



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2013 00711**

(22) Data de depozit: **27/09/2013**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/02/2020** BOPI nr. **2/2020**

(41) Data publicării cererii:
29/05/2015 BOPI nr. **5/2015**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN
BUCUREȘTI, SPLAIUL INDEPENDENȚEI
NR.313, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **RAICIU COSTIN, INTRAREA EZĂRENI
NR. 110, AP. 2, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,
RO;**
• **NICULESCU DRAGOȘ-ȘTEFAN,
STR. ION URDĂREANU NR. 5, BL. P41,
SC. A, ET. 5, AP. 16, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO**

(74) Mandatar:
**SOCIETATE CIVILĂ PROFESIONALĂ
DE PROPRIETATE INDUSTRIALĂ
MILCEV BURBEA, STR.ȘTIRBEI VODĂ,
NR.170, BL.10G, SC.1, ET.5, AP.18,
SECTOR 1, BUCUREȘTI**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**ASHISH SHARMA, VISHNU NAVDA,
RAMACHANDRAN RAMJEE, VENKATA N.
PADMANABHAN AND ELIZABETH M.
BELDING, "COOL-TETHER: ENERGY
EFFICIENT ON-THE-FLY WIFI HOT-SPOTS
USING MOBILE PHONES", PROCEEDINGS
OF THE 5th INTERNATIONAL
CONFERENCE ON EMERGING
NETWORKING EXPERIMENTS AND
TECHNOLOGIES, PP. 109-120, 2009;
GANESH ANANTHANARAYANAN,
VENKATA N. PADMANABHAN,
LENIN RAVINDRANATH AND
CHANDRAMOHAN A. THEKKATH,
"COMBINE: LEVERAGING THE POWER
OF WIRELESS PEERS THROUGH
COLLABORATIVE DOWNLOADING",
PROCEEDINGS OF THE 5th
INTERNATIONAL CONFERENCE ON
MOBILE SYSTEMS, APPLICATIONS AND
SERVICES, PP. 286-298, 2007;
US 2013111038**

(54) **METODĂ ȘI SISTEM DE CONECTARE CELULARĂ
CU CONSUM REDUS DE ENERGIE ȘI COSTURI REDUSE**



RO 130288 B1

1 Invenția se referă la o metodă și la un sistem de conectare celulară cu consum redus
de energie și costuri reduse.

3 Dispozitivele mobile au devenit mai numeroase decât tradiționalele calculatoare tip
desktop, și o mare parte din succesul acestora se datorează paradigmei „mereu conectat” pe
5 care o favorizează: utilizatorii sunt în mod constant la curent cu cele mai recente știri, primesc
e-mail-uri, navighează și folosesc chat-ul în timp ce se află în mișcare.

7 Conectivitatea este atât de importantă încât dispozitivele mobile acceptă multiple
tehnologii wireless, inclusiv celulare (3G, LTE), WiFi (802,11) și Bluetooth. Aceste tehnologii
9 oferă raporturi diferite cu privire la distanță, RTT și consum de energie per-bit. Legăturile WiFi
oferă o lățime de bandă mare, RTT mic și consum redus de energie per-bit, dar acoperirea este
11 neuniformă, cu zone mari neacoperite. Tehnologiile celulare au o acoperire vastă, și asigură
experiența mobilă „mereu conectat”, acesta fiind motivul pentru care sunt alegerea implicită
13 pentru conectivitate. Dezavantajul constă în faptul că ambele consumă multă energie și au timp
dus-întors foarte mari (secunde), după perioade de inactivitate. Conexiunea Bluetooth, pe de
15 altă parte, este orientată spre interconectarea personală, cu distanță scurtă, putere redusă și
conectivitate în lățime de bandă mică.

17 În mod ideal, legăturile celulare ar trebui să se caracterizeze printr-un timp dus-întors
scurt, stabil și un consum de energie proporțional cu traficul. Ușor de spus, greu de făcut: timpul
19 dus-întors ridicat este cauzat de semnalizarea pentru implementarea controlului centralizat al
distribuirii capacității predominante în rețelele celulare. Alocarea centralizată a capacității se va
21 menține, deoarece permite utilizarea considerabilă a resurselor, și garantează ferm echitatea,
acestea nefiind oferite de controlul asupra accesului distribuit (de exemplu, detectarea
23 operatorului); în cele din urmă, un consum excesiv de energie este o consecință a încercării de
a reduce la minimum cantitatea semnalizării și costurile implicite ale acesteia. Inovațiile din
25 domeniul rețelelor celulare ajung la un echilibru între semnalizare și consumul de energie prin
utilizarea cronometrelor de inactivitate, configurate de furnizor, sau dinamice [S. Deng și H.
27 **Balakrishnan**, „Traffic-aware techniques to reduce 3G/LTE wireless energy
consumption”, **Rapoartele celei de a 8-a conferințe internaționale privind experimentele
și tehnologiile emergente de creare a rețelelor, CoNEXT '12, (New York, NY, SUA), pp.
29 181-192, ACM, 2012**], pentru a regla tranzițiile de stare radio ale mobilelor. Observăm că orice
soluție bazată pe cronometru face presupuneri puternice cu privire la modelele de trafic, și
31 implică situații în care suportă o întârziere și/sau un consum de energie excesive/excesiv.

33 Importanța legăturilor de rețea celulară pentru mobile este recunoscută de mult timp, iar
rezultatul constă în numeroase cercetări care evaluează proprietățile de conectivitate celulară
35 [F. Qian, Z. Wang, A. Gerber, Z. M. Mao, S. Sen și O. Spatscheck, „Characterizing radio
resource allocation for 3g networks”, **Rapoartele celei de a 10-a conferințe ACM
37 SIGCOMM privind măsurarea Internetului, IMC '10 (New York, NY, SUA), pp. 137-150,
ACM, 2014**, și Huang, F. Qian, A. Gerber, Z. M. Mao, S. Sen și O. Spatscheck, „A close
39 examination of performance and power characteristics of 4g lte networks”, **Rapoartele
cele de-a 10-a conferințe internaționale privind sistemele, aplicațiile și serviciile de
41 telefonie mobilă, MobiSys '12, New York, NY, SUA, pp. 225-238, ACM, 2012**] și propun
soluții pentru optimizarea acestora (de exemplu, F. Qian, Z. Wang, A. Gerber, Z. M. Mao, S.
43 Sen și O. Spatscheck, „Top: Tail optimization protocol for cellular radio resource
allocation”, **Rapoartele celei de-a 18-a conferințe internaționale IEEE (Institutul de
45 Inginerie Electrică și Electronică) privind protocoalele de rețea, ICNP '10, Washington DC,
SUA), pp. 285-294, IEEE Computer Society, 2010**, sau N. Balasubramanian, A.

RO 130288 B1

Balasubramanian și A. Venkataramani, „Energy consumption in mobile phones: a measurement study and implications for network applications”, **Rapoartele IMC, ACM, 2009**, sau **A. Schulman, V. Navda. R. Ramjee, N. Spring, P. Deshpande, C. Grunewald, K. Jain și V. N. Padmanabhan**, „Bartendr: a practical approach to energy-aware cellular data scheduling”, **Rapoartele Mobicom, ACM, 2010**). Cele mai multe dintre aceste cercetări se concentrează asupra reducerii consumului de energie al legăturilor celulare prin adoptarea uneia dintre cele două abordări la nivel înalt.

Prima direcție de cercetare exploatează stagnarea rapidă, o caracteristică standardizată de 3GPP [16], care permite dispozitivului mobil să solicite tranziția în starea INACTIVĂ, reducând astfel timpul corespunzător cozii și costurile de energie asociate. Folosind stagnarea rapidă, se economisește energie, dar este necesar ca dispozitivul să cunoască modelul de trafic al aplicației. Există două pericole inerente în trecerea rapidă la inactivitate: dacă o tranziție nu este adecvată și traficul se reia rapid, traficul va înregistra întârzieri mari necesare pentru tranziție. În al doilea rând, numărul de tranziții de stare poate crește semnificativ, afectând scalabilitatea rețelelor 3G. A doua abordare încearcă să combine transmisiile din diferite aplicații prin întârzieri ale subseturilor de trafic, pentru a reduce energia aferentă cozii, sau pentru a folosi legătura celulară atunci când acesta este cea mai ieftină. Această combinație se adresează doar traficului de fundal, fără sensibilitate la întârziere: fie se schimbă aplicațiile pentru a profita de aceasta, fie va deduce sistemul care sunt aplicațiile pentru care traficul poate fi întârziat.

În cererea de brevet **N. Girard**, „Transparent Proxy Architecture for Multi-Path Data Connections”, **US Patent Application 13/807,740**, se propune agregarea mai multor conexiuni pentru a optimiza RTT sau banda obținută. Deși cu un principiu asemănător, cererea nu se referă însă la colaborarea dintre mobile, ci la agregarea metodelor de comunicare asociate unui mobil. O diferență importantă în sistemul prezentei invenții este aceea că se nu optimizează în mod specific pentru anumite aplicații (de exemplu, de timp real), ci este o tehnologie generică pentru orice trafic TCP. O alta este că prezenta invenție creează o planificare explicită a legăturilor verticale (3G sau 4G) în funcție de starea instantă a fiecărui mobil participant.

În cererea de brevet **V. Gupta, K. Etemad**, „Multi-RAT Carrier Aggregation for Integrated WWAN-WLAN Operation”, **US Patent application 13/537.999** se propune o metodă de a agrega fluxurile de la mai mulți operatori, prin maparea fluxurilor la offload de la 3G la WLAN. Această propunere este în esență o soluție de multihoming, dar care necesită modificarea de către operatori a entităților eNodeB, colaborarea între operatori, și efectuarea de măsurători între mobil și eNodeB. În invenția de față niciuna dintre aceste soluții nu este necesară deoarece se folosește noul standard MPTCP ce rezolvă natural problema multihoming, în schimb propunem colaborarea între mobile pentru a sincroniza legăturile verticale în vederea minimizării consumului de putere, sau a reducerii RTT.

Alte cereri de brevet, **Yonggang Du, Ni Ma, Li Sun**, „Method and system for peer-to-peer communication management in wireless communication networks”, **US Patent Application, 10/551,31**, **Qingli JIA, Li SUN, Xuejun ZHANG**, „Method and apparatus for supporting P2P communication in TDD CDMA communication systems”, **US Patent Application 10/557,967**, **Qingli JIA, Li SUN, Xuejun ZHANG**, „Method and system for establishing wireless peer-to-peer Communications”, **US 10/547**, propun arhitecturi P2P de colaborare între mobile folosind legături orizontale, dar se preocupă fie de rutarea apelurilor

RO 130288 B1

1 prin vecini, fie de eliminarea interferenței pe legătura verticală, fie metode de estimare
constituire a grupurilor fără legături orizontale. În niciunul dintre cazuri nu se consideră starea
3 de putere a legăturii verticale, coroborarea timpilor de acces între terminale, utilizarea MPTCP,
precum în invenția de față.

