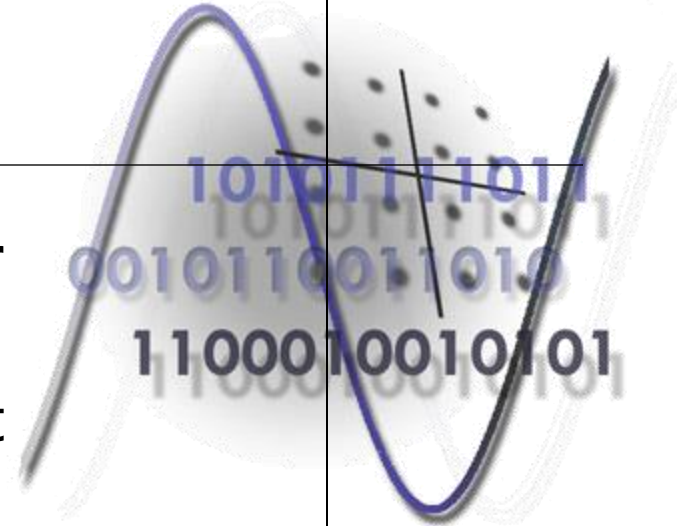


Curs 5

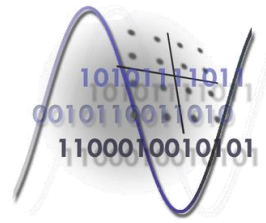
Sistemul WINNER

Zsolt Polgar

Communications Department
Faculty of Electronics and
Telecommunications,
Technical University of Cluj-Napoca

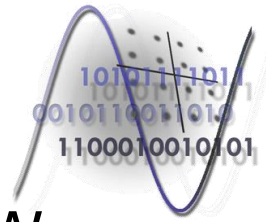


Structura cursului



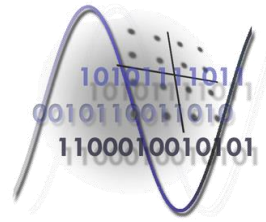
- Introducere
- Scenarii
- Parametrii de sistem
- Accesul multiplu
- Transmisia și adaptarea legăturii
- Estimarea canalului și sincronizare
- Diversitate prin cooperare
- Clase de servicii
- Modele de canale și clase de servicii

Introducere



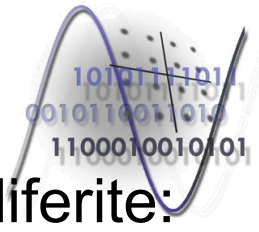
- IST-WINNER – “WIRELESS WORLD INITIATIVE NEW RADIO”;
 - Proiect dezvoltat de un consorțiu cu 41 parteneri coordonat de Nokia Siemens Networks;
 - Scopul proiectului a fost îmbunătățirea performanțelor sistemelor de comunicații mobile;
 - Aspectele dezvoltate privesc în special interfața radio, adică nivelul fizic și MAC;
 - Au fost dezvoltate și unele aspecte privind arhitectură rețelelor wireless;
 - Scopul final este asigurarea unei soluții “always-best”:
 - Flexibilitate și adaptabilitate la condițiile de comunicație (transmisie) diferite ale utilizatorilor;

Introducere



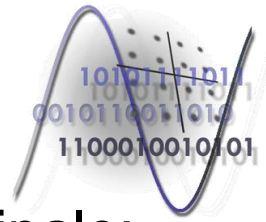
- Câteva din obiectivele majore:
 - Identificarea și analiza scenariilor de comunicații relevante;
 - Definirea tehnicilor de interfață radio necesare pentru implementarea conceptului de sistem radio ubicuu;
 - Definirea unor topologii de rețele radio și a unor concepte de “deployment” pentru asigurarea unor zone de acoperire ubicue;
 - Definirea unor mecanisme de cooperare la nivel radio între diferite rețele de acces radio (Radio Access Networks - RAN);
 - Definirea unui singur concept de sistem de acces radio, scalabil și adaptabil la diferite scenarii “short range” și “wide area”;
 - Investigarea condițiilor de propagare și dezvoltarea unor modele de canale radio;
 - Dezvoltarea unor metode pentru utilizarea eficientă și flexibilă a spectrului și pentru partajarea spectrului;

Scenarii



- Sistemul de referință WINNER definește două abordări diferite:
 - Abordare adaptivă în frecvență;
 - Este dedicată comunicațiilor punct la punct în situația în care este disponibilă informație exactă de stare a canalului;
 - Abordare neadaptivă în frecvență;
 - Reprezintă o alternativă de rezervă pentru situația în care estimarea/predicția canalului nu este posibilă;
 - Soluțiile propuse sunt diferite pentru uplink și downlink;
 - Două scenarii principale, notate cu B1 (“microcell urban”) și C2 (“macrocell urban”) sunt definite pentru comunicații “local area” și “wide area”;
 - Alte scenarii considerate:
 - Scenariul A1 pentru “indoor” oficii mici; Scenariul D1 mediu “macrocell rural”;
 - Scenariul B5 pentru “hotspot” cu acces “LOS” staționar;
 - Scenariul B3 pentru “indoor” în cazul general; Scenariul C1 mediu “macrocell suburban”;

Scenarii

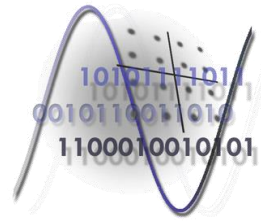


- Definirea scenariilor amintite constă din două părți principale:
 - Modele de canal:
 - Aceste modele includ propagarea multicală, puterea de emisie, structura celulei; se definesc și modele separate MIMO;
 - Distribuția și mobilitatea utilizatorilor
 - Se consideră mai multe modele de mobilitate și clase de utilizatori;

