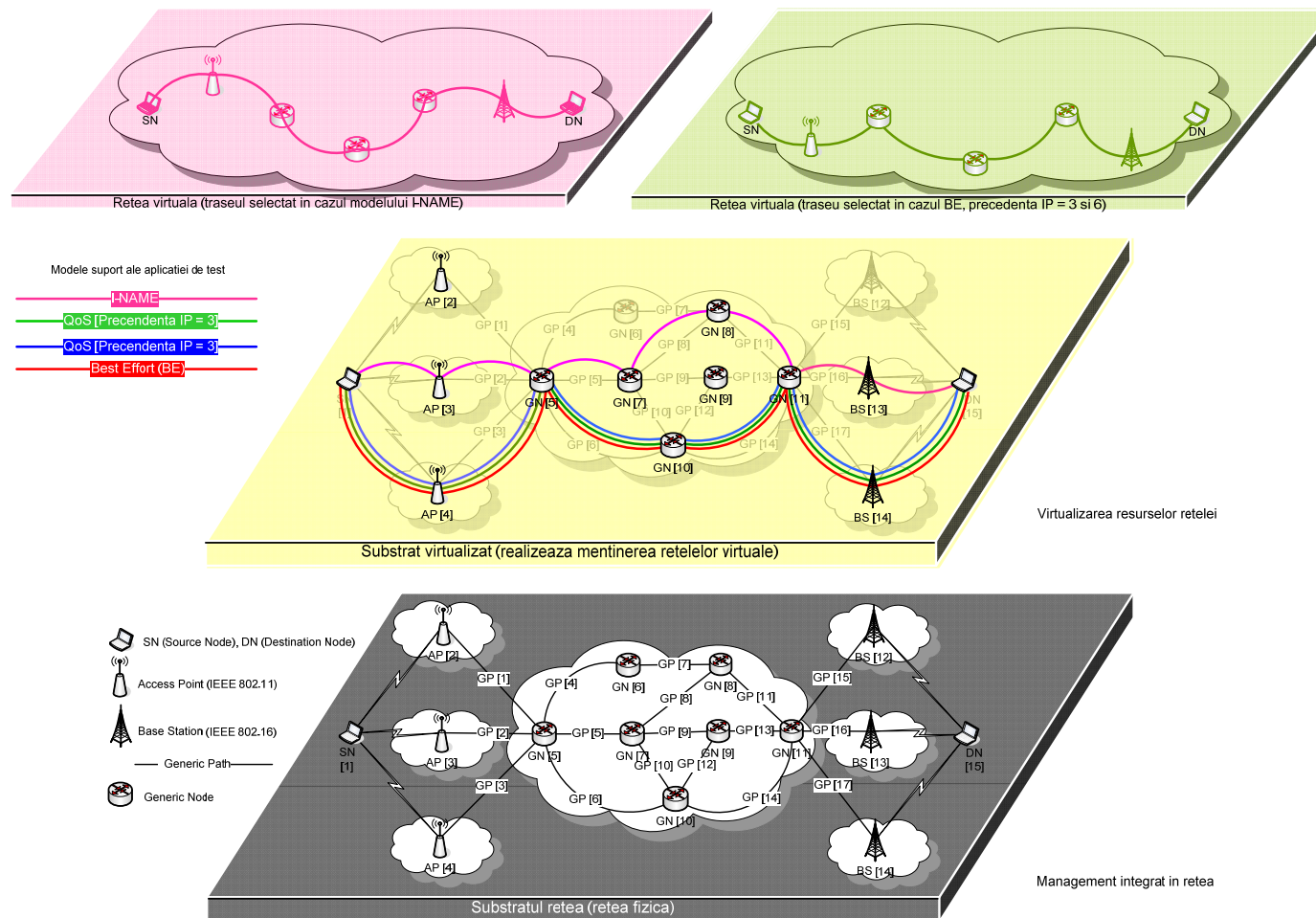
10. Îmbunătățirile aduse de modelul I-NAME în contextul QoS inter-domeniu.

I-NAME indică și selectează un traseu alternativ QoS inter-domeniu:



10. Îmbunătățirile aduse de modelul I-NAME în contextul QoS inter-domeniu.

I-NAME, în contextul INM și VNet:



10. Îmbunătățirile aduse de modelul I-NAME în contextul QoS inter-domeniu.

Modelul I-NAME propune două modalități de adaptare:

- adaptarea prin fragmentare (prin modificarea dimensiunii pachetului);
- adaptarea prin codare predictivă (prin modificarea intervalului între pachetele transmise).