5 Sistemul conform prezentei invenții permite optimizarea energetică pentru multe
dispozitive, și este complementar lucrărilor existente. Acesta oferă cele mai mari avantaje
7 aplicațiilor care trimit date (aproape) continuu, cum ar fi cele de redare audio și video, precum
și navigarea pe web. Aceste aplicații sunt foarte populare în rândul utilizatorilor telefoanelor
9 mobile, dar nu sunt susținute prin serviciile existente.

11 Dincolo de energie, sistemul conform prezentei invenții reduce semnificativ impactul
întârzierilor tranzițiilor de stare, și reduce consumul pentru semnalizare -conform cunoștințelor
noastre, sistemul nostru este primul care reduce în același timp consumul de energie, timpul
13 RTT și costul de semnalizare pentru legăturile celulare.

15 Ideea de bază a sistemului conform prezentei invenții este utilizarea oportunistă a
legăturilor altor dispozitive, iar această idee nu este nouă: Shair propune utilizarea minutelor
și mesajelor gratuite ale altor utilizatori de telefonie mobilă prin intermediul conectivității locale
17 [18]. Recent, s-a propus folosirea legăturilor 3G inactive pentru a depăși limitările lățimii de
bandă ale legăturilor de acces [19]. Sistemul conform prezentei invenții este similar ca spirit
19 rețelei britanice de telecomunicații FON [20], în care utilizatorii partajează legăturile DSL prin
intermediul WiFi.

21 Prezenta invenție își propune să asigure o soluție pentru a rezolva problema tehnică de
diminuare a deficiențelor conexiunilor celulare. Soluția conform prezentei invenții nu se aplică
23 dispozitivelor individuale, ci mai degrabă grupurilor de dispozitive mobile. Partajarea în sistemul
conform prezentei invenții este mult mai dinamică, iar câștigurile depășesc conectivitatea de
25 bază facilitată de FON, prin reducerea consumului de energie și a întârzierii.

27 Sistemul conform prezentei invenții permite o optimizare cheie: centralizarea întregului
trafic al unui set de dispozitive pe cât mai puține legături celulare. Centralizarea crește eficiența
energetică a legăturilor în utilizare activă, permițând altor legături să intre în starea de inac-
29 tivitate, economisind astfel energie. Legăturile active se vor menține în permanență, asigurând
timpul dus-întors minimi prin reducerea numărului de tranziții de stare.

31 Într-un prim aspect al său, prezenta invenție asigură o metodă de conectare celulară cu
consum redus de energie și costuri reduse, cuprinzând etapele de:

33 - configurare a unui grup de dispozitive mobile în care cel puțin unul dintre dispozitive
prezintă o conexiune celulară;

35 - configurarea unor legături WiFi sau Bluetooth între dispozitivele mobile din grupul
menționat;

37 - partajarea în mod dinamic a acelei cel puțin o conexiune celulară între dispozitivele
mobile din grupul menționat;

39 - utilizarea de către dispozitivele mobile din grupul menționat a acelei cel puțin o legătură
celulară partajată pentru trimiterea sau primirea de trafic, posibil în paralel cu propria legătură
41 celulară.

43 Conform unor aspecte preferate, metoda conform invenției cuprinde următoarele
caracteristici, luate individual sau în combinație:

45 - dispozitivele mobile din grupul menționat asigură mai multe legături celulare, și în care
metoda poate cuprinde centralizarea traficului pe o singură legătură celulară, utilizând protocolul
MPTCP, lăsând celelalte legături în stare de inactivitate;

RO 130288 B1

- partajarea în mod dinamic a acelei cel puțin o conexiune celulară între dispozitivele mobile din grupul menționat poate fi realizată permanent sau numai atunci când se află în starea de consum ridicat de putere, algoritmul implicit de partajare constând în anunțarea de către un dispozitiv din grup a legăturii sale atunci când unul dintre propriile pachete părăsește interfața, și interfața nu este deja partajată; 1
3
5
- anunțarea legăturii de către dispozitivul menționat include un timp de expirare t care indică dispozitivelor partenere din grup când să oprească transmiterea traficului prin intermediul legăturii sale, timpul t fiind egal cu valoarea temporizărilor specifice DCH și FACH setate de operatorul mobil. 7
9
- Metoda implică utilizarea unui algoritm de reciprocitate pe termen scurt, prin care fiecare dispozitiv va dispune de un contor de evidență pentru fiecare vecin, indicând de câte ori permite vecinului să folosească legătura sa fără a oferi nimic în schimb; 11
- toate dispozitivele din grup acordă prioritate propriului trafic față de cel al vecinilor, implementarea prioritizării pentru traficul pe legătura ascendentă fiind realizată printr-o coadă de priorități, iar pe legătura descendentă prin prioritizare în rețeaua celulară sau de către furnizorul de servicii. 13
15
- Metoda poate fi utilizată: la fața locului de către utilizatorii dispozitivelor mobile dintr-un grup care au încredere reciprocă, atunci când protocolul MPTCP este disponibil la toate serverele din Internet, fără să fie necesar un proxy; printr-un serviciu furnizor, unde utilizatorii se vor înregistra folosind un cod unic de identificare; printr-un serviciu acceptat de operator, pre-instalat pe dispozitivele mobile, în acest caz nefiind necesară nicio înregistrare specială, deoarece utilizatorul are o identitate unică dată de SIM, și o cheie secretă comună cu operatorul. 17
19
21
23
- Metoda include contabilizarea pe termen lung a cantității de date pe care o trimite sau primește fiecare dispozitiv mobil prin intermediul legăturii altui dispozitiv din grup, aceasta fiind realizată prin folosirea unui sistem de chei publice prin care atât dispozitivul care generează datele, cât și cel care le transportă semnează pachetele cu cheile private respective, astfel încât serviciul furnizor/operator poate contoriza în mod sigur contribuția și exploatarea de către fiecare dispozitiv. 25
27
29
- Într-un alt aspect al său, prezenta invenție asigură un sistem de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, implementând metoda prezentată mai sus. Sistemul conform invenției cuprinde: 31
- un grup de dispozitive mobile în care cel puțin unul dintre dispozitive prezintă o conexiune celulară; 33
- mijloace pentru asigurarea unor legături WiFi sau Bluetooth între dispozitivele mobile din grupul menționat; 35
- mijloace pentru partajarea în mod dinamic a acelei cel puțin o conexiune celulară între dispozitivele mobile din grupul menționat; 37
- utilizarea de către dispozitivele mobile din grupul menționat a acelei cel puțin o legătură celulară partajată pentru trimiterea sau primirea de trafic. 39
- Conform unor aspecte preferate, sistemul conform invenției cuprinde următoarele caracteristici, luate individual sau în combinație: 41
- dispozitivele mobile din grupul menționat asigură mai multe legături celulare, și în care este utilizat protocolul MPTCP pentru a putea centraliza traficul pe o singură legătură celulară, lăsând celelalte legături în stare de inactivitate; 43
45

RO 130288 B1

1 - mijloacele de partajare în mod dinamic a acelei cel puțin o conexiune celulară între
dispozitivele mobile din grupul menționat asigură o partajare permanentă sau numai atunci când
3 se află în starea de mare putere, algoritmul implicit de partajare constând în anunțarea de către
un dispozitiv din grup a legăturii sale atunci când unul dintre propriile pachete părăsește
5 interfața, și interfața nu este deja partajată;

- dispozitivul menționat din grup își anunță legătura, iar după un timp de expirare *f* indică
7 dispozitivelor pereche din grup când să oprească transmiterea traficului prin intermediul legăturii
sale, perioada de anunțare fiind egală cu valoarea cronometrului cozii al operatorului mobil;

9 - sistemul utilizează un algoritm de reciprocitate prin care fiecare dispozitiv din grup va
dispune de un contor de evidență pentru fiecare vecin, indicând de câte ori permite vecinului
11 să folosească legătura sa fără ca acesta să ofere nimic în schimb;

- toate dispozitivele din grup acordă prioritate propriului trafic față de cel al vecinilor,
13 implementarea prioritizării pentru traficul pe legătura ascendentă fiind realizată printr-o coadă
de priorități, iar pe legătura descendentă prin formare;

15 - prioritizarea traficului este implementată printr-un mijloc de monitorizare (watchdog)
care verifică dacă performanțele sunt acceptabile la folosirea unui dispozitiv vecin;

17 - sistemul poate fi implementat: la fața locului de către utilizatorii dispozitivelor mobile
dintr-un grup, care au încredere reciprocă atunci când protocolul MPTCP este rulat în întregime
19 prin intermediul Internetului, fără să fie necesar un proxy; printr-un serviciu furnizor, unde
utilizatorii se vor înregistra folosind un cod unic de identificare; printr-un serviciu acceptat de
21 operator, pre-instalat pe dispozitivele mobile, în acest caz nefiind necesară nicio înregistrare
specială, deoarece utilizatorul are o identitate unică dată de SIM, și o cheie secretă comună cu
23 operatorul;

- sistemul include mijloace pentru contabilizarea cantității de date pe care o trimite sau
25 primește fiecare dispozitiv mobil prin intermediul legăturii altui dispozitiv din grup, fiecare
dispozitiv adăugând pachetelor pe care le transmite un cod de autentificare a mesajului.

27 Alte obiective și caracteristici avantajoase ale prezentei invenții vor reieși din lecturarea
descrierii detaliate a unui exemplu preferat de realizare a invenției, prezentat cu titlu ilustrativ,
29 și nu limitativ, cu referire la figurile anexate, în care:

31 - fig. 1 prezintă într-o formă schematică ideea de bază a invenției, în care dispozitivele
mobile din apropiere partajează reciproc conexiunile celulare prin intermediul legăturilor WiFi
sau Bluetooth, în lățime de bandă redusă, cu RTT mare;

33 - fig. 2 prezintă un grafic pentru un model de consum de energie 3G pentru telefonul
Samsung Galaxy Nexus în rețea, trimițând și primind 5 pachete ICMP de 1000 octeți fiecare;

35 - fig. 3a-3c prezintă grafice pentru consumul de energie al unui telefon Samsung Galaxy
Nexus care generează trafic la rate diferite, prin intermediul interfețelor wireless diferite;

37 - fig. 4 prezintă o comparație a eficienței de transmisie între WiFi, 3G și Bluetooth; datele
sunt obținute pe baza măsurărilor prezentate în fig. 3(b) și 3(c);

39 - fig. 5a și 5b prezintă o comparație a traficului între telefoanele independente și sistemul
conform invenției, care centralizează traficul pe o singură legătură, reducând consumul de
41 energie și întârzierea;

- fig. 6 prezintă rezultatele simulării pentru sistemul conform invenției, cu număr variabil
43 de dispozitive și trei clase de aplicații;

- fig. 7 prezintă grafice în care cronometrul cozii schimbă energia dispozitivului pentru
45 semnalizare și RTT reduse (trafic similar web-ului);

- fig. 8 prezintă distribuția consumului de energie pentru o sesiune de redare în flux de
47 5 min;

- fig. 9 prezintă o configurație experimentală a sistemului conform invenției.