Scenariu	Definiție	LOS/N LOS	Mobilitate	Înălțime antenă AP	UE ht	Rază de acoperire
B1 Hotspot	Microcelulă urbană tipică	LOS/ NLOS	0–70 km/h	“Below RT”, ≈ 10 m	1.5 m	20 - 400 m
C2 Metropolitan	Macrocelulă urbană tipică	LOS/ NLOS	0–70 km/h	“Above RT”, ≈ 32 m	1.5 m	35 -3000 m

- AP – access point
- UE – user equipment
- RT – roof toop

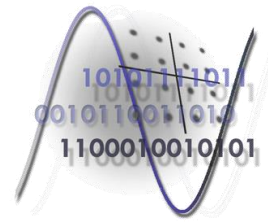
Scenarii



- Alți parametri ai scenariilor B1 și C2

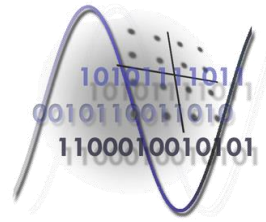
Parametru / Scenariu	B1	C2
Model canal	Model WINNER-I	
Putere de emisie medie BS	4W	20W per sector
Rază celulă	Nedefinită	Nedefinită
Structură rețea celulară	Celule izolate	Grid hexagonal
Număr de celule (simulate)		19 celule cu trei sectoare
Factor de reutilizare a frecvenței		Nespecificat
Număr de utilizatori	Parametru variabil dar constant pentru fiecare etapă de simulare.	
Distribuția utilizatorilor	Distribuție uniformă în aria celulei.	Distribuție uniformă în aria celor 19 celule.
Actualizarea locației utilizatorilor	Plasare aleatoare a utilizatorilor în fiecare etapă de simulare (“snapshot”) În fiecare snapshot utilizatorii rămân virtual în aceeași poziție chiar dacă viteza $v > 0$ km/h	
Model de trafic	“Full queue” pentru fiecare utilizator	

Scenarii



- Definirea canalului
 - Pentru transmisii “short range”:
 - IEEE 802.11n Model C NLOS – pentru a modela propagarea “indoor” în oficii mici;
 - IEEE 802.11n Model E NLOS – pentru a modela propagarea “outdoor”;
 - Pentru a modela propagarea “outdoor wide area”:
 - Modelul WINNER WP5
 - Precizie model de 0.1ns (a întârzierilor introduse) – corepunde la 10GHz lărgime de bandă;
 - “Power Delay Profile” canal subeșantionat la 200MHz pentru a permite simulări care utilizează numai un factor de supraeșantionare de 10;
 - PDP-urile sunt date în slide-urile Anexă;

Parametrii de sistem

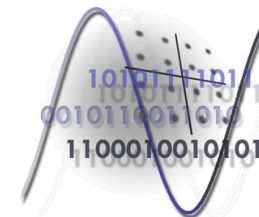


- Parametrii principali de sistem sunt:
 - Parametrii (și tehnici) de transmisie;
 - Parametrii transceiverului;
 - Parametrii de acces multiplu (structura de cadru radio);
 - Parametrii legați de adaptarea legăturii;

Parametru		FDD mod UL	Unități
Frecvența centrală		4.2	GHz
Metoda de duplexare		FDD, half duplex, “paired”	
Lărgimea de bandă		20.0	MHz
Perioada impulsului		61.54	ns
Forma impulsului		SRC	
Factor excess de bandă		$\beta = 0.231$	
Lungime interval de gardă		3.20	μs
Transmisie bloc (cadru)	Eșantioane per bloc	416	
	Lungime bloc	25.60	μs
	Lungime totală bloc	28.80	μs

Parametrii transmisiei uplink SC-FDD

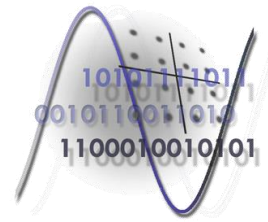
Parametrii de sistem



Parametru	FDD (2x20 MHz)	FDD (2 x 40 MHz)	TDD	Unități/obs.
Frecvența centrală	5.0 DL/ 4.2 UL	5.0 DL/ 4.2 UL	5.0	GHz
Metodă de duplexare	FDD (paired)	FDD (paired)	TDD (1:1)	
Lărgime de bandă FFT	20.0	40.0	100.0	MHz
Număr de subpurtătoare GMC	512	1024	2048	Egal lungime FFT
Subcarrier spacing	39062	39062	48828	Hz
Lungime simbol	25.60	25.60	20.48	μs
Prefix ciclic	3.20	3.20	1.28	μs
Lungime totală simbol	28.80	28.80	21.76	μs
Număr de subpurtătoare utilizate	416	832	1664	[-208:208], [-416:416] [-832:832] Subpurt. 0 neutilizat
Lărgime de bandă semnal	16.25	32.5	81.25	MHz
Dimensiune chunk în simboluri	8 x 12 = 96	8 x 12 = 96	16 x 5 = 80	Subpurt. x Simboluri
Dimensiune chunk	312.5 x 345.6	312.5 x 345.6	781.2 x 108.8	kHz x μs
Lungime slot	334.6 = 12 simb. OFDM	334.6 = 12 simb. