

Protocoloale moderne specifice comunicării informațiilor în format digital între sisteme mobile

Cuprins

1. Introducere	3
2. Sisteme de comunicații mobile	5
2.1. Generația 3G	5
2.2. Generații ulterioare lui 3G.....	8
3. Protocoale.....	12
3.1. Standardizarea protocoalelor de comunicație	12
3.2. Tipuri de protocoale de comunicație	12
3.3. Standardul IEEE 802	15
3.4. Securitatea rețelelor 802.11	17
4. Bibliografie.....	19

1. Introducere

Evoluția comunicațiilor mobile se confundă, în mare măsură cu evoluția radiocomunicațiilor. Astfel, transmisiile de mesaje între nave și uscat sau între nave reprezentau o practică obișnuită chiar și înaintea primului război mondial. Legăturile mobile terestre apar între cele două războaie mondiale ca, de exemplu comunicațiile mobile ale poliției din Detroit (1921) în banda de 2 MHz și sistemul de comunicație mobil din New York (1932). După cel de al doilea război mondial și până la apariția sistemelor mobile celulare, se pot cita câteva realizări importante ca sistemul B (Germania 1971), sistemul Loran (destinat navigației maritime, cu începere din 1958), sistemul Shinkansen (Japonia 1964, pentru trenul de mare viteză), sistemul IMTS (SUA, 1969) și altele. Totuși, dezvoltarea intensă a comunicațiilor mobile se realizează doar după apariția circuitelor integrate și miniaturizarea realizată în domeniul componentelor, deci după crearea condițiilor de miniaturizare a echipamentelor și după realizarea unor surse de alimentare fiabile și cu dimensiuni relativ reduse. Pentru realizarea unor rețele de dimensiuni mari, cu mulți utilizatori, având la dispoziție o bandă de frecvențe limitată, s-a trecut la folosirea acoperirii celulare. Sistemele celulare de comunicații mobile celulare au fost dezvoltate, până în prezent, în trei generații distincte:

- **Generația 1 (1G)**, destinată să ofere un singur serviciu, cel vocal, cuprinde sisteme ca NMT, AMPS, TACS etc. și a apărut cu începere din 1980. Erau sisteme cu prelucrarea analogică a semnalului, funcționând în benzile de 450 MHz sau de 800-900 MHz. În prezent sistemele de generația 1 sunt la finalul “carierii”, fiind scoase din exploatare în multe dintre țările în care au funcționat.
- **Generația 2 (2G)**, a fost inițial destinată să ofere servicii vocale, având în același timp și o capacitate limitată pentru serviciile de transmisii de date, cu viteză relativ redusă. Sunt sisteme cu prelucrare digitală a semnalului, cu funcționare în benzile de 900 MHz și 1800 MHz. Ca exemple de astfel de sisteme sunt GSM, D-AMPS etc. Primele sisteme GSM au fost introduse în exploatare în 1991. Sistemele 2G sunt în prezent la apogeul dezvoltării lor. În evoluția 2G se pot pune în evidență trei faze de dezvoltare: 1, 2 și 2+. În faza 2+, GSM oferă posibilitatea sporirii vitezei de transmisie a datelor prin introducerea unor procedee speciale ca HSCSD și GPRS. Astfel, prin folosirea transmisiei cu pachete de date, prin procedeul GPRS, viteza de transmisie a datelor poate fi de până la 172 kbit/s (prin comparație cu viteza de 14,4 kbit/s oferită în faza 1 de dezvoltare). Devine astfel posibilă realizarea unor transmisii de tip multimedia.
- **Generația 3 (3G)** oferă viteze de transmisie sporită, de până la 2 Mbit/s (în unele variante până la 8 Mbit/s) și prezintă posibilități multiple pentru servicii multimedia de calitate și pentru operare în medii diferite. Sunt sisteme cu prelucrarea digitală a semnalului, ce funcționează în banda de 2 GHz. Exemple de asemenea sisteme sunt WCDMA și TD/CDMA, ambele în varianta europeană pentru interfața UTRA, WCDMA în varianta japoneză, CDMA2000 (S.U.A) etc. La nivel mondial, 3G este desemnat și ca IMT-2000. iar varianta dezvoltată în Europa este denumită UMTS. Introducerea în exploatarea a primelor sisteme 3G a fost realizată în 2001-2002, fiind deci la începutul evoluției. La baza dezvoltării 3G se află sistemele 2G. Astfel, GSM în variantele 2 și 2+ vor fi treptat integrate în 3G, dezvoltarea UTRA fiind realizată tocmai pornind de la

interfața GSM. Între diferitele sisteme 3G se încearcă, în prezent, realizarea unei compatibilități cât mai bune.

În prezent, pe lângă preocupările pentru introducerea sistemelor 3G în funcțiune, au început lucrări experimentale pentru o nouă generație de sisteme de comunicații mobile digitale, 4G, pentru care se prevede realizarea unor viteze de transmisie de utilizator de până la 100 Mbit/s. Caracteristica principală a 4G va fi reprezentată de controlul exercitat de utilizator asupra serviciilor, pe care le va gestiona în funcție de pachetul de servicii la care s-a abonat.

2. Sisteme de comunicații mobile

2.1. Generația 3G

Dezvoltarea sistemelor 3G este susținută de trei principale motivații:

1. Realizarea de transmisii multimedia pe suport radio;
2. Obținerea unor capacități sporite pentru utilizator, în raport cu cele oferite 2G;
3. Realizarea unui standard sau a unor grupuri de standarde cu aplicație la nivel global.

Vitezele în 2G (de aproximativ 9,6 kbit/s) sunt prea mici pentru a permite realizarea de transmisii cu un conținut îmbogățit, cum ar fi imagini însoțite de text etc. Generația 2+ rezolvă în bună măsură această problemă, dar lasă încă loc pentru soluții mai performante. Vitezele de transmisie trebuie să fie mai elastice, în raport cu conținutul serviciului realizat, cu valori de la câțiva kbit/s până la câțiva Mbit/s. Noile sisteme 3G, trebuie să facă față unei creșteri rapide a necesarului de comunicații mobile precum și cu mobilitatea din ce în ce mai mare a utilizatorilor, ceea ce justifică trecerea de la standardele naționale și regionale la cele globale.

În următorii câțiva ani, rețelele mobile din generația a treia, 3G, vor oferi servicii mobile multimedia complete. Conectarea la Internet oriunde și în orice moment, este una dintre ofertele importante ale 3G. Dar rețelele din generația 3G vor oferi mult mai mult decât mobilitate pentru Internet. Dezvoltarea majoră a acestora se bazează pe posibilitățile unice ale echipamentelor mobile de a oferi mesaje de grup, servicii definite pe zone, informații personalizate, amuzament etc. Astfel, 3G oferă capacități certe pentru aplicații și servicii avansate, bazate pe interactivitate, mobilitate, bandă largă și poziționare. Obiectivele fundamentale ale sistemelor din categoria 3G sunt:

- ✓ asigurarea mobilității universale a terminalelor;
- ✓ oferirea unor pachete ample de servicii, din care utilizatorul poate selecta serviciile dorite, în forma în care acestea îi sunt familiare, astfel încât:
 - să fie posibilă alegerea și flexibilitatea serviciilor;
 - alocarea serviciilor să fie realizată la cerere;
 - accesul la servicii să fie simplu și “prietenos”;
 - serviciile oferite să fie interactive și inovative.