RO 130288 B1

Așa cum se poate vedea din fig. 1, ideea care stă la baza prezentei invenții este foarte simplă: dispozitivele mobile din apropiere trebuie pur și simplu să partajeze reciproc conexiunile celulare prin intermediul legăturilor WiFi sau Bluetooth. De îndată ce dispozitivul A utilizează propria legătură, legătura va efectua tranziția la starea de mare putere la care timpul dus-întors este scurt, iar consumul de energie este mare. În acest moment, dispozitivul va anunța această legătură dispozitivelor pereche. În timp ce oferta este activă, dispozitivele din apropiere care doresc să trimită trafic se pot folosi de conexiunea dispozitivului A. În acest fel vor avea un timp dus-întors mai scurt, și vor evita intrarea în regimul de energie ridicată. Dispozitivele partajează pe rând propria legătură pentru a asigura că împart costurile de conectivitate în mod echitabil în cadrul întregului sistem conform prezentei invenții. Este ușor de văzut de ce această soluție va funcționa atât timp cât cantitatea de trafic în sistem este suficient de mică, un singur dispozitiv suportând costurile de conectivitate la rețea.

Implementarea ideii de bază este mai complicată. Traficul dispozitivelor mobile trebuie să fie condus spre unul dintr-un set de schimb dinamic de legături celulare. În cazul în care o conexiune TCP este de lungă durată, migrarea de la o legătură la alta nu este posibilă, iar conexiunea se va întrerupe. Pentru a evita aceste probleme, folosim noul protocol standard pe căi multiple [Ford, C. Raiciu, M. Handley și B. Bonaventure, „TCP extensions for Multipath Operation with Multiple Addresses”, rfc6824, IETF, 2013], care permite migrația optimă a conexiunilor de-a lungul legăturilor, precum și utilizarea legăturilor multiple pentru o singură conexiune. Pentru traficul în timp real, se fac, de asemenea, eforturi de standardizare, un exemplu fiind protocolul MPRTP [V. Singh, T. Karkkainen, J. Ott, S. Ahsan și L. Eggert, „Multipath RTP (MPRTP)”, ianuarie 2013], care ar putea fi valorificate.

Partajarea de legături celulare ar putea duce la un consum inegal de energie, la facturi mai mari și la securitate deficitară. Prezenta invenție implementează o politică simplă de reciprocitate, care asigură echitatea energetică. Pentru a evita problema facturilor, prezenta invenție propune un sistem care doar măsoară tot traficul trimis de fiecare utilizator prin intermediul vecinilor săi și în numele vecinilor săi. Măsurătorile pot fi folosite pentru a supune la plată sau compensa utilizatorii în consecință. Tehnicile standard pot fi folosite pentru a rezolva problemele de securitate.

Sistemul conform prezentei invenții a fost implementat prin simulare și în practică pe telefoane Samsung Galaxy Nexus.

Cu referire la fig. 2, simulările arată că sistemul conform prezentei invenții este foarte robust, echitabil și oferă beneficii pentru o gamă largă de modele de trafic. Experimentele noastre practice demonstrează că aplicațiile reale pot beneficia foarte mult ca urmare a utilizării sistemului conform prezentei invenții: ascultarea posturilor de radio online implică un consum de energie cu 25% mai mic într-un sistem conform prezentei invenții cu două dispozitive, iar descărcarea de pe pagini web tipice este în medie cu 1,2 s mai rapidă, respectiv cu 4,2 mai rapidă în percentila 90. Descărcarea aplicațiilor mobile este, de asemenea, mai rapidă, timpii necesari scăzând cu o treime.

În continuarea prezentei descrieri vom discuta proprietățile de bază ale tehnologiilor radio utilizabile pe dispozitivele mobile de astăzi (celulare, WiFi și Bluetooth), încercând să înțelegem modul în care asigură modelele de trafic ale aplicațiilor comune.

Legăturile celulare, cum ar fi 3G și LTE, sunt disponibile pe scară largă din punct de vedere geografic, fiind interfața implicită a dispozitivelor. Consumul de energie depinde de starea legăturii conectate: atunci când legătura este inactivă, consumul de energie este aproape de zero. Atunci când dispozitivul trebuie să transmită sau să primească un singur pachet de dimensiuni tipice (de exemplu, 1KB), va trece într-o stare de mare putere. Tranziția durează

RO 130288 B1

1 câteva secunde și este costisitoare sub aspect energetic din cauza semnalizării cu stația de
bază. Pentru a amortiza costul pentru multe pachete, soluția folosită în practică este ca
3 dispozitivul mobil să rămână în starea de mare putere pentru o durată de timp predefinită, după
ce ultimul pachet a fost trimis (5...10 s, în funcție de operator). Când traficul trimis este redus,
5 această coadă irosește energie valoroasă, consumând bateriile.

Pentru a înțelege importanța acestui lucru în practică, fig. 2 ilustrează puterea absorbită
7 de un telefon mobil Samsung Galaxy Nexus în timp ce trimite un val de patru pachete ping
consecutive printr-o rețea 3G. Regiunile de pe grafic etichetate A, B, C, și D corespund: traie-
9 ctoriei ascendente spre starea de mare putere INACTIVITATE → FACH (canal de transmitere)
→ CELL-DCH (DCH pe scurt- canal dedicat), menținerii în stare DCH pentru un interval de timp
11 de inactivitate, și traectoriei descendente din nou spre starea de INACTIVITATE.

Toate transferurile relevante sunt efectuate în starea DCH de mare putere, prezentată
13 ca regiunea B. Tranziția spre această stare durează aproximativ 2,32 s pentru traiectoria
ascendentă (regiunea A), și 7,36 s pentru traiectoria descendentă (regiunile C și D) pentru acest
15 operator 3G. Suma acestor valori pare să varieze ușor în funcție de oră, dar rămâne aproximativ
în regiunea 5...10 s. Lungimea regiunii B depinde de cantitatea de date care urmează să fie
17 transmise, iar în cazul de față se folosește un cronometru de inactivitate de 400 ms, dar acesta
nu se vede în figură. Rețelele LTE se comportă similar. Există diferențe cantitative, deși
19 consumul total de energie este mai mare, de ordinul 1...4 W, în timp ce timpul de stabilire este
puțin mai mic, între 0,5 și 1 s în practică [J. Huang, F. Qian, A. Gerber, Z. M. Mao, S. Sen și
21 O. Spatscheck, „A close examination of performance and power characteristics of 4g
lte networks”, Rapoartele celei de a 10-a conferințe internaționale privind sMerneJe,
23 aplicațiile și serviciile de telefonie mobilă, MobiSys '12 (New York, NY, SUA), pp. 225-238,
ACM, 2012].

25 Acest comportament are două implicații esențiale pentru traficul interactiv: în primul
rând, după o pauză, telefonul mobil trebuie să aștepte pe parcursul timpului de stabilire de
27 2,32 s înainte de a trimite orice trafic, și, în al doilea rând, să piardă aproximativ 3004 mJ de
energie, să reducă activitatea (regiunile C și D). În plus, orice cantitate de trafic, cu o perioadă
29 de mai puțin de 5...7 s, va menține probabil interfața radio în starea de consum ridicat, indiferent
de rata reală de transfer.

31 De fapt, consumul de putere tinde să aibă un răspuns destul de uniform la creșterea
traficului. Dincolo de un anumit timp între sosiri, interfața 3G rămâne în starea de mare putere,
33 iar variațiile de consum depind numai de costul mutării datelor în stivă (stack). Confirmăm acest
lucru cu ajutorul măsurătorilor din fig. 3(a), care coroborează valoarea puterii măsurate în faza
35 B din graficul anterior: costul stării DCH + costul aplicației + costul de stivă al rețelei.

Legăturile WiFi oferă un debit mai bun decât omoloagele celulare, dar acoperirea lor
37 este neuniformă. Cele mai multe telefoane utilizează permanent modul economic 802.11 în
scopul întreruperii alimentării interfeței atunci când traficul care urmează să fie transferat este
39 scăzut, consumul de energie în cazul WiFi fiind proporțional cu rata de trafic. Fig. 3(b) reprezintă
grafic consumul de energie pentru rate diferite, acesta fiind în cea mai mare parte liniar la rate
41 de peste 200 Kbps. O parte din liniaritatea curbei este dată de costul stivei de software, astfel
cum s-a prezentat recent [A. Garcia-Saavedra, P. Serrano, A. Banchs și G. Bianchi, „Energy
43 consumption anatomy of 802.11 devices and its implication on modeling and design”,
Rapoartele celei de a 8-a conferințe internaționale privind experimentele și tehnologiile
45 emergente de creare a rețelelor, CoNEXT '12, New York, SUA), pp. 169-180, ACM, 2012].

Legăturile Bluetooth (3.0 pentru telefoanele noastre) sunt disponibile numai la câțiva
47 metri și oferă mai puțin de 2 Mbps în testele noastre. Pe de altă parte, prezintă o curbă a
consumului de energie care este liniară cu debitul obținut (fig. 3(c)).

RO 130288 B1

Pentru a sublinia diferența de modele de consum de energie între cele trei interfețe radio, în fig. 4 reluăm datele măsurate pentru a demonstra eficiența măsurată în Mbit/J. Eficiența nu se mărește pentru toate cele trei tehnologii din cauza amortizării. În cazul 3G, capătul aferent cozii este folosit mai eficient odată cu creșterea traficului, atunci când sunt gestionați mai mulți biți cu același cost. Pentru tehnologiile Bluetooth și WiFi, alimentarea circuitelor necesită proporțional mai mult decât stiva de software - în fig. 3(b) și 3(c) linia nu trece de fapt prin 0. Trebuie remarcat că, la rate mai mici, eficiența 3G este mult mai scăzută, din cauza setării ridicate a cronometrului de inactivitate în stările DCH și FACH. Dincolo de 750 Kbps, tehnologia WiFi este mai eficientă decât Bluetooth.

Pe scurt, cele trei tehnologii radio utilizabile pe dispozitivele mobile în prezent au capacități, modele de consum de energie și rapoarte ale performanțelor foarte diferite. Proprietățile acestora sunt sintetizate în tabelul de mai jos:

	3G	Bluetooth	WiFi
Rată TCP date	2,5 Mbps	1,8 Mbps	21 Mbps
Energie	3004 mJ	0	0
RTT	90-180 ms	10 ms	2 ms
Timp stabilire	1,1-2,3 s	0s	0,1s (model PS)

Aplicațiile mobile se clasifică în două categorii mari. Aplicațiile de fundal se sincronizează periodic cu serverele, au rate scăzute și irosec energie din cauza cronometrului cozii. Optimizarea consumului de energie pentru astfel de aplicații este un domeniu activ de cercetare, cu mai multe soluții propuse [F. Qian, Z. Wang, A. Gerber, Z. M. Mao, S. Sen și O. Spatscheck, „Characterizing radio resource allocation for 3g networks”, Rapoartele celei de a 10-a conferințe ACM SIGCOMM privind măsurarea Internetului, IMC '10 (New York, NY, SUA), pp. 137-150, ACM, 2010, sau F. Qian, Z. Wang, A. Gerber, Z. M. Mao, S. Sen și O. Spatscheck, „Top: Tail optimization protocol for cellular radio resource allocation”, Rapoartele celei de a 18-a conferințe internaționale IEEE (Institutul de Inginerie Electrică și Electronică) privind protocoalele de rețea, ICNP'10, (Washington, DC, SUA), pp. 285-294, IEEE Computer Society, 2010, sau N. Balasubramanian, A. Balasubramanian și A. Venkataramani, „Energy consumption in mobile phones: a measurement study and implications for network applications”, Rapoartele IMC, ACM, 2009, sau A. Schulman, V. Navda, R. Ramjee, N. Spring, P. Deshpande, C. Grunewald, K. Jain și V. N. Padmanabhan, „Bartendr: a practical approach to energy-aware cellular data scheduling”, Rapoartele Mobicom, ACM, 2010].

Aplicațiile interactive pot fi clasificate în alte trei categorii: redare în flux (VOIP, radio, jocuri on-line, redare video în flux), navigare pe web și descărcări de aplicații.

Aplicațiile de redare în flux folosesc legăturile celulare în mod ineficient, deoarece acestea consumă puțină lățime de bandă (zeci până la sute de Kbps) și au timpi scurți între sosiri de pachete (o secundă sau mai puțin). Navigarea pe web este, de asemenea, periodică: un val de trafic la descărcarea unei pagini determină o coadă costisitoare de energie, care apoi este urmată de o pauză relativ scurtă, care permite interfeței radio să intre în starea de INACTIVITATE. Când sosește următorul val, trebuie să aștepte câteva secunde tranziția de stare. În cele din urmă, descărcările de aplicații folosesc viteza maximă a interfeței celulare pentru perioade scurte de timp. Aici sunt de preferat viteze de descărcare mai mari, dar utilizatorii sunt limitați de capacitatea celulară.

RO 130288 B1

1 Rularea acestor aplicații prin legături celulare conduce la costuri energetice mari și la
performanțe generale slabe. În mod ideal, am vrea să rulăm toate aceste aplicații prin legături
3 similare WiFi, care asigură proporționalitatea energiei și viteze mari, dar astfel de legături nu
sunt disponibile tot timpul.

5 Prezenta invenție își propune așadar să asigure o soluție care să reducă energia
celulară consumată, îmbunătățind, în același timp, experiența interactivă. O astfel de soluție
7 poate fi aplicabilă în prezent, și nu necesită investiții masive de infrastructură, cum ar fi
acoperirea WiFi omniprezentă.

9 Constatările cheie obținute în urma măsurătorilor noastre menționate în paragrafele
anterioare sunt după cum urmează:

11 - legăturile celulare facilitează experiențe interactive optime doar în cazul stării de mare
putere. În timp ce se află în această stare, acestea folosesc aceeași energie, indiferent de
13 volumul de trafic;

15 - de cele mai multe ori, aplicațiile mobile comune nu folosesc legăturile celulare la
întreaga capacitate;

- legăturile WiFi și Bluetooth garantează proporționalitatea puterii și întârzieri mici.

17 Așa cum este prezentat în fig. 5, sistemul conform prezentei invenții centralizează
traficul pe o singură legătură, reducând consumul de energie și întârzierea. Energia consumată
19 de traficul efectiv este reprezentată cu bare roșii și negre, iar energia irosită este reprezentată
cu gri.

21 Luate împreună, aceste constatări sugerează o soluție evidentă: putem rezolva
problemele conexiunilor celulare prin reunirea dispozitivelor mobile apropiate pentru a forma
23 un sistem de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse. Sistemul
conform prezentei invenții permite dispozitivelor să utilizeze conexiunea celulară ale celorlalte
25 dispozitive prin transmiterea traficului prin legături WiFi sau Bluetooth mai puțin costisitoare.
Folosind sistemul conform prezentei invenții, dispozitivele pot partaja în mod dinamic
27 conexiunile celulare restului grupului lor pentru o perioadă anunțată. În timp ce anunțul este
valabil, dispozitivele vecine au posibilitatea de a alege între utilizarea propriei legături și
29 utilizarea legăturii partajate pentru trimiterea sau primirea de trafic.

31 Sistemul conform prezentei invenții permite dispozitivelor să centralizeze traficul pe o
singură legătură celulară, reducând atât consumul de energie, cât și întârzierile la nivelul tuturor
dispozitivelor. Centralizarea apropiate legăturile celulare mai mult de punctul lor optim de
33 funcționare: o legătură va fi extrem de solicitată, în timp ce altele vor fi inactive.

35 Conceptul este prezentat în fig. 5. Utilizatorul negru ascultă radio pe Internet, în timp ce
utilizatorul roșu navighează pe web. Separat, ambii utilizatori își mențin legăturile celulare
ocupate în cea mai mare parte a timpului (fig. 5.a), în ciuda frecvenței scăzute de date. În plus,
37 utilizatorul roșu înregistrează întârzieri mari la accesarea fiecărei pagini, deoarece legătura sa
trebuie să facă tranziția de la starea de INACTIVITATE la cea de DCH. Prin centralizarea
39 traficului pe o singură legătură, putem lăsa celelalte legături în stare de INACTIVITATE tot
timpul; astfel, consumul total de energie este redus la aproximativ jumătate. Mai mult,
41 întârzierea cu care se confruntă utilizatorul scade, deoarece tranzițiile de stare sunt, de cele mai
multe ori, inutile.

43 Dispozitivele mobile utilizează protocolul TCP pe căi multiple (Multipath) pentru a
conduce în mod dinamic traficul pe o legătură sau un subset de legături disponibile. Într-adevăr,
45 sistemul conform prezentei invenții adună laolaltă legăturile celulare, permițând multe căi de
optimizare. Modul cel mai simplu de optimizare este prin lățimea de bandă: un dispozitiv poate
47 utiliza lățimea de bandă a unui vecin, atunci când acesta din urmă nu o folosește, sporind astfel
viteza de descărcare, și îmbunătățind experiența utilizatorului. În continuarea acestui capitol
49 vom descrie în detaliu modul de funcționare a sistemului conform prezentei invenții.

RO 130288 B1

Pentru a folosi sistemul de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform prezentei invenții, utilizatorul trebuie să se conecteze mai întâi la alte dispozitive din apropiere. Există o serie de tehnologii care se pot utiliza în acest scop: 1

- WiFi ad-hoc este tehnologia preferată, deoarece favorizează funcționarea cu dispozitive pereche în adevăratul sens al cuvântului, și garantează viteze mari; din nefericire, driverele WiFi pentru mobile nu acceptă tehnologia ad-hoc; 3
- Bluetooth este următoarea opțiune: este eficientă energetic, însă acceptă doar conexiuni punct-la-punct (point-to-point), așadar, va fi dificilă crearea unor grupuri mari de dispozitive din cauza numărului mare de conexiuni necesare. În plus, Bluetooth are viteze relativ mici, iar conectarea necesită contribuția utilizatorului: utilizatorii vor trebui să-și dea consimțământul în mod explicit atunci când dispozitivul dorește să formeze un sistem conform prezentei invenții, cu un dispozitiv necunoscut; 7
- modul hotspot WiFi (sau WiFi direct) în care un dispozitiv acționează ca punct de acces, iar celălalt drept client. Acest mod este recunoscut pe scară largă, și oferă viteze mari. Dezavantajul constă în caracterul asimetric al configurației, dat fiind că punctul de acces va consuma mai multă putere (200 mW pe Galaxy Nexus). 9

Odată ce dispozitivul s-a conectat la un sistem conform prezentei invenții, poate partaja conexiunea celulară altor dispozitive. O opțiune simplă este partajarea permanentă a conexiunii, dar acest lucru poate consuma rapid bateria dispozitivului. O opțiune mai bună este partajarea legăturii numai atunci când se află în starea de mare putere; în acest fel energia suplimentară consumată pentru a transmite traficul vecinului este foarte mică, iar traficul va înregistra întârzieri scăzute. Algoritmul implicit de partajare constă în anunțarea de către dispozitivul A a legăturii sale atunci când unul dintre propriile pachete părăsește interfața, și interfața nu este partajată deja. Anunțarea dispozitivului A include un timp de expirare t care indică dispozitivelor pereche când să oprească transmiterea traficului prin A. 11

Alegerea lui t afectează performanța sistemului conform prezentei invenții; un t mai redus implică o semnalizare mai intensă, necesară pentru anunțuri, și poate conduce, de asemenea, la comutări de trafic frecvente între dispozitive, anulând astfel economisirea de energie pe care sistemul conform prezentei invenții o poate oferi. De aceea folosim o perioadă de anunțare egală cu valoarea cronometrului cozii al operatorului mobil. Această valoare este cea mai mare care poate garanta că legătura se va afla întotdeauna în starea de mare putere la utilizarea de dispozitive pereche. Partajarea unei legături în INACTIVITATE ar fi un lucru negativ: înseamnă irosirea unei tranziții de stare, și generează o întârziere crescută. 13

Algoritmul implicit de anunțare poate conduce la inechitate: în multe cazuri, întregul sistem de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse va ajunge să folosească legătura unui singur dispozitiv. Mai mult, este foarte simplu ca un dispozitiv să profite de resursele altor dispozitive, subminând sistemul conform prezentei invenții. Pentru a stimula dispozitivele să partajeze legăturile, adoptăm un algoritm simplu de reciprocitate: fiecare dispozitiv va dispune de un contor de evidență pentru fiecare vecin, indicând de câte ori permite vecinului să folosească legătura sa fără ca acesta să ofere nimic în schimb. Valoarea contorului descrește când vecinul folosește legătura într-o perioadă de anunțare, și crește când dispozitivul folosește una dintre legăturile anunțate de vecin. Când contorul ajunge la zero, legătura nu mai este anunțată. Valoarea inițială a contorului trebuie să fie pozitivă și reprezintă un parametru al algoritmului. Valorile mai mari sunt mai eficiente din punct de vedere energetic, deoarece reduc necesitatea comutării între legături; în același timp, pot crea, pe termen scurt, 15

RO 130288 B1

1 o lipsă de echitate în utilizarea legăturii. Pentru optimizarea traficului, fiecare dispozitiv are o
listă de legături valide anunțate, pe care le poate folosi pentru a optimiza diferiți parametri, după
3 cum urmează:

5 - economisirea energiei: dispozitivele trimit întotdeauna trafic prin legăturile anunțate;
acestea folosesc propria legătură doar atunci când nu sunt disponibile alte legături. Aceasta
constituie strategia implicită;

7 - maximizarea lățimii de bandă: dispozitivele folosesc toate legăturile anunțate, precum
și propria legătură, în încercarea de a maximiza debitul primit;

9 - minimalizarea timpului dus-întors (RTT): strategia de economisire a energiei va reduce,
de asemenea, RTT, deoarece legăturile anunțate sunt intenționate în starea de mare putere,
11 ceea ce conduce la timpi dus-întors scurți. Cu toate acestea, legătura „locală” folosită pentru
a ajunge la vecin adaugă, de asemenea, milisecunde prețioase timpului dus-întors; dispozitivele
13 care tind spre RTT cel mai redus ar putea să prefere propria legătură în starea DCH în locul
legăturilor anunțate.