Rezultatele obținute au fost analizate în mod comparativ în termeni de:

- capacitate de selectare a unui traseu optim din punct de vedere al specificului aplicației rulate și
- capacitate de asigurare a unei întârzieri medii de transmisie cap-la-cap care să nu depășească o valoare de prag impusă.

Modelul I-NAME atribuie nodurilor rețelei capacitatea:

- de a detecta în mod automat modificările dinamice ale stării rețelei;
- de a determina aplicația să reacționeze corespunzător contextului rețelei.

Publicații: [4ward-d4.2].

Fluxul principal al contribuțiilor autorului citate în teză.

PREMII

1. **Premiul Best Paper**, cu lucrarea *Intra-System Mobility Evaluation for Different Wireless Technologies*, IARIA, ICWMC 2006, Iulie 2006, București.
http://users.utcluj.ro/~pemanuel/premii/Emanuel%20Puschita_ICW06%20Award.pdf
2. **Premiul de excelență Dan Roman pentru tinerii cercetători**, Forumul Academic al Universității Tehnice din Cluj-Napoca, 30 Ianuarie 2007, Cluj-Napoca.
http://users.utcluj.ro/~pemanuel/premii/Emanuel%20Puschita_Prmiul%20de%20Excelenta_Dan%20Roman.pdf
3. **Lucrare premiată CNCSIS**, Evaluation of Adaptive Radio Techniques for the under-11GHz Broadband Wireless Access (co-autor), Octombrie 2008, București.
http://www.cncsis.ro/PN2_res_umana_prem_articole_2008.php

PROIECTE DE CERCETARE

- [cnscis-td520] **Pușchiță, E.**, (editor) *Proiectarea și evaluarea unui mecanism QoS inter-domeniu într-o arhitectură wireless IP cu acces hibrid folosind agenți mobili*, Raport de cercetare, Grant **CNCSIS TD 520/2007**, Martie 2009;
<http://www.cncsis.ro>.
- [broad-d8] Hirtzlin, P., **Pușchiță, E.**, (co-autor) T. Palade, T., et al. D. Salazar, J. Sesena, G. Smedback, R. Pringle, R. Worrall, J. Stafford, G.F. Vezzani, C. Monti, M. Schmidt, L. Garcia, *Recommendations on matching hybrid wireless network technologies to deployment scenarios*, **FP6-ICT-2003-001930**, BROADWAN/D8, Octombrie 2004;
http://www.telenor.no/broadwan/publ/BROADWAN_Deliverable_%20D8_hybridtechnologies.pdf
- [4ward-d4.2] Parteneri DT, EAB Fraunhofer, KTH, NEC, NSND, PTIN, SICS, SROM Technion, TPSA, TSSG, TUCN (**Pușchiță, E.**) (co-autor), *In-Network Management Concept*, Public document number **FP7-ICT-2007-1-216041**, 4WARD/D-4.2, Februarie 2009;
<http://www.4ward-project.eu/index.php?id=64>

Fluxul principal al contribuțiilor autorului citate în teză.

PROIECTE DE CERCETARE NAȚIONALE

- [siemens-05] **Pușchiță, E.**, (coordonator) *Intra-system Mobility for Dedicated Voice and Data Networks*, Contract 624/01.04.2005, Beneficiar: Siemens PSE SRL Brasov, 2005, 01 Octombrie - 2006, 30 Ianuarie (faza 1).
- [siemens-06] **Pușchiță, E.**, (coordonator) *Study of Mobile Agents in Telecommunications Networks*, Contract 624/01.04.2005, Beneficiar: Siemens PSE SRL Brasov, 2006, 01 Februarie - 2006, 30 Aprilie (faza 2).
- [hotsat-05] Palade, T., (coordonator) **Pușchiță, E.**, (membru) *Hotspoturi care integreaza puncte de acces la satelit destinate comunităților izolate*, Grant CEEX 6107/2005, Decembrie 2005.
- [cnc-a928] Palade, T., (coordonator) **Pușchiță, E.**, (membru) *Asigurarea accesului radio de bandă largă pentru utilizatorii rezidențiali folosind tehnologiile wireless de cost redus*, Proiect CNCSIS 928/2005, Decembrie 2005.
- [ursa-07] Palade, T., (coordonator) **Pușchiță, E.**, (membru) *Stație de urmărire radio spațială adâncă cu utilizări multiple*, CNCSIS 58-18/2007, Septembrie 2007.
- [smant-07] Palade, T., (coordonator) **Pușchiță, E.**, (membru) *Noi algoritmi pentru antene adaptive/inteligente în sisteme de comunicații 3G și post - 3G*, SMANT CNCSIS 5061P/14.09.2007, Septembrie 2007.
- [pabmar-07] Palade, T., (coordonator) **Pușchiță, E.**, (membru) *Platforma wireless integrată de acces local pentru bandă largă și mobilitate, cu autoorganizarea resurselor*, CNCSIS 604/443/14.09.07, Septembrie 2007.
- [cnc-a604] Palade, T., (coordonator) **Pușchiță, E.**, (membru) *Analiza și identificarea de soluții hibride pentru asigurarea accesului de bandă largă*, CNCSIS 604/253/30.05.08, Mai 2008.