Tipurile de servicii oferite de sistemele 3G se diversifică față de oferta realizată de 2G sau de sistemele de generația 1, sistemele 3G fiind capabile să ofere:

- multimedia înalt interactiv (videoconferințe, lucru în colectiv și teleprezență);
- multimedia de viteză mare (acces rapid LAN și Internet/Intranet, videoclipuri la cerere, cumpărături în direct etc.);
- multimedia de viteză medie (acces LAN și Internet/Intranet, jocuri interactive, mesaje radiodifuzate și informații publice complexe, jocuri interactive etc.);
- date comutate (acces LAN de viteză redusă, acces Internet/Intranet, fax etc.)
- mesagerie simplă (serviciu de mesaje scurte, e-mail, radiodifuzare și mesagerie de informații publice, comenzi/plăți pentru comerțul electronic simplu etc.);
- transmisii vocale (comunicare bilaterală, conferințe, poșta vocală etc).

Pentru a permite o cât mai bună convergență a sistemelor 3G, ITU-R (International Telecommunication Union Radiocommunication Sector) a creat cadrul numit IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000), în care au fost exprimate o serie de cerințe considerate ca minimale pentru noile sisteme (Recomandările ITU-R M 816-1, M 1035 și M 1225). Principalele obiective impuse de IMT-2000 la interfața radio sunt:

- acoperire și mobilitate completă pentru viteza de transmisie de 144 kbit/s, dar de preferat pentru 384 kbit/s și $BER = 10^{-6}$;
- acoperire și mobilitate limitată pentru viteza de transmisie de 2 Mbit/s și $BER = 10^{-6}$;
- eficiență ridicată de folosire a spectrului în comparație cu sistemele existente;
- flexibilitate înaltă în introducerea noilor servicii.

Pentru IMT-2000 au fost elaborate și testate mai multe soluții care, după o perioadă de dezvoltare în laboratoare și de analize la nivelul grupurilor de lucru, pe baza cerințelor ITU-R, au fost transmise spre analiză la ITU-R.

S-a constatat că toate propunerile înaintate îndeplinesc cerințele formulate, astfel că au fost considerate ca posibile componente ale unui grup de sisteme 3G. Pentru realizarea unei compatibilități depline între diferitele soluții adoptate, au fost create în 1999 două grupuri de lucru, 3GPP și 3GPP2, care se preocupă de punerea de acord a protocoalelor și interfețelor sistemelor.

La nivel european soluția denumită UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) a fost agreată de "Directoratul pentru Comunicații DG XIII" al Comisiei Europene iar etapele principale preconizate pentru dezvoltarea, reglementarea și evoluția sistemului sunt:

- 1997, luarea unei decizii asupra benzilor de frecvențe alocate UMTS;
- 1999, eliberarea de licențe pentru operatori doritori să activeze în domeniu;
- 1999, la sfârșitul anului urmează să fie elaborat standardul UMTS în faza 1;
- 2002, UMTS devine comercial operațional;
- 2005, întreaga bandă de bază alocată trebuie să devină disponibilă;
- 2007, banda extinsă de frecvențe trebuie să devină disponibilă.

Sunt luate în considerare o rețea GSM de bază, o rețea UMTS precum și o rețea magistrală, fixă (ATM (Asynchronous Transfer Mode), rețea bazată pe protocol IP, N-ISDN (Narrowband Integrated Services Digital Network)). În primele etape de dezvoltare UMTS va fi realizat în insule pentru arii de afaceri unde sunt necesare servicii complexe și capacități mai mari de trafic. Pentru dezvoltarea UMTS ca rețele tip „insulă”, de exemplu în zone “fierbinți”, este necesară o rețea de bază GSM evoluată, realizând funcții de MSC, HLR, VLR, SGSN, GGSN ca și funcțiile noi, introduse de GPRS, în faza 2+ a GSM.

Introducerea GPRS aduce avantajul că resursele sunt atribuite utilizatorului doar atunci când acesta are de transmis efectiv date. Sistemele de comunicații mobile radio de generația a treia pot fi conectate la rețele de acces radio de generația a treia ca și la rețele private pentru întreprinderi mici/întreprinderi domestice (SOHO). Pentru a menține acoperirea completă a serviciilor de generația a doua, terminalele cu mod dual pot fi conectate la rețelele de acces radio de generația a doua, cum sunt cele GSM. Aceste rețele de acces radio sunt legate la rețelele fixe prin:

- ✓ Interfața A și centrul de comutație pentru rețeaua mobilă (MSC), pentru serviciile comutate în mod circuit;
- ✓ Interfața G_b, nodul de serviciu pentru GPRS (SGSN) și nodul poartă GPRS (GGSN) pentru serviciile orientate pe pachete.

În același timp, o direcție principală de dezvoltare susținută de 3G este dată de apariția unor noi caracteristici, în concordanță cu o nouă generație de terminale mobile ca:

- asistenți digitali personali (PDA);
- laptop-uri cu conectare prin mijloace radio, comunicatori;
- terminale bazate pe noi tehnologii radio, de exemplu pe conceptul UTRA (WCDMA pentru FDD și TD/CDMA pentru TDD).

Arhitectura unei rețele 3G este relativ simplă, dat fiind faptul că este necesară integrarea facilă a acesteia cu alte rețele de comunicații. Din punctul de vedere al relației dintre utilizator și 3G (de ex.UMTS) se poate defini o rețea de bază și o rețea de acces.

Rețeaua de bază este o rețea fixă de comunicații, care poate fi, de exemplu, partea fixă a unei rețele GSM, o rețea B-ISDN sau N-ISDN, o rețea de transmisii de date, PDN, o conexiune prin sisteme de sateliți etc. Rețeaua de acces este compusă dintr-un controlor de rețea radio, care are rolul de a gestiona resursele radio atribuite rețelei de acces și de a organiza și de a supraveghea aceasta și din noduri radio, care reprezintă echipamente de emisie recepție structurate în conformitate cu tehnica de modulație și de multiplexare adoptate.

Arhitectura rețelelor 3G este structurată în straturi, ceea ce permite o livrare eficientă a informațiilor vocale și a serviciilor de date. O structură stratificată a rețelei, împreună cu o interfață deschisă, standardizată, permite operatorilor să introducă și să dezvolte rapid noi servicii. Folosind IP sau ATM sau o combinație a acestora, stratul rețea permite atât transmisii de date cât și informații vocale. O rețea complexă conține rutere, comutatoare ATM și echipamente de transmisie.