15 Când dispozitivul A dorește să folosească legătura vecinului B, acesta va ruta pur și
simplu pachetele prin intermediul legăturii „locale” spre B, B va primi pachetele prin legătura
17 locală, va schimba adresa și portul sursă (adică NAT - translatarea adresei de rețea), și le va
plasa pe legătura sa celulară. Traficul de întoarcere care ajunge la B va fi supus procesului
19 (invers) NAT, apoi va fi transmis la A. De fapt, B se comportă ca un punct de acces WiFi pentru
mobile în relația cu A - și acest lucru este deja facilitat de cele mai multe platforme gata de func-
21 ționare, destinate mobilelor. Noile conexiuni TCP vor funcționa perfect prin intermediul noii
legături, fără ca aplicațiile să trebuiască să știe legătura cu ajutorul căreia este transmis traficul
23 lor. Cu toate acestea, conexiunile care durează mai mult decât perioada de anunțare vor fi
anulate pur și simplu, deoarece acestea sunt atașate adresei IP a legăturii celulare anunțate.
25 Aceasta este o limitare fundamentală a TCP: odată ce se creează o conexiune, este atașată
adreselor punctelor finale. Dacă schimbăm adresele, conexiunea se va pierde. Deoarece 97%
27 din traficul mobil se desfășoară prin intermediul TCP [10], și conexiunile principale sunt de
durată, această limitare restricționează serios utilitatea sistemului conform prezentei invenții.

29 Se folosește noul protocol standard Multipath TCP (MPTCP). Protocolul de control al
transmisiei pe căi multiple este o versiune evoluată a TCP, care permite aplicațiilor nemodificate
31 să utilizeze mai multe căi de rețea într-o singură conexiune de transport. Conexiunile TCP pe
căi multiple sunt compuse din unul sau mai multe fluxuri secundare care apar sub forma
33 conexiunilor TCP obișnuite pe fir. În mod implicit, MPTCP va folosi toate fluxurile secundare
disponibile pentru a trimite date, favorizând legăturile care au rate de pierderi mai mici [D
35 **Wischik, C. Raiciu, A. Greenhalgh și M. Handley, „Design, implementation and evaluation
of congestion control for multipath tcp”, Rapoartele celei de a 8-a conferințe USENIX
privind proiectarea și implementarea sistemelor legate în rețea, NSDI '11, (Berkeley, CA,
37 SUA), pp. 8-8, USENIX Association, 2011].**

39 Cu MPTCP punctele finale pot adăuga și elimina fluxuri secundare în orice moment pe
durata conexiunii. Folosind această caracteristică, putem redirectiona orice conexiune (nouă
41 sau în curs) pentru a folosi legăturile celulare sau cele din apropiere, prin adăugarea de noi
fluxuri secundare. Pentru a conduce pachetele conexiunii prin intermediul noului flux secundar
43 există două opțiuni: putem închide fluxul celular secundar, sau putem anunța punctul final aflat
la distanță că fluxul secundar direct are prioritate mai redusă. Recurgem la cea de-a doua
45 opțiune, deoarece evită stabilirea și desființarea repetată a fluxurilor secundare prin legătura
celulară a dispozitivului.

RO 130288 B1

În mod implicit, toate fluxurile secundare transmise prin legătura dispozitivului sunt marcate ca având prioritate redusă atunci când sunt create. Fluxurile secundare rutate prin intermediul vecinilor sunt marcate diferit, în funcție de obiectivul optimizării.

În profilul de economisire a energiei, fluxurile secundare ale vecinilor sunt marcate ca având prioritate normală, astfel traficul le va prefera pe acestea în locul legăturilor directe; legăturile directe vor fi folosite numai atunci când toate legăturile vecinilor au parte în mod repetat de expirarea timpilor alocați.

În raport cu caracteristicile de lățime de bandă și RTT, toate fluxurile secundare vor fi marcate ca având prioritate redusă, tranziția între cele două moduri fiind realizată automat: dacă aplicația generează suficient trafic, vor fi utilizate toate fluxurile secundare, maximizând astfel lățimea de bandă; în caz contrar, planificatorul MPTCP va trimite pachetele prin fluxul secundar disponibil cu cel mai mic timp dus-întors.

Toate dispozitivele vor acorda prioritate propriului trafic față de cel al vecinilor, pentru a asigura experiența optimă a utilizatorului. Implementarea prioritizării pentru traficul pe legătura ascendentă este simplă, utilizându-se o coadă de priorități; pe legătura descendentă este necesară formarea. Prioritizarea poate conduce, în anumite cazuri rare, la o performanță slabă pentru utilizatorii sistemului care rutează prin intermediul vecinilor. Noi folosim un ceas de gardă (watchdog) simplu, care verifică dacă performanțele sunt acceptabile la folosirea unui dispozitiv vecin - în cazul în care nu sunt acceptabile, utilizatorul trece în modul de lățime de bandă, activând toate legăturile disponibile.

Pentru a implementa sistemul conform prezentei invenții, noul software trebuie să fie instalat pe dispozitivele mobile, alături de MPTCP și de codul de implementare a logicii sistemului. MPTCP este deja implementat și disponibil pe nucleul Linux, rulând pe dispozitivele Android. Sistemul nostru rulează, de asemenea, pe Android, și se bazează pe implementarea MPTCP. Protocolul TCP pe căi multiple nu este implementat încă, astfel încât serverele nu îl acceptă. Pentru implementarea sistemului conform prezentei invenții avem nevoie, de asemenea, de un proxy MPTCP care acționează drept MPTCP pentru dispozitive mobile, respectiv, drept TCP obișnuit pentru restul Internetului, astfel cum se sugerează în **C. Raiciu, D. Niculescu, M. Bagnulo și M. J. Handley, „Opportunistic mobility with multipath tcp”, Rapoartele celui de al 6-lea atelier internațional privind arhitectura sistemelor de telefonie mobilă, MobiArch '11, (New York, ACM, 2011.** Proxy este un sistem Linux standard pe care rulează MPTCP.

Există trei modalități majore prin care sistemul conform prezentei invenții poate fi implementat:

- o aplicație autonomă poate fi utilizată la fața locului de către utilizatorii care au încredere reciprocă atunci când MPTCP este rulat în întregime prin intermediul Internetului, fără să fie necesar un proxy;

- un serviciu furnizor de sistem conform prezentei invenții, disponibil în prezent, unde utilizatorii se vor înregistra folosind un cod unic de identificare, cum ar fi numărul de telefon sau numărul cărții de credit. Dispozitivul și furnizorul vor face schimb de chei publice, sau vor stabili o cheie secretă care va fi folosită pentru inițializarea contabilizării și securității;

- un serviciu acceptat de operator, pre-instalat pe toate dispozitivele. În acest caz nu este necesară nicio înregistrare specială, deoarece utilizatorul are o identitate unică (dată de SIM) și o cheie secretă comună cu operatorul. În ultimele două cazuri, furnizorul de sistem conform prezentei invenții va implementa un proxy în domeniul conectării cu fir, iar software-ul mobilului va fi pre-configurat pentru a ruta traficul prin acest server. În rețelele celulare, proxy-ul

RO 130288 B1

1 ar putea fi poarta de acces la Internet deja utilizată de către operator (acest sistem se numește
2 GGSN în terminologia celulară). Securitatea și contabilizarea sunt importante pentru implemen-
3 tarea reală, atunci când utilizatorii nu au încredere unul în celălalt. Vom discuta soluțiile posibile
mai jos.

5 Sistemul conform prezentei invenții rutează traficul prin intermediul vecinilor în care nu
avem încredere, și deschide noi căi de atac: vecinii pot viola intimitatea prin citirea traficului, pot
7 juca rolul unui server, sau pot introduce/schimba/șterge conținuturi în mod arbitrar, modificând
traficul. Traficul cu adevărat sensibil - tranzacții bancare online, e-mail, aplicații de socializare
9 și chiar și căutările - rulează deja prin HTTPS, astfel, folosind sistemul conform prezentei
invenții, nu se deschid noi căi de atac. Cu toate acestea, unii utilizatori pot să nu fie liniștiți cu
11 privire la rutarea oricărui trafic necriptat prin dispozitivele vecine în care nu au încredere.

13 Soluția pentru eliminarea acestor îngrijorări este evidentă: dispozitivele mobile vor folosi
cheile secrete partajate cu furnizorul de sistem, conform prezentei invenții, pentru a crea tuneluri
criptate spre proxy. Întregul trafic rutat prin dispozitivele învecinate va fi criptat în acest fel,
15 împiedicând intrușii să citească, să modifice sau să retransmită pachetele.

17 Un alt atac este cel de tip refuz serviciu: un dispozitiv rău-intenționat poate încerca să
împiedice un utilizator să folosească internetul, anunțând legături prin intermediul sistemului
conform prezentei invenții, și apoi refuzând să transmită traficul, sau efectuând transmisia la o
19 rată foarte scăzută. Mecanismul ceasului de gardă descris pentru prioritizare gestionează
aceste cazuri, forțând dispozitivul să utilizeze profilul de optimizare a lățimii de bandă, evitând
21 astfel vecinul rău-intenționat.

23 Un alt tip de atac este atacul Sybil [J. R. Douceur, „The sybil attack”, **Lucrările
revizuite ale primului atelier internațional privind sistemele pereche, IPTPS '01, Londra,
Regatul Unit, Regatul Unit, pp. 251-260, Springer-Verlag, 2002**]: un dispozitiv poate crea mai
25 multe „identități”, jucându-se cu strategia reciprocității, implementată de către sistemul conform
prezentei invenții. În principiu, materialele criptografice stocate pe fiecare dispozitiv pot fi folosite
27 pentru a evita astfel de atacuri - dar complexitatea poate să nu merite osteneala. Legăturile
locale folosesc identificatoare de dispozitive care oferă deja un anumit grad de protecție împo-
29 triva atacurilor Sybil. Este posibilă schimbarea MAC WiFi cu o NIC (placă de interfață cu
rețeaua) particularizată, dar falsificarea simultană a mai multor dispozitive este dificilă.
31 Identitățile Bluetooth pot fi schimbate, dar fiecare nouă conectare trebuie să fie aprobată manual
de către utilizator, reducând considerabil eficiența atacului.

33 Conexiunile celulare sunt costisitoare: majoritatea operatorilor percep utilizatorilor lor
taxe per-bit. Sistemul conform prezentei invenții permite utilizatorilor să își folosească reciproc
35 conexiunile; în mod implicit, acest lucru poate conduce la abuzuri, la creșteri ale facturilor și la
utilizatori nemulțumiți.

37 Strategia reciprocității pe care o folosim reduce într-o oarecare măsură monopolul
asupra lățimii de bandă, dar scopul său principal este de a asigura echitatea energetică mai
39 degrabă decât echitatea octeților. Reciprocitatea per-octet este simplu de implementat, dar
rezultatul ar fi un sistem extrem de restrictiv: utilizatorii ar trebui să ruleze aceleași aplicații în
41 același timp pentru a obține avantaje.

43 Prezentă invenție propune ca echitatea lățimii de bandă să nu fie pusă în aplicare deloc.
În schimb, sistemul conform prezentei invenții contabilizează cantitatea de date pe care o trimite
sau primește fiecare prin intermediul vecinilor. Aceste informații vor servi furnizorului pentru a
45 emite factura către utilizator în funcție de utilizare, după cum procedează furnizorii de servicii
celulare în ziua de astăzi.