LUCRĂRI ÎN REVISTE JURNAL

- [Pus08f] - (prim-autor) lucrare apărută în **WSEAS International Journal of Communications**, Decembrie 2008.
- [Pal08a] - (co-autor) lucrare apărută în **International Journal of Communications**, NAUN Publishing House, 2008.
- [Pus08e] - (prim-autor) lucrare apărută în **Transaction on Electronics and Communications**, Buletinul Științific al Universității "Politehnica" din Timișoara, 2008.

Fluxul principal al contribuțiilor autorului citate în teză.

ARTICOLE (LISTĂ SELECTIVĂ)

- [Pus05e] **Pușchiță, E.**, Palade, T., *Wireless LAN Medium Access Techniques: QoS Perspective*, The 7th International Symposium on Signals, Circuits and Systems ISSCS 2005, Iulie 14-15, 2005, Iași, RO, IEEE Catalog Number 05EX1038, ISBN 0-7803-9029-6, Volum 1/2, pp. 267 – 270.
- [Pus05h] **Pușchiță, E.**, Palade, T., Chira, L., *Performance Evaluation of DCF vs. EDCF Data Link Layer Access Mechanisms for Wireless LAN Scenarios: QoS Perspective*, 7th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services – TELSIKS'05, Septembrie 28-30, 2005, Niš, Serbia și Montenegro, IEEE Catalog Number 05EX1072, ISBN 0-7803-9164-0, Volumul 2/2, pp. 356-359.
- [Pus06d] **Pușchiță, E.**, Palade, T., Sandu, F., *Intra-System Mobility Evaluation for Different Wireless Technologies*, 2006 International Conference on Wireless and Mobile Communications – ICWMC 2006, București, RO, Iulie 2006, IEEE Computer Society Order Number E2629, ISBN 0-7695-2629-2.
- [Pus06e] **Pușchiță, E.**, Palade, T., Caruntu, A., *Design of a Resource Reservation Model for a Hybrid Wireless Network Architecture based on the use of Intelligent Mobile Agents*, International Conference on Systems Engineering ICSE2006, Coventry, UK, Septembrie 2006 ISBN 1-84600-013-0, pp. 383 – 387.
- [Pus07d] **Pușchiță, E.**, Palade T., *Performance Comparison on the Last-Mile Access Segment for Different Wireless Technologies*, 6-th International Conference RoEduNet 2007, Craiova, RO, Noiembrie 23-24, 2007, ISBN 978-973-746-581-8, pp. 98-102.
- [Pus08c] **Pușchiță, E.**, Palade, T., Moldovan, A., Trifan, S., *A Proposed QoS Reservation Mechanism for Broadband Hybrid Wireless Access*, ICT Mobile and Wireless Communications Summit (ICT-MobileSummit 2008), Stockholm, Suedia, Iunie 2008, ISBN: 978-1-905824-08-3.
- [Pal08d] Palade, T., **Pușchiță, E.**, Bogdan, I., *Performance Evaluation of Wireless Systems implementing IEEE 802.16 Standard*, The 12th WSEAS International Conference on COMMUNICATIONS, Heraklion, GR, Iulie 2008.
- [Pus08f] **Pușchiță, E.**, Palade, T., Frank-Uwe Andersen, *A Mechanism for QoS Path Selection in a WLAN-UMTS Scenario: Mobile Agent Approach*, 7th WSWAS International Conference on DATA NETWORKS, COMMUNICATIONS, and COMPUTERS (DNCOCO'08), București, RO, Noiembrie 2008, pp. 91-97, ISSN: 1790-5109, ISBN: 978-960-474-020-8.

Mulțumiri.

Vă mulțumesc pentru atenție!