În rețelele 3G, informațiile vocale și cele de date nu sunt tratate separat, ceea ce conduce la micșorarea costurilor operaționale față de cazul tratării separate a celor două componente ale transmisiei. Stratul aplicație oferă o interfață deschisă pentru aplicații, ce permite crearea flexibilă a serviciilor. Astfel de servicii sunt comerțul mobil (m-comerț), servicii bazate pe localizare, servicii de amuzament, servicii de informații, lucrul la distanță etc.

Una dintre principalele caracteristici noi ale sistemelor 3G față de cele prezentate de 1G și 2G o reprezintă alocarea dinamică a resurselor sistemului pentru utilizatori. Dacă în sistemele 1G și 2G, utilizatorul primea resursele de comunicație (banda de frecvență respectiv banda de frecvență și intervalul de timp) la începutul comunicației și își menținea aceste resurse până la terminarea acesteia, în 3G, resursele sunt alocate dinamic. În fapt, utilizarea dinamică a resurselor este realizată pentru prima dată, în sistemele mobile în generația 2+ de GPRS. În 3G, resursele oferite sunt nivelul de putere, codul și combinația interval de timp-frecvență.

Alocarea acestora pentru utilizator se face în funcție de necesitățile comunicației și resursele se pot modifica în cadrul aceleiași sesiuni de comunicație. 3G poate realiza diferite servicii. Se prevede că introducerea diferitelor categorii de servicii se face treptat, în etape.

Concluzia generală este că UMTS, care reprezintă sistemul de telecomunicații mobile al viitorului apropiat pentru Europa, a fost dezvoltat la nivelul țărilor din Comunitatea Europeană, în strânsă legătură tehnică cu sistemele dezvoltate de industria japonezi. Împreună cu celelalte sisteme din 3G, poate asigura legături de comunicații la nivel mondial și o gamă largă de servicii, operațional cu începere din 2002 și cu o mare dezvoltare în perioada anilor 2005 - 2010.

Condiția necesară și suficientă este ca grupurile de lucru GPP și GPP2 să stabilească o bază comună pentru interfețele necesare și pentru softurile ce trebuie să realizeze roaming-ul, în special între sistemele UMTS și ARIB cu cele din grupul CDMA2000 (Code Division Multiple Access).

2.2. Generații ulterioare lui 3G

Dezvoltarea comunicațiilor mobile continuă, fiind susținută de previziunile de evoluție ale comunicațiilor mobile (Figura 1) ca și de relația dintre diferiții “actori” ai noilor sisteme.

Integrarea dintre sistemele de radiocomunicații mobile și sistemele fixe de radiodifuziune, DxB, reprezintă una dintre principalele preocupări ale în domeniu. O concluzie “de succes” trebuie să ofere tuturor părților posibilitatea de a-și spori veniturile. Totuși, aceasta nu este simplu, dacă se pune problema între un operator fix și unul mobil. Este pusă problema cooperării între 3G, eventual 4G și sistemele de radiodifuziune. Sistemele mobile oferă un canal de legătură cu rețeaua de radiodifuziune iar informațiile oferite de aceasta pot fi de interes general sau de interes de grup pentru utilizatorii ce evoluează în zona de acoperire a celor două rețele.

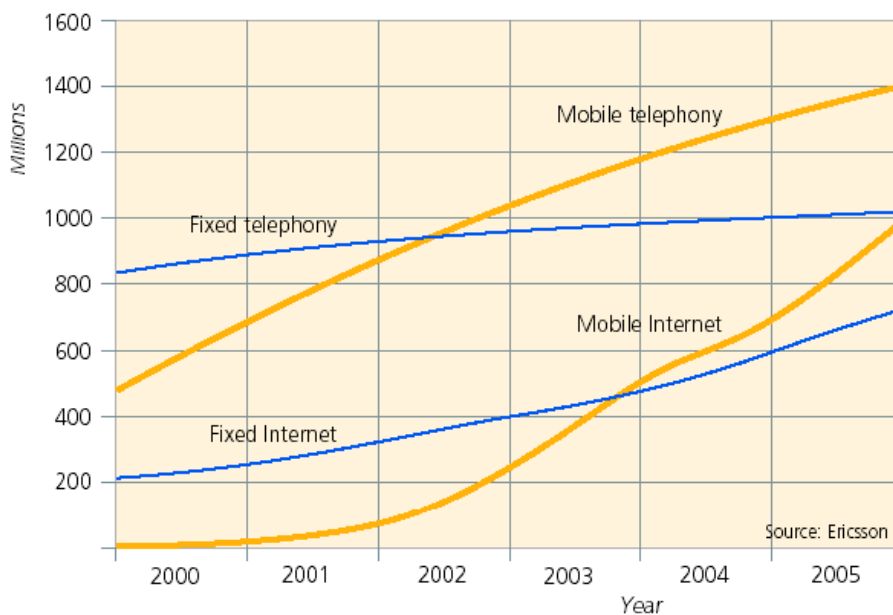


Figura 1. Evoluția numărului de utilizatori ai telefoniei și Internetului (Ericsson)

Evident că prima întrebare ce se pune în mod firesc este “De ce se trece la dezvoltarea unei noi generații de sisteme de comunicații, 4G, înainte de introducerea pe scară largă, în exploatare, a sistemelor 3G?”. Pentru 4G se pot da mai multe definiții, dintre care cea mai simplă este cea de viitoare generație de rețele radio ce va completa și înlocui, în viitor, rețelele 3G. În momentul actual, la începutul anului 2003, 4G reprezintă în principal o inițiativă la nivel academic și de cercetare/dezvoltare ca și un cadru de discuții pentru evoluții viitoare, cu scopul eliminării problemelor semnalate în dezvoltarea 3G. În favoarea dezvoltării 4G există o serie de argumente:

- Performanțele 3G pot să nu fie suficiente pentru a satisface necesitățile unor aplicații viitoare de înaltă performanță ca multimedia, video cu prezentare de mișcare, teleconferințe de calitate. Pentru acestea este necesară sporirea capacităților 3G cu un ordin de mărime.
- În momentul de față, pentru 3G există standarde multiple și, cu tot efortul de compatibilizarea a acestora, există dificultăți reale în asigurarea unui roaming global și a interoperabilității precum și a portabilității serviciului.

- 3G se bazează pe conceptul de arie extinsă. În prezent sunt însă necesare rețele hibride capabile să folosească atât LAN radio cât și rețele celulare.
- Sunt necesare lărgimi mai mari de bandă iar cercetările au arătat că în structura 3G, nu pot fi implementate unele scheme de modulație mai eficiente decât cele folosite.
- Se dovedește ca necesară existența unor rețele cu transmisie de pachete, capabile să folosească al deplina capacitate protocoalele Internet, cu convergența realizată între capacitățile de voce și de date.

Rețelele de comunicație mobilă 2G, mai ales sub forma 2+, reprezintă o evoluție importantă în concepția modernă a rețelelor de comunicații.

Pentru rețelele de comunicație de generațiile 2+, 3 și 4 se pun câteva probleme esențiale, ce marchează dezvoltarea acestora și impun direcții de dezvoltare mai ales în sfera serviciilor. Astfel se urmăresc o serie de obiective majore cum sunt:

- Convergența/integrarea/conlucrarea tuturor rețelelor fixe și mobile, existente sau viitoare, fixe sau mobile (cu legătură prin cablu sau radio), incluzând radiodifuziunea. Baza convergenței va fi formată de tehnologiile IP.
- Ușurința de a selecta și folosi serviciile selectate. Aceasta va determina ofertanții de servicii la realizarea unor tehnologii de aplicație prietenoase și simplu de folosit, cu conținut adecvat tipului de utilizatori și zonei geografice în care se desfășoară serviciile.
- Realizarea de terminale universale și cu un cost cât mai scăzut, ceea ce conduce la necesitatea unor tehnologii de reconfigurare.

Tabelul 1. 3G și 4G: Principalele performanțe prezentate comparativ.

Caracteristici	3G (inclusiv 2G+)	4G
<i>Condiții majore ce condiționează arhitectura</i>	Transmisii vocale și date, cu sporirea accentului pe date	Convergența transmisiilor de date și voce prin IP
<i>Arhitectura rețelei</i>	Bazată pe celule, pe zone extinse	Integrare hibridă de rețele WLAN și de arie mare
<i>Banda de frecvențe</i>	Funcție de țară, în domeniul 1800-2400 MHz	Benzi de frecvențe 2-8 GHz dar și mai sus
<i>Viteza de transmisie</i>	Până la 2 Mbit/s, tipic 384 kbit/s pentru mediul mobil	20 - 100 Mbit/s pentru mediul mobil
<i>Lărgimea de bandă a canalului RF</i>	5 - 20 MHz	De ordinul a 100 MHz
<i>Modul de comutare</i>	Circuit și pachet	Pachet, cu prelucrarea vocii în modul pachet
<i>Tehnologia de acces</i>	WCDMA, 1xRTT, EDGE	OFDM și MCDMA (Multicarrier CDMA)
<i>Corecția în avans a erorilor</i>	Convolațional, rata 1/2, 1/3	Schemă de codare concatenată
<i>Proiectare componente</i>	Proiectare de antene optimizate, adaptori multibandă	Antene inteligente, soft multibandă și de bandă largă
<i>Protocol Internet</i>	IPv4 și IPv6	IPv4 și IPv6

În cadrul noilor rețele se pot stabili straturi de acoperire și se poate dezvolta o ierarhie atât pe verticală, între rețele cu grade diferite de acoperire cât și pe orizontală, între rețele de același rang, ierarhie ce permite realizarea de comunicații între acestea.

Criteriile de selecție de către utilizatori a rețelelor prin care să realizeze legătura de comunicație trebuie să aibă în vedere:

- ✓ Tipul de serviciu, caracterizat prin viteza de transmisie a datelor și calitatea necesară a serviciului;
- ✓ Resursele disponibile în zona de acces radio;

- ✓ Contextul în care se află situat utilizatorul, definit de elemente ca gradul de mobilitate, preferințele personale ale utilizatorului, locul și momentul realizării legăturii.

Transferul legăturii de comunicație între sisteme celulare de mare acoperire și rețelele radio LAN, de acces local, se poate realiza în diferite condiții și cu diferite cerințe. În acest sens este necesar ca la realizarea transferului:

- să se selecteze între transferul în cadrul aceluiasi strat ierarhic și transferul între straturi ierarhice;
- să se ia în considerare tipul de serviciu realizat și dacă serviciul se realizează în timp real sau în timp non-real;
- să se analizeze flexibilitatea ce poate fi realizată în ceea ce privește calitatea serviciului pentru utilizatorul mobil;
- să se ia în considerare transferul .pe neobservate., atunci când acesta este necesar;
- să se realizeze o unificare, între protocoalele folosite de diferite rețele pentru autentificare, securizare și taxare, simplificând accesul la aplicații, din toate locațiile, în condițiile unei calități acceptabile a serviciului în orice moment.

Asigurarea condițiilor de dezvoltare și de funcționare a noilor sisteme de comunicații cu integrarea rețelelor și a serviciilor se poate realiza doar prin:

- Rezolvarea problemelor de standardizare, în special la interfața radio și la interfețele de interconectare între rețele.
- Stabilirea unor modele de afaceri;
- Stabilirea unor profiluri de preferință ale utilizatorilor;
- Elaborarea și precizarea mecanismelor și a criteriilor de transfer între sisteme;
- Elaborarea unor mecanisme pentru descărcarea softului;
- Stabilirea de metode pentru alocarea flexibilă a spectrului și de împărțire al acestuia între operatori;
- Noile sisteme vor trebui să permită preluarea unor tehnologii în curs de dezvoltare sau ce vor apărea în viitor.

O categorie de rețele de acces local, dezvoltate la nivel european sunt grupate în noțiunea de BRAN (**B**roadband **R**adio **A**ccess **N**etwork - rețele radio de acces de bandă largă), ce conțin rețele de tipul Hiperaccess, Hiperlink și Hiperlan. Rețelele de tip BRAN pot fi considerate și ca alternative la rețelele UMTS în zonele aglomerate.

Sistemele Hiperaccess oferă acces de bandă largă unor utilizatori rezidențiali precum și pentru întreprinderi mici și mijlocii, fiind capabile să intre în competiție și să completeze sistemele de acces de bandă largă pe cablu, xDSL. Vitezele de operare sunt de ordinul a până la 25 Mbit/s, pentru o distanță de lucru de până la 5 km. Pentru hiperlink, vitezele de operare pot fi de până la 155 Mbit/s. Sistemele Hiperaccess pot să lucreze în bune condiții în medii ATM și IP. Alte sisteme de interes sunt:

- ❖ **Bluetooth**, ca sistem destinat unor legături radio pentru distanțe foarte scurte, de ordinul metrilor.
- ❖ **IrDA**, ce reprezintă un standard pentru interfață în infraroșu, ce oferă o soluție radio, de exemplu pentru telefoane mobile și pentru PDA. Tehnica este bine cunoscută pe piață însă există probleme, deoarece unii producători de echipamente IrDA au realizat implementări incompatibile cu standardele existente. Principalele dezavantaje tehnice constau în necesitatea vizibilității directe între punctele în conexiune și în faptul că se limitează doar la conexiuni
- ❖ punct-la-punct.
- ❖ **IEEE802.11** reprezintă o alternativă la Bluetooth pentru un LAN radio.

- ❖ **UWB (Ultra-wideband)** este o tehnologie radio nouă. Conceptul de realizare este similar cu cel folosit al radar. Informația modulează impulsuri în timp și în frecvență. Tehnica nu este pe deplin dezvoltată însă poate intra în competiție cu Bluetooth, datorită capacității superioare și a consumului de putere mai mic. Prototipurile UWB suportă o sarcină de până la 1,25 Mbit/s pentru o distanță de acțiune de ordinul a 70m, cu un consum de putere de numai 0,5 mW.
- ❖ **Home RF** reprezintă o tehnică dezvoltată pe baza conceptului DECT și operează în banda de 2,4 GHz (aceeași ca și pentru Bluetooth). Există multe asemănări cu Bluetooth în ceea ce privește domeniul, distanța de lucru, puterea de transmisie, prețul echipamentelor. Diferența majoră constituie în faptul că .home RF. poate lucra cu 127 unități pe rețea, cu 50 salturi de frecvență, în timp ce Bluetooth asigură doar 8 unități pe rețea, cu 1600 salturi de frecvență.

Pentru rețelele 3G și 4G sunt folosite diferite tehnologii. Deoarece aceste tehnologii suportă diferite componente multimedia, toate acestea trebuie să fie dezvoltate corelat, altfel calitatea serviciilor multimedia va suferi. Tehnologiile se vor .maturiza. la momente diferite de timp. De aceea operatorii vor trebui să fie capabili să aleagă, totdeauna, cea mai bună schemă de rețea, atunci când o nouă combinație devine posibilă.

Deoarece rețelele mobile vor oferi transfer de informații cu diferite calități, aplicațiile vor trebui, la rândul lor, să fie adaptive la noul mediu de operare. Se pare că viitorul va oferi servicii cu parametri de calitate diferiți precum și cu modificări dinamice ale parametrilor de calitate. Este de aceea important ca în modificarea dinamică a parametrilor să nu fie luată în considerare doar înrăutățirea ci și posibila sporire a calității acestora, reflectată în aplicații. De aceea este esențial ca aplicațiile și sistemele adaptive să permită utilizatorilor să stabilească ordinea de prioritate a importanței parametrilor și ca utilizatorul cu o abilitate medie de lucru să fie capabil de a-și prezenta opțiunile față de aplicația solicitată.

3. Protocoale

3.1. *Standardizarea protocoalelor de comunicație*

Un protocol de comunicație este un set de reguli și formate (semantice și sintactice) prin care se reglementează schimbul de informații între două entități aflate în același sistem sau în sisteme diferite.

Termenii “entitate” și “sistem” sunt folosiți într-un sens foarte general. O entitate este o componentă a unui sistem capabilă să transmită sau să recepționeze informații (programe de aplicație-utilizator, servicii etc.). Un sistem este un obiect fizic distinct care conține una sau mai multe entități (echipamente terminale, rețele de telecomunicații etc.). Pentru ca două entități să comunice cu succes, ele trebuie să “vorbească” aceeași limbă. Ce se comunică, când și cum se comunică, trebuie să fie conform cu convențiile mutual acceptate de către entitățile implicate în comunicație, convenții care definesc un protocol de comunicație

Un aspect fundamental al arhitecturii de comunicații bazată pe protocoale este acela că, la fiecare nivel al arhitecturii, operează unul sau mai multe protocoale și că două protocoale de același strat, dar aparținând unor sisteme diferite, cooperează în vederea realizării funcției de comunicație.

Protocoalele utilizate pentru schimbul de informații (date) pot deveni foarte complexe, în special când se intenționează să se conecteze împreună mai multe tipuri de echipamente provenite de la diverși furnizori.

Adesea, producătorii de echipamente utilizează convenții diferite, chiar în cadrul aceleiași game de produse, pentru rezolvarea anumitor probleme de comunicație.

Compatibilitatea între sisteme diferite poate fi realizată prin adoptarea unor protocoale de comunicație standard, unanim acceptate. Procesul standardizării nu este terminat, deși anumite principii sunt agreate pe plan internațional prin inițiativele unor comitete și organisme de standardizare (ITU-T, ETSI etc.).

Organizația Internațională de Standardizare (ISO) a stabilit, în anul 1977, un subcomitet care să se ocupe de dezvoltarea standardelor pentru interconectarea sistemelor deschise (OSI).

Astfel, în 1979 a apărut modelul de referință pentru protocoalele de comunicație, numit PRM (Protocol Reference Model).

Prin adoptarea internațională a acestui model se asigură o bază comună pentru coordonarea dezvoltării standardelor de telecomunicații în vederea interconectării sistemelor deschise, rezolvându-se astfel, într-o oarecare măsură, problema compatibilității între sisteme și echipamente provenind de la producători diferiți, fără însă a impune anumite soluții tehnice.

3.2. *Tipuri de protocoale de comunicație*

Primele protocoale de comunicație apărute sunt, evident, cele mai simple. Acestea se numesc protocoale "Start/Stop", deoarece blocurile de date din acest protocol sunt încadrate de secvențe de biți care reprezintă începutul, respectiv sfârșitul unui bloc de date. Protocoalele de tip "Start/Stop" sunt asincrone.

Protocoalele sincrone bazate pe caracter (Character Oriented Protocols) datează din anii '60. Ele permit transferul, în mod semi-duplex, blocurilor de caractere ale unui alfabet dat (ASCII, de exemplu).

Protocoalele sincrone bazate pe elemente binare (Bit Oriented Protocols) sunt de dată mai recentă. Acestea permit transmisia transparentă, în mod duplex integral (transmisie în ambele sensuri), a blocurilor de date constituite din elemente binare.

Protocoalele din această categorie utilizează o tehnică de funcționare înrudită și, practic, toate sunt conforme cu normele care stau la baza protocoalelor HDLC.

Protocoale HDLC (**H**igh-level **D**ata **L**ink **C**ontrol - controlul de nivel superior al legăturii de date) sunt un set de protocoale conforme standardizării ISO. Ele utilizează diverse convenții care determină o comportare adecvată condițiilor (normale sau anormale) ale transmisiei. Blocurile de date care poartă informația utilă sunt însoțite de informația de control, furnizată de mecanismele protocolului utilizat, formând împreună elementele de protocol.

Protocoalele HDLC prevăd mai multe moduri de funcționare, concretizate în următoarele implementări:

- Protocolul SDLC (**S**ynchronous **D**ata **L**ink **C**ontrol), utilizat pentru controlul sincron al legăturii de date din arhitectura de rețea SNA (**S**ystem **N**etwork **A**rchitecture) a firmei IBM (**I**nternational **B**usiness **M**achine).
- Protocolul LAP-B (**L**ink **A**ccess **P**rocedure-**B**alanced), pe care se bazează accesul la o rețea de comutație de pachete X.25.
- Protocoale LAP-D (**L**ink **A**ccess **P**rotocol on the **D**-Channel), pe care se bazează procedurile pentru accesul la canalul de semnalizare D. Protocolul LAP-D este utilizat de Sistemul de Semnalizare nr. 1 pentru abonatul digital (DSS1) pentru semnalizarea între abonatul ISDN și centrala digitală, folosind canalul de semnalizare D. Protocolul LAP-D operează la nivelul stratului 2 (Legătura de date) al modelului de referință OSI pentru a transporta informații prin intermediul interfețelor-utilizator ISDN (S,T,U,V) atât pentru accesul de bază cât și pentru accesul primar, independent de viteza de transmisie. Principiile de operare (structura cadrelor și elementele de procedură) și terminologia protocolului LAP-D se bazează pe standardele setului de protocoale HDLC. De asemenea, protocolul LAP-D este asemănător cu LAP-B, dar, spre deosebire de acesta, protocolul LAP-D permite transportul mai multor tipuri de informație (semnalizare, mesaje de gestiune, pachete de informații-utilizator), multiplexate în timp, grație utilizării mai eficiente a câmpului de adresă din cadrele de strat 2.

Modelul *OSI* (*Open System Interconnection*) se ocupă de conectarea sistemelor deschise comunicării cu alte sisteme și cuprinde șapte niveluri: nivelul fizic, nivelul legătură de date, nivelul rețea, nivelul transport, nivelul sesiune, nivelul prezentare și nivelul aplicație. Nivelul fizic se ocupă de transmiterea biților printr-un canal de comunicație, nivelul legătură de date are ca sarcină transformarea unui mijloc de comunicație într-o linie disponibilă nivelului rețea, fără erori de transmisie nedetectate, nivelul rețea se ocupă de controlul funcționării subrețelei, nivelul transport are rolul de a accepta date de la nivelul sesiune, nivelul sesiune permite stabilirea de sesiuni între echipamente, nivelul prezentare urmărește soluționarea problemelor generale ale utilizatorilor iar nivelul aplicație conține varietatea de protocoale utilizate pentru realizarea comunicației (figura 2).

Rolul fiecărui nivel din modelul de referință OSI, referitor la modul și formatul în care informația este transmisă de la un nivel la altul, este sugestiv ilustrat în figura 3.

Modul de transmitere a datelor pe baza modelului OSI se realizează prin transmiterea informațiilor pe verticală, însă fiecare nivel este programat să perceapă acest proces ca un dialog între niveluri pe orizontală. Emițătorul furnizează datele nivelului aplicație, iar acestea vor trece prin fiecare nivel, până ajung la nivelul fizic, rutate de antetele primite de către aceste niveluri.

Nivelul fizic trimite datele către receptor unde are loc procesul invers, datele propagându-se prin niveluri în sus, pe măsură ce sunt eliminate antetele respective. Astfel datele ajung în final la procesul destinație (figura 4).

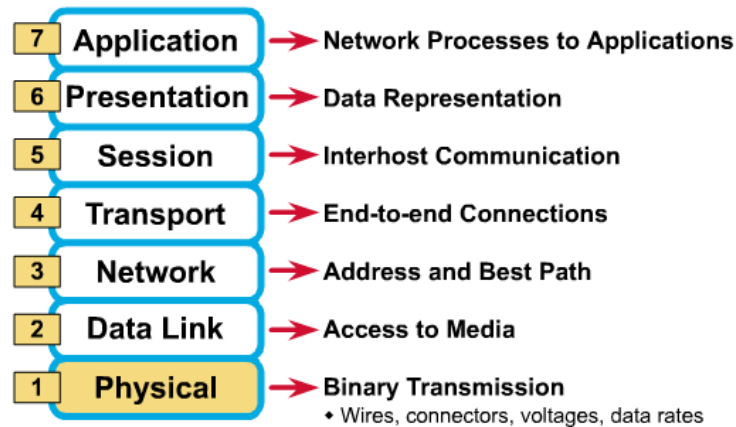


Figura 2. Modelul OSI

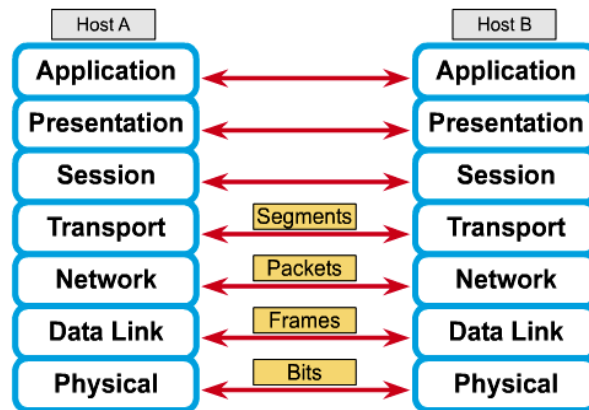


Figura 3. Rolul nivelelor OSI

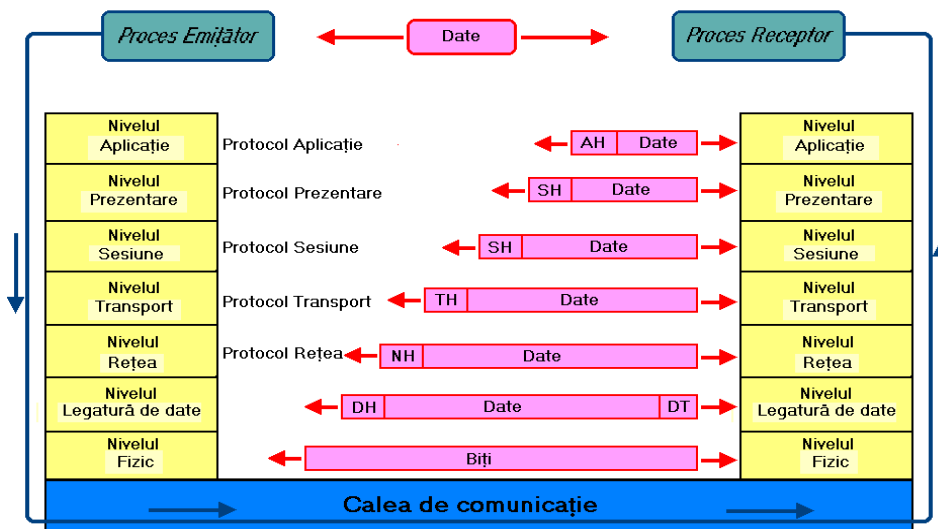


Figura 4. Modul de transmitere a datelor în modelul OSI

- AH – **A**pplication **H**earer (= antetul corespunzător nivelului Aplicație)
- PH – **P**resentation **H**earer (= antetul corespunzător nivelului Prezentație)
- SH – **S**ession **H**earer (= antetul corespunzător nivelului Sesiune)
- TH – **T**ransport **H**earer (= antetul corespunzător nivelului Transport)
- NH – **N**etwork **H**earer (= antetul corespunzător nivelului Rețea)

Modelul de referință **TCP/IP** (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) a fost realizat în vederea implementării unei arhitecturi de rețea care să poată asigura comunicații chiar și în cazul defectării unor echipamente din subrețea. Se dorea realizarea de conexiuni atâta timp cât echipamentele sursă și destinație funcționau, împreună cu o arhitectură flexibilă pentru diverse aplicații divergente.

Toate aceste cerințe au condus la alegerea unei rețele de comutare de pachete bazată pe un nivel inter-rețea fără conexiuni. Acest nivel, numit **nivelul internet**, este axul pe care se centrează întreaga arhitectură. Rolul său este de a permite gazdelor să emită pachete în orice rețea și de a face ca pachetele să circule independent până la destinație. Pachetele pot chiar să sosească într-o ordine diferită față de cea în care au fost trimise, caz în care, dacă se dorește furnizarea lor ordonată, rearanjarea cade în sarcina nivelurilor de mai sus. Nivelul internet definește oficial un format de pachet și un protocol numit **IP (Internet Protocol)**. Sarcina nivelului internet este să furnizeze pachete IP către destinație. Problemele majore se referă la dirijarea pachetelor și evitarea congestiei. În consecință, se poate spune că nivelul internet din TCP/IP funcționează asemănător cu nivelul rețea din OSI. În figura 5 este sugerată această corespondență.

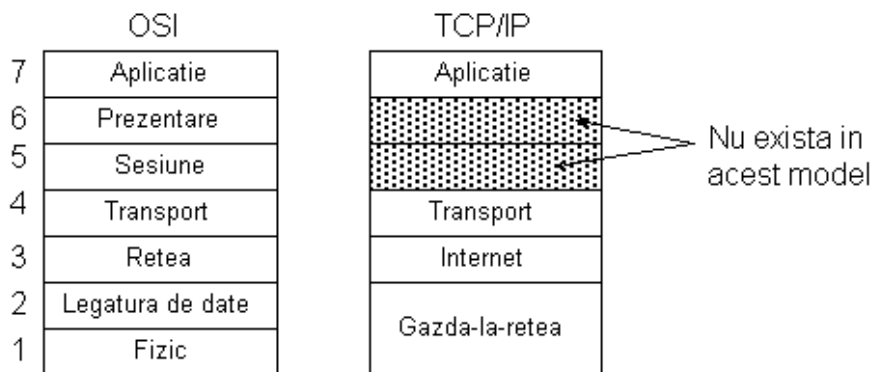


Figura 5. Corespondența OSI-TCP/IP

Modelul de referință TCP/IP face posibile comunicațiile de date între oricare două terminale din lume, la o viteză considerabilă. Similitudinile dintre cele două modele de referință se referă la faptul că ambele includ niveluri *aplicație*, deși asigură servicii aproape complet diferite, niveluri *transport* și *rețea* comparabile, precum și la faptul că ambele modele funcționează pe principiul comutării de pachete.

Diferențele dintre aceste modele se regăsesc la nivel structural, evidențiindu-se faptul că TCP/IP combină nivelurile *prezentaie* și *sesiune* în nivelul aplicație, precum și nivelul *fizic* și *legătură de date* într-un singur nivel. De asemenea, TCP/IP este un model mai simplu deoarece are mai puține niveluri, iar faptul că pe baza protocoalelor sale s-a dezvoltat rețeaua Internet îi conferă o mai mare credibilitate.

3.3. Standardul IEEE 802

- 802.1 Defișește relațiile între standardele IEEE și modelul de referință. Stabilește structura de interoperabilitate între LAN și MAN. Stă la baza tuturor standardelor IEEE 802.
- 802.2 Defișește specificațiile controlului legăturii logice LLC (Logical Link Control) Descrie interfața între echipamentul utilizat și tehnologiile de cablare folosite.

- 802.3 Standardul pentru protocolul CSMA/CD (carrier sense, multiple access with collision detection) folosit în rețelele Ethernet (cablu coaxial, cablu de cupru cu perechi răsucite, fibră optică). Viteză de transfer între 10 Mbps și 10 Gbps.
- 802.4 Standard pentru rețele Token Bus. Desființat
- 802.5 Standard pentru rețele Token Ring. Standardul original pentru cablu ecranat cu perechi răsucite și fibră optică. Suportă viteze între 4 și 100 Mbps.
- 802.6 Standardul pentru rețelele MAN de tip DQDB (Distributed Queue Dual Bus).
- 802.7 Practici pentru LAN de bandă largă. Standard retras. Nu mai este aprobat de IEEE.
- 802.8 Practici pentru fibră optică. Standard retras. Nu mai este aprobat de IEEE.
- 802.9 Standard pentru LAN cu servicii integrate (ISDN). Standard retras. Nu mai este aprobat de IEEE.
- 802.10 Furnizează normele de securitate a datelor în rețele de calculatoare. Înlocuit.
- 802.11 Standard pentru rețele fără fir (WLAN). Produsele care implementează standardele 802.11 sunt testate și catalogate “certificat Wi-Fi”.
- 802.11a Specifică un PHY (Physical layer – standardul protocolului de nivel fizic) care operează în banda de 5 GHz în SUA. Utilizează tehnici de comunicație OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) care permit viteze de 54 Mbps. A fost ratificat după 802.11b.
- 802.11b Îmbunătățește 802.11 prin utilizarea transmisiei DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) și permite rate de transfer mai mari de 11 Mbps.
- 802.11d Completare a standardelor 802.11a și 802.11b care permite roaming global. Poate fi considerat la nivelul MAC (Media Access Control).
- 802.11e Completare a lui 802.11 care cuprinde caracteristici de calitate a serviciilor (QoS). Facilitează prioritatea transmisiilor de date, voce și video.
- 802.11g Extinde la maxim rata de transfer a dispozitivelor WLAN care lucrează în banda 2.4 GHz astfel încât să permită interoperarea cu dispozitive 802.11b. Utilizează modulare OFDM. Operează la viteze de până la 54 Mbps.
- 802.11h Îmbunătățește 802.11a prin rezolvarea problemelor de interferență. Include selecția dinamică a frecvenței (DFS) și controlul puterii transmisiei.
- 802.11i Îmbunătățește 802.11 prin securitate suplimentară pentru aplicațiile WLAN. Definiște mai robust criptarea, autentificarea și schimbarea cheilor, precum și opțiunile pentru key-caching și pre-autentificare.
- 802.11j Extensii de reglementare pentru Japonia a specificațiilor din 802.11a. Gama de frecvențe de la 4.9 GHz la 5.0 GHz.
- 802.11k Măsurarea resurselor radio pentru rețele care folosesc specificații 802.11.