RO 130288 B1

Implementarea contabilizării depinde de scenariul de rulare. În scenariul operatorului vrem doar să urmărim cantitatea de date trimise de un utilizator, indiferent de cine rutează datele. Această formă de contabilizare este deja implementată pentru conexiunile „directe”; tot ce trebuie să facem este să numărăm octeții transmiși de către alți utilizatori. Acest lucru ar trebui să fie simplu: operatorul poate pur și simplu număra octeții din tunelul utilizatorului, taxa utilizatorului și scădea suma corespunzătoare din contul aferent dispozitivului vecin.

Un furnizor de sistem conform prezentei invenții trebuie, de asemenea, să numere câți octeți a transmis fiecare utilizator pentru alți utilizatori. Tunelul este folosit pentru a atribui traficul titularului său (conform celor de mai sus); mai mult, dispozitivul de transmitere trebuie să-și atribuie meritul pentru traficul transmis. Acest lucru ar putea fi implementat solicitând fiecărui dispozitiv să adauge pachetelor pe care le transmite un cod de autentificare a mesajului.

Vom recurge la simulări pentru a înțelege proprietățile de bază ale sistemului de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform prezentei invenții, la parametri care nu pot fi controlați cu ușurință în practică. Vom demonstra experimental că aceste avantaje pot fi obținute pe dispozitive reale.

A fost pus în aplicare un simulator simplu în timp discret, care să gestioneze cererile de trafic periodice de la dispozitive. Pentru a reproduce consumul de energie 3G, simulatorul urmărește dacă un dispozitiv este în starea de mare putere; valoarea cronometrului cozii este dată ca valoare de intrare. Viteza legăturii celulare este setată la 2 Mbps. RTT se măsoară pentru fiecare cerere de trafic; acesta este setat la 2 s în cazul în care dispozitivul trebuie să efectueze tranziția la starea de mare putere, altfel fiind setat la 200 ms. În cele din urmă, simulatorul presupune că legăturile locale sunt perfecte, cu întârziere zero și lățime de bandă infinită. Simulatorul implementează, de asemenea, algoritmul reciprocității, și setează contorul inițial la cinci slot-uri.

Au fost concepute trei clase de aplicații. Prima clasă, redarea în flux, reprezintă aplicațiile de redare audio și video care trimit trafic la fiecare 2 s, menținând astfel legăturile celulare în permanență. Clasa a doua, navigarea pe web, are o perioadă mai mare, de 13 s (această valoare a fost aleasă prin realizarea profilului propriilor noastre obiceiuri de navigare). Cea de-a treia clasă este traficul de fundal, cum ar fi verificarea e-mail-ului, conceput cu o perioadă medie de 30 s.

Pentru a înțelege posibilele avantaje ale sistemului conform prezentei invenții, a fost variat numărul de dispozitive, și am rulat cele trei tipuri de aplicații descrise mai sus. În fig. 6(a) sunt indicate economiile de energie estimate pentru sistemul conform prezentei invenții; cifrele date reprezintă procentul de timp în care interfața 3G rămâne în starea de mare putere. Cel mai mult putem spera la o scădere a energiei invers proporțională cu numărul de dispozitive.

Redarea în flux menține conținuturile radio în permanență în cazul redării de un singur dispozitiv; în cazul redării de către două dispozitive în contextul unui sistem conform prezentei invenții, fiecare va economisi aproximativ 45% din energia 3G. Pe măsură ce sunt adăugate mai multe dispozitive în sistemul conform prezentei invenții, avantajele cresc potrivit estimărilor. O curbă similară se observă pentru traficul web; aici referința este de aproximativ 80%, deoarece redarea radio poate fi inactivă între două pagini. Constatăm că, pentru aceste două aplicații, chiar și un număr mic de dispozitive înseamnă enorm pentru consumul de energie. Dar lucrurile stau altfel pentru traficul de fundal; în cazul acesta, consumul de referință este de doar 30% și scade mai încet; cu trei dispozitive se menține la 24%.

Presupunând că densitatea dispozitivelor este suficient de ridicată, legăturile locale vor limita traficul la adăugarea mai multor dispozitive. Am făcut experimente cu două dispozitive Android fără nicio problemă. Asocierea a patru-cinci dispozitive este, cu siguranță, fezabilă pentru legăturile Bluetooth, atât timp cât rata totală a traficului este scăzută. Dincolo de aceasta,

RO 130288 B1

1 pot începe să domine alte costuri, cu reducerea randamentelor. Reținând acest lucru, devine
evident că sistemul conform prezentei invenții nu aduce multe avantaje pentru traficul de fundal:
3 mesajele sunt atât de rare, încât centralizarea nu este de prea mare ajutor, mai ales pentru un
număr mic de dispozitive. Prin urmare, activarea sistemului conform prezentei invenții are sens
5 doar când dispozitivul este pornit.

Tranzițiile de stare implică întârzieri mari pentru pachete; măsurătorile noastre arată că
7 această întârziere este de aproximativ 2 s pentru o serie de operatori, iar acest număr variază
în funcție de ora din zi. Odată ce interfața radio intră în starea de mare putere, întârzierile sunt
9 mult mai mici - de obicei de 100...200 ms. Am măsurat timpul RTT mediu înregistrat de fiecare
transfer pentru fiecare clasă de aplicații, rezultatele fiind cele prezentate în fig. 6(b). Timpul RTT
11 simulat scade de cinci ori pentru transferurile pe web cu trei dispozitive într-un sistem conform
prezentei invenții. Deoarece transferul pe web este limitat de RTT, această reducere este
13 semnificativă, îmbunătățind experiența utilizatorului. Traficul de fundal este mai puțin sensibil
la RTT, prin urmare, deși scăderea RTT este considerabilă, poate să nu conteze atât de mult
15 în practică. În cele din urmă, RTT crește ușor pentru aplicațiile de redare în flux, deoarece
sistemul conform prezentei invenții comută între legături diferite care vor trebui să facă trecerea
17 spre starea de mare putere. Cu un singur dispozitiv acest lucru nu este necesar, dat fiind că
legătura se menține permanent.

Măsurătorile noastre anterioare se concentrează asupra indicatorilor de performanță
19 centrați pe utilizator. De asemenea, trebuie înțeles modul în care sistemul conform prezentei
invenții afectează rețeaua, în special în ceea ce privește reducerea costurilor de semnalizare
21 între dispozitive și stația celulară de bază. Această semnalizare este un obiectiv de optimizare
important pentru operatori. În acest scop, în fig. 6(c) a fost măsurată frecvența tranzițiilor la
23 starea de mare putere indusă de cele trei categorii de aplicații. Traficul pe web și cel de fundal
induc o tranziție de fiecare dată când este trimis un pachet în cazul unui dispozitiv care
25 funcționează independent. Într-un sistem conform prezentei invenții, cu trei dispozitive, numărul
de tranziții este redus de zece ori pentru traficul pe web, respectiv, la jumătate pentru traficul
27 de fundal.

Redarea în flux va fi supusă unui număr mai mare de tranziții de stare cu sistemul con-
29 form prezentei invenții, pentru că, în loc să se mențină constant, legătura 3G cade atunci când
mobilul își centralizează traficul cu dispozitivele vecine.

Trebuie înțeles ce efect are cronometrul cozii asupra măsurătorilor cheie pentru utili-
33 zatori (energie) și rețea (semnalizare). Am variat cronometrul cozii de la 1 la 30 s, și am măsurat
aplicația web la rulare independentă și în grupuri de două sau trei dispozitive.

Cronometrul cozii oferă un raport între energie (fig. 7 (a)) și semnalizare, pe de o parte
35 (fig. 7 (c)), și RTT (fig. 7 (b)) pe de altă parte. Graficele arată cât de dificilă este alegerea unui
raport bun în ziua de astăzi: trebuie să optăm pentru semnalizare redusă (și întârziere) sau
37 energie scăzută, însă nu pentru ambele. Sistemul conform prezentei invenții schimbă spațiul
raportului respectiv stăpânind consumul de energie pentru valori mai mari ale cronometrului
39 cozii, reducând, în același timp, timpul RTT.

Comparând cronometrul cozii cu perioada de trafic web (13s) obținem alte constatări pe
41 baza acestor grafice. Când cronometrul cozii este foarte scăzut, traficul web beneficiază rar de
sistemul conform prezentei invenții, deoarece interfața radio va fi în starea de putere scăzută
43 cea mai mare parte a timpului. Pe măsură ce crește cronometrul cozii, legătura celulară se
menține mai mult, și acest lucru permite sistemului prezentei invenții să centralizeze traficul și
45 să obțină beneficii atât pentru energie, cât și pentru RTT. Pe măsură ce energia cozii depășește
13s, sistemul conform prezentei invenții îmbunătățește doar consumul de energie; nu mai există
47 avantaje de semnalizare sau RTT.

RO 130288 B1

Toate experimentele prezentate până acum s-au desfășurat pentru o perioadă lungă de timp (2 h); acest lucru a asigurat că toate măsurătorile de performanță au fost aproape identice peste toate dispozitivele. Contorul de reciprocitate reglementează numărul de situații în care un dispozitiv partajează conexiunea sa fără ca dispozitivul învecinat să partajeze conexiunea la rândul său. Pentru a înțelege modul în care acest parametru schimbă comportamentul sistemului conform prezentei invenții, am rulat aplicația de redare în flux pentru o perioadă scurtă de timp (5 min), cu valori diferite ale contorului. Rezultatele din fig. 8 arată că utilizarea valorilor mici ale contorului duce la un consum crescut de energie din cauza comutării frecvente între stările de putere și cronometrul cozii. Valori mai mari ale contorului rezultă într-o eficiență mai bună, dar conduc la inechitate: un singur dispozitiv poate suporta întregul cost al conectivității celulare la valori ridicate. Valorile de mai sus oferă randamente scăzute ale consumului mediu, dar cresc inechitatea. Aceasta este valoarea implicită utilizată în toate celelalte experimente ale noastre.

Interacțiunile dintre clasele de aplicații diferite. Acum vom analiza experimentele care implică niște clase diferite de aplicații, rezultatele fiind prezentate în tabelul de mai jos. Un rând de tabel indică o clasă de aplicație ce rulează într-un sistem conform prezentei invenții, de două dispozitive, cu o altă clasă de aplicație (coloană) sau într-un sistem conform prezentei invenții, cu trei dispozitive. Fiecare celulă prezintă intervalul de timp în care se menține interfața 3G referința fără sistemul conform prezentei invenții este, de asemenea, indicată pe fiecare rând. De exemplu, consumul de energie de fundal scade de la 30% la 21% la rularea într-un sistem conform prezentei invenții cu o aplicație web.

Cifrele indică faptul că aplicațiile combinate influențează rezultatele, dar nu semnificativ. De asemenea, economiile sunt împărțite între diferitele aplicații. După cum era estimat, clasa aplicațiilor de fundal se îmbunătățește cel mai puțin.

Clasă aplicație	Aplicație fundal	Web	Redare flux	Total
Aplicație fundal (30%)	25%	21%	21%	17%
Web (80%)	68%	49%	48%	41%
Redare în flux (100%)	78%	58%	54%	50%

Sistemul conform prezentei invenții a implementat folosind Bluetooth și WiFi ca legături locale. În primul rând am activat dispozitivele pentru a ruta perfect traficul dispozitivelor învecinate cu ajutorul mecanismelor Android pre-existente: am creat interfețe BNEP (protocol Bluetooth de rețea pentru încapsulare) folosind pand (1) din suita BlueZ (<http://www.bluez.org/>) disponibilă pe Android 4.1.2, și am folosit mecanisme normale de filtrare a pachetelor din rețea, pentru a ruta traficul și a efectua Network Address Translation.

Schema de centralizare a traficului și echitatea pe termen scurt au impus implementarea unui modul de nucleu Linux. Am utilizat un număr de dispozitive de racordare pentru filtrarea pachetelor din rețea, pentru a gestiona traficul în mod eficient pe fiecare interfață, fără interogare ciclică. Astfel, modulul nostru se află într-o poziție optimă pentru a decide când legătura mobilă este activă, când folosim legătura unui dispozitiv învecinat, sau când un dispozitiv vecin folosește propria noastră legătură. Teoretic am fi putut folosi mecanisme diferite (cum ar fi cozile de filtrare a pachetelor din rețea sau corecție în cadrul mecanismului Android, pentru a monitoriza legătura celulară), dar un modul de nucleu a fost mai simplu și fiabil. Partea principală a serviciului constă în „mutarea” traficului de la o legătură la alta, fără a schimba aplicația. Acest lucru este realizat cu ajutorul mecanismelor MPTCP standard, iar modulul de nucleu a fost

RO 130288 B1

1 deosebit de potrivit pentru implementarea efectivă. La pornirea sistemului, stabilim o prioritate
scăzută pentru legătura noastră celulară, și dezactivăm MPTCP pentru legăturile locale. Acest
3 lucru asigură că MPTCP va încerca să evite legătura 3G la emiterea traficului, și că nu va exista
nicio tentativă de a crea pe cont propriu fluxuri pe legături Bluetooth (în mod implicit MPTCP
5 creează fluxuri pe toate interfețele). Modulul expune o interfață ce permite programului spațiu
utilizator să declare legăturile locale ca „utilizabile”. Odată ce o legătură locală (Bluetooth sau
7 WiFi) este declarată utilizabilă, MPTCP o va lua în considerare. Deoarece legătura de rețea
celulară are o prioritate scăzută, orice legături locale vor câștiga procesul de selecție a fluxului,
9 adică traficul va trece de la legătura mobilă la legăturile locale. Implementarea profilului de
maximizare a lățimii de bandă/minimizare a timpului RTT este o chestiune simplă, ce constă
11 în a nu schimba prioritatea implicită a legăturii mobile: MPTCP va direcționa perfect traficul pe
toate fluxurile disponibile, în conformitate cu algoritmul său implicit de planificare. Folosind
13 funcționalitatea expusă de către modulul de nucleu, am implementat partea superioară a
sistemului conform prezentei invenții ca driver de spațiu utilizator care controlează întregul
15 proces. Acest driver monitorizează legătura locală și modulul de nucleu în ceea ce privește
anunțurile. Modulul de nucleu trimite notificări (de exemplu, când dispozitivul învecinat A a
17 folosit legătura noastră ultima oară, când am folosit legătura dispozitivului A ultima oară),
favorizând aplicarea echității pe termen scurt, prin intermediul unui mecanism de reciprocitate.

19 Am folosit sistemul conform prezentei invenții pe două dispozitive mobile Galaxy Nexus
cu Android 4.1.2 (Jelly Bean), și l-am testat în condiții de trafic sintetic și de aplicații
21 reprezentative. Am măsurat energia cu ajutorul unui monitor de energie Monsoon. Am efectuat
experimentele folosind un operator de rețea celulară care permite protocolul MPTCP (fără
23 eliminarea operațiilor MPTCP din pachete). Acest operator oferă servicii 3G (HSDPA) la viteze
de până la 7,2 Mbps.

25 Pentru activarea sistemului conform prezentei invenții, am pus în funcțiune un sistem
Linux cu MPTCP, folosit în toate experimentele. Configurația este prezentată în fig. 9. În mod
27 ideal, acest sistem ar acționa ca proxy (de exemplu, SOCKS), încheind conexiunile MPTCP și
deschizând conexiunile TCP la serverul real (fig. 9.a). Pentru ca aceasta să funcționeze ar fi
29 nevoie de susținere proxy din partea mecanismului Android; din păcate, aceasta este
disponibilă doar în cazul conexiunilor WiFi, nu și în cazul conexiunilor 3G (aceasta pare să fie
31 mai degrabă o opțiune de politică decât una tehnică). O posibilă soluție ar fi deschiderea unui
tunel bazat pe MPTCP spre proxy, și tunelarea întregului trafic al dispozitivului (fig. 9.b).
33 Această configurație funcționează, însă tunelarea conexiunilor TCP prin (MP)TCP poate duce
la interacțiuni cu performanțe necorespunzătoare, care ar putea influența experimentele. De
35 aceea am folosit a treia configurație (fig. 9.c) pentru cele mai multe dintre experimente: aici
sistemul servește conținut, rulând protocele HTTP și redând fluxuri de pe servere.

37 Ideea de bază a sistemului conform prezentei invenții este utilizarea oportunistă a
legăturilor altor dispozitive, iar această idee nu este nouă: Shair propune utilizarea minutelor
39 și mesajelor gratuite ale altor utilizatori de telefonie mobilă prin intermediul conectivității locale.
Recent, s-a propus folosirea legăturilor 3G inactive pentru a depăși limitările lățimii de bandă
41 ale legăturilor de acces. Sistemul conform prezentei invenții este similar ca spirit rețelei britanice
de telecomunicații FON, în care utilizatorii partajează legăturile DSL prin intermediul WiFi.

43 Deși prezenta invenție a fost descrisă printr-un exemplu particular de realizare, diverse
schimbări și modificări pot fi sugerate de o persoană de specialitate în domeniu. Se
45 intenționează ca prezenta invenție să acopere aceste schimbări și modificări care se situează
în interiorul scopului revendicărilor anexate.

RO 130288 B1

Revendicări

1. Metodă de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, **caracterizată prin aceea că** va cuprinde etapele de: 3
- configurare a unui grup de dispozitive mobile în care cel puțin unul dintre dispozitive prezintă o conexiune celulară; 5
 - configurare a unor legături WiFi sau Bluetooth între dispozitivele mobile din grupul menționat; 7
 - partajare în mod dinamic a acelei cel puțin o conexiune celulară între dispozitivele mobile din grupul menționat; 9
 - utilizare de către dispozitivele mobile din grupul menționat a acelei cel puțin o legătură celulară partajată pentru trimiterea sau primirea de trafic, posibil în paralel cu propria legătură celulară. 11
2. Metodă de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** dispozitivele mobile din grupul menționat asigură mai multe legături celulare, și în care metoda poate cuprinde centralizarea traficului pe o singură legătură celulară, utilizând protocolul MPTCP, lăsând celelalte legături în stare de inactivitate. 13
3. Metodă de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** partajarea în mod dinamic a acelei cel puțin o conexiune celulară între dispozitivele mobile din grupul menționat este realizată permanent sau atunci când se află în starea de consum ridicat de putere, printr-un algoritm de partajare constând în anunțarea de către un dispozitiv din grup a legăturii sale, atunci când unul dintre propriile pachete părăsește interfața, și interfața nu este deja partajată. 15
4. Metodă de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform revendicării 3, **caracterizată prin aceea că** anunțarea legăturii de către dispozitivul menționat include un timp de expirare t care indică dispozitivelor partenere din grup când să oprească transmiterea traficului prin intermediul legăturii sale, timpul t fiind egal cu valoarea temporizărilor specifice DCH și FACH setate de operatorul mobil. 17
5. Metodă de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform revendicărilor 1...4, **caracterizată prin aceea că** utilizează unui algoritm de reciprocitate pe termen scurt, prin care fiecare dispozitiv va dispune de un contor de evidență pentru fiecare vecin, indicând de câte ori permite vecinului să folosească legătura sa fără a oferi nimic în schimb. 19
6. Metodă de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform cu oricare dintre revendicările precedente, **caracterizată prin aceea că** toate dispozitivele din grup acordă prioritate propriului trafic față de cel al vecinilor, implementarea prioritizării pentru traficul pe legătura ascendentă fiind realizată printr-o coadă de priorități, iar pe legătura descendentă prin prioritizare la furnizorul de servicii sau la operatorul celular. 21
7. Metodă de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform cu oricare dintre revendicările precedente, **caracterizată prin aceea că** este utilizată la fața locului de către utilizatorii dispozitivelor mobile dintr-un grup care au încredere reciprocă, atunci când protocolul MPTCP este disponibil la toate serverele din Internet, fără să fie necesar un proxy, printr-un serviciu furnizor, unde utilizatorii se vor înregistra folosind un cod unic de identificare, printr-un serviciu acceptat de operator, pre-instalat pe dispozitivele mobile, în acest caz nefiind necesară nicio înregistrare specială, deoarece utilizatorul are o identitate unică dată de SIM, și o cheie secretă comună cu operatorul. 23

RO 130288 B1

1 8. Metodă de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform
2 cu oricare dintre revendicările precedente, **caracterizată prin aceea că** include contabilizarea
3 pe termen lung a cantității de date pe care o trimite sau primește fiecare dispozitiv mobil prin
4 intermediul legăturii altui dispozitiv din grup, prin folosirea unui sistem de chei publice prin care
5 atât dispozitivul care generează datele, cât și cel care le transportă semnează pachetele cu
6 cheile private respective, astfel încât serviciul furnizor/operator poate contoriza în mod sigur
7 contribuția și exploatarea de către fiecare dispozitiv.

8 9. Sistem de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse,
9 **caracterizat prin aceea că** include:

10 - un grup de dispozitive mobile în care cel puțin unul dintre dispozitive prezintă o
11 conexiune celulară;

12 - mijloace pentru asigurarea unor legături WiFi sau Bluetooth între dispozitivele mobile
13 din grupul menționat;

14 - mijloace pentru partajarea în mod dinamic a acelei cel puțin o conexiune celulară între
15 dispozitivele mobile din grupul menționat;

16 - utilizarea de către dispozitivele mobile din grupul menționat a acelei cel puțin o legătură
17 celulară partajată pentru trimiterea sau primirea de trafic.

18 10. Sistem de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform
19 revendicării 9, **caracterizat prin aceea că** dispozitivele mobile din grupul menționat asigură mai
20 multe legături celulare, și în care este utilizat protocolul MPTCP pentru a putea centraliza traficul
21 pe o singură legătură celulară, lăsând celelalte legături în stare de inactivitate.

22 11. Sistem de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform
23 revendicării 9, **caracterizat prin aceea că** mijloacele de partajare în mod dinamic a acelei cel
24 puțin o conexiune celulară între dispozitivele mobile din grupul menționat asigură o partajare
25 permanentă sau numai atunci când se află în starea de mare putere, algoritmul implicit de
26 partajare constând în anunțarea de către un dispozitiv din grup a legăturii sale atunci când unul
27 dintre propriile pachete părăsește interfața, și interfața nu este deja partajată.