- 802.11m Întreținerea specificațiilor familiei 802.11. Corecturile și modificările la documentația existentă.
- 802.11n Creșterea standardelor de viteză. Câteva tehnologii concurente și incompatibile; adesea numite "pre-n". Top susținut de viteze de 108, 240, și 350 + MHz. Propunerile concurenței provin de la grupuri precum CED, TGn Sync și WWiSE și sunt variante bazate pe MIMO (multiple input, multiple output).
- 802.15.1 din familia **Wireless Personal Area Networks** reglementează tehnologia Bluetooth

3.4. Securitatea rețelelor 802.11

Deoarece la rețelele 802.11 comunicația este prin unde radio, al căror domeniu de acțiune nu poate fi net limitat, utilizarea unor metode care să asigure confidențialitatea și integritatea datelor transportate este esențială. Există mai multe mecanisme de securitate ce pot fi utilizate. În cadrul unei celule se poate utiliza, la alegere, unul singur dintre acestea:

- **Open system**: acces fără mecanism de securitate.

Se utilizează acolo unde se dorește să se ofere acces public la Internet. De remarcat însă că, datorită lipsei oricărui mecanism de confidențialitate sau asigurarea integrității mesajelor, oricine poate asculta sau modifica comunicația oricui în cadrul celulei.

- **Wired Equivalent Privacy — WEP** (nivel de securitate echivalent cu cel din rețeaua cablată): oferă confidențialitate și autentificarea și verificarea integrității mesajelor. Accesul se realizează pe baza unei chei de lungă durată, numită *pre-shared key* (cheie partajată în prealabil). Criptarea se face utilizând cifrul RC4, cu o cheie construită din secretul partajat și dintr-un vector de inițializare ales aleator, pentru fiecare pachet, de către emițător și transmis în antetul pachetului. WEP are două slăbiciuni: pe de o parte, datorită existenței unei slăbiciuni a cifrului RC4 (există câteva chei slabe, foarte ușor de spart), WEP poate fi spart destul de ușor; pe de altă parte, modelul de securitate oferit este destul de neflexibil.

- **WiFi Protected Access — WPA**: corectează problemele WEP, păstrând compatibilitatea cu plăcile de rețea existente. În privința criptării, WPA păstrează cifrul RC4 din motive de compatibilitate, dar vine cu o schemă diferită de gestiune a cheilor de criptare, capabilă să evite cheile slabe. În privința obținerii unui model de securitate mai flexibil, WPA are două moduri de lucru: - *WPA-Personal*, numit și *WPA-PSK* (de la *Pre-Shared Key*), în care se utilizează un secret partajat între toți membrii celulei, fiind similar cu WEP (dar mult mai sigur). - *WPA-Enterprise*, în care cheile se obțin pe baza unor chei individuale ale utilizatorilor. Controlul accesului și obținerea cheilor se face printr-un mecanism numit *Extensible Authentication Protocol (EAP)*.

- **IEEE 802.11i**, numit și *WPA2*, extinde *WPA* adăugând posibilitatea utilizării cifrului AES. Ca și în cazul *WPA*, există două moduri de lucru, cu cheie partajată în prealabil sau utilizând *EAP*.

Protocolul de autentificare extensibil, *EAP*, este un protocol ce permite utilizarea mai multor scheme de autentificare, iar pe de altă parte este utilizat și de alte protocoale în afară de *WPA* și *WPA2*, și anume poate fi utilizat în cadrul legăturilor *PPP*, precum și pentru autentificarea conectărilor la o rețea cablată IEEE 802.3.

Arhitectura *EAP* conține următoarele componente:

- *clientul (supplicant)* ce trebuie să-și dovedească identitatea în scopul obținerii accesului la rețea. Rolul clientului îl are placa de rețea 802.11 (sau placa de rețea 802.3 sau clientul PPP).
- *punctul de acces (authenticator)* este entitatea care trebuie să autentifice clientul pentru a-i oferi acces la serviciile rețelei. Rolul de punct de acces îl are AP-ul 802.11 (sau switch-ul 802.3 sau serverul PPP).
- *serverul de autentificare* este entitatea care deține baza de date cu cheile clienților și realizează efectiv autentificarea.

Protocolul *EAP* prevede un schimb de mesaje între client și serverul de autentificare.

Dacă serverul de autentificare este distinct față de punctul de acces, comunicația dintre client și serverul de autentificare trece prin punctul de acces, iar porțiunea din calea de comunicație dintre punctul de acces și serverul de autentificare este protejată criptografic pe baza unui secret partajat între punctul de acces și serverul de autentificare.

Unele dintre mecanismele efective de autentificare utilizabile în cadrul *EAP* sunt:

- ***EAP-MD5*** prevede că serverul de autentificare trimite clientului un număr aleator, iar clientul răspunde cu dispersia MD5 a concatenării numărului aleator cu parola clientului. Funcționarea mecanismului necesită ca serverul să aibă în baza de date, în clar, parola clientului. *EAP-MD5* permite doar autentificarea clientului, nu și stabilirea unor chei pentru criptare sau autentificarea mesajelor.
- ***EAP-TLS*** necesită ca atât clientul cât și serverul de autentificare să aibă prestabilite chei secrete SSL/TLS, iar fiecare dintre ei să aibă certificatul TLS al celuilalt. Se stabilește o conexiune TLS între client și serverul de autentificare, utilizând certificatele acestora, iar în cadrul acestei conexiuni stabilesc cheile pentru comunicația ulterioară între client și punctul de acces. *PEAP* (de la *Protected EAP*) prevede utilizarea TLS pentru deschiderea unei conexiuni securizate între client și serverul de autentificare, însă doar serverul are o cheie TLS, clientul autentificând serverul pe baza certificatului corespunzător. După deschiderea conexiunii TLS, urmează autentificarea clientului de către server, iar în caz de succes are loc negocierea cheilor pentru securizarea comunicației între client și punctul de acces. În terminologia *PEAP*, conexiunea *TLS* se numește *mecanismul exterior de autentificare*, iar mecanismul de autentificare a clientului se numește *mecanismul interior*. Mecanismul exterior cel mai răspândit este *MSCHAP*, care este un mecanism similar cu *EAP-MD5*.

4. Bibliografie

[1] Bolle, A., *Hyperaccess - Status and plans*, Ericsson, jan 12-15 HA/N-WEST Joint Session

[2] Nicolaescu, Șt.-V., *Rețele 3G Europa*, Editura AGIR, 2003

[3] Prasad, R., Mohr, W., Kornhäuser, W., *Third Generation Mobile Communication Systems*, Editura Artech House, Boston, London, 1999

[4] AU-System Radio. (1999). *WAP White Paper*. [Online Web Site].
<http://www.wapguide.com/wapguide/auwap.pdf>

[5] Buckingham, S. (2000). *An Introduction to the Wireless Application Protocol*. [Online Web Site]. <http://www.gsmworld.com/technology/yes2wap.html#1>