28 12. Sistem de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform
29 revendicării 11, **caracterizat prin aceea că** dispozitivul menționat din grup își anunță legătura,
30 iar după un timp de expirare t indică dispozitivelor pereche din grup când să oprească
31 transmiterea traficului prin intermediul legăturii sale, perioada de anunțare fiind egală cu
32 valoarea cronometrului cozii al operatorului mobil.

33 13. Sistem de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform
34 cu oricare dintre revendicările 9...12, **caracterizat prin aceea că** utilizează un algoritm de
35 reciprocitate prin care fiecare dispozitiv din grup va dispune de un contor de evidență pentru
36 fiecare vecin, indicând de câte ori permite vecinului să folosească legătura sa fără ca acesta
37 să ofere nimic în schimb.

38 14. Sistem de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform
39 cu oricare dintre revendicările 1...9, **caracterizat prin aceea că** toate dispozitivele din grup
40 acordă prioritate propriului trafic față de cel al vecinilor, implementarea prioritizării pentru traficul
41 pe legătura ascendentă este realizată printr-o coadă de priorități, iar pe legătura descendentă
42 prin prioritizare la furnizorul de servicii sau la operatorul celular.

43 15. Sistem de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform
44 revendicării 14, **caracterizat prin aceea că** prioritizarea traficului este implementată printr-un
45 mijloc de monitorizare (watchdog) ce verifică dacă performanțele sunt acceptabile la folosirea
unui dispozitiv vecin.

RO 130288 B1

16. Sistem de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform cu oricare dintre revendicările 9...15, **caracterizat prin aceea că** poate fi implementat la fața locului de către utilizatorii dispozitivelor mobile dintr-un grup care au încredere reciprocă, atunci când protocolul MPTCP este disponibil la toate serverele din Internet, printr-un serviciu furnizor, unde utilizatorii se vor înregistra folosind un cod unic de identificare, printr-un serviciu acceptat de operator, pre-instalat pe dispozitivele mobile, în acest caz nefiind necesară nicio înregistrare specială, deoarece utilizatorul are o identitate unică dată de SIM, și o cheie secretă comună cu operatorul. 1
17. Sistem de conectare celulară cu consum redus de energie și costuri reduse, conform oricăreia dintre revendicările 9...16, **caracterizat prin aceea că** include mijloace pentru contabilizarea pe termen lung a cantității de date pe care o trimite sau primește fiecare dispozitiv mobil prin intermediul legăturii altui dispozitiv din grup, folosind un sistem de chei publice prin care atât dispozitivul care generează datele, cât și cel care le transportă semnează pachetele cu cheile private respective, astfel încât serviciul furnizor sau operator poate contoriza în mod sigur contribuția și exploatarea de către fiecare dispozitiv. 9
- 11
- 13
- 15

(51) Int.Cl.

H04L 12/70 (2013.01),

H04L 29/06 (2006.01),

H04W 28/02 (2009.01)



Fig. 1

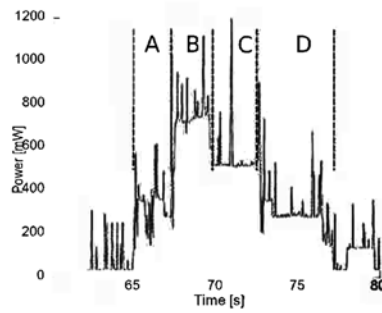
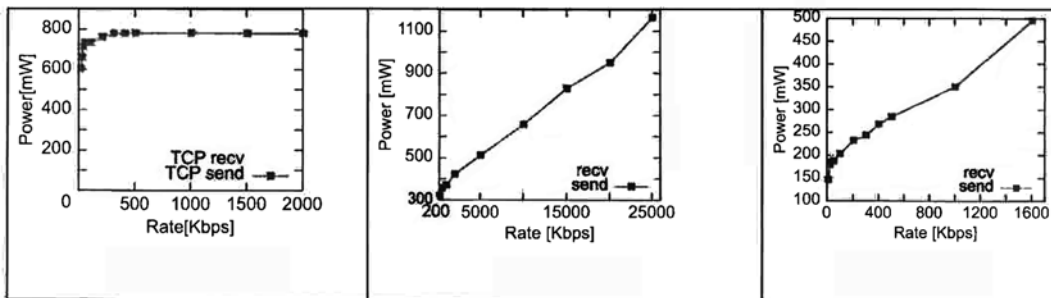


Fig. 2



a)

b)

c)

Fig. 3

(51) Int.Cl.

H04L 12/70 (2013.01),

H04L 29/06 (2006.01),

H04W 28/02 (2009.01)

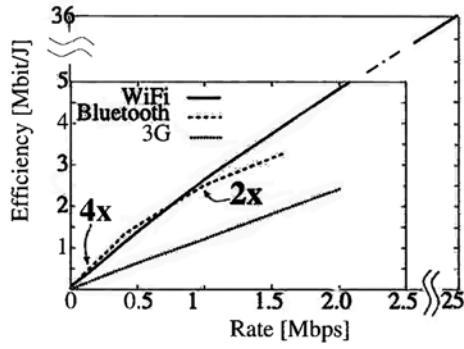
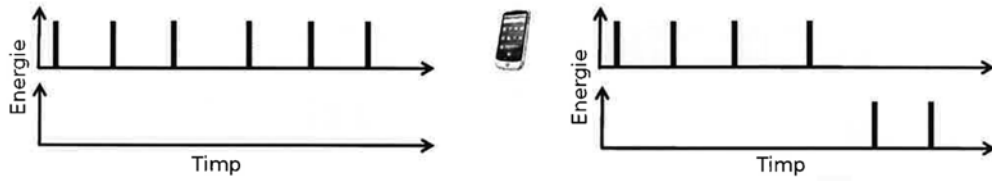


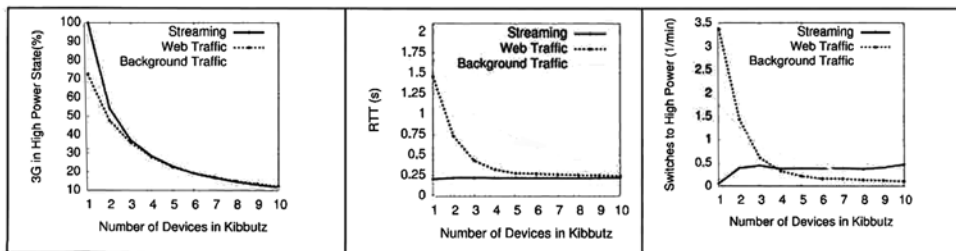
Fig. 4



a)

b)

Fig. 5

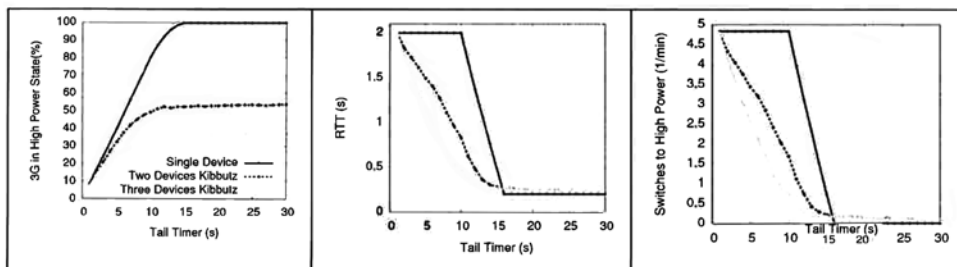


a)

b)

c)

Fig. 6



a)

b)

c)

Fig. 7

(51) Int.Cl.

H04L 12/70 (2013.01);

H04L 29/06 (2006.01);

H04W 28/02 (2009.01)

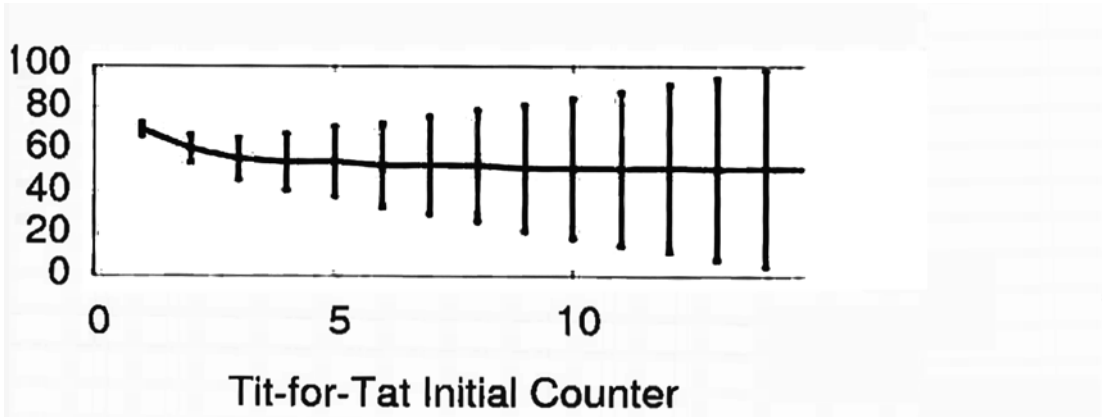


Fig. 8

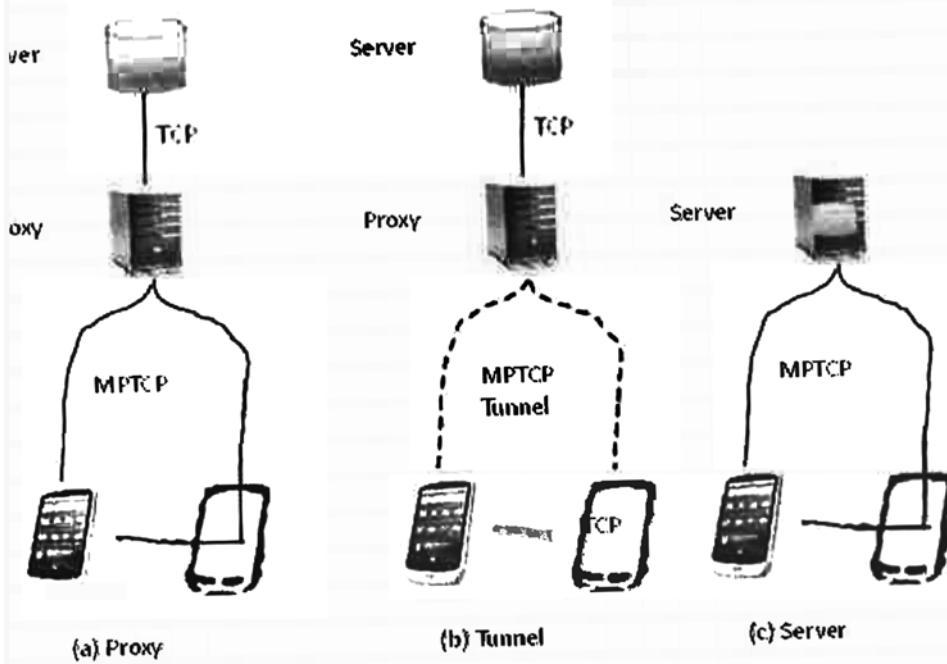


Fig. 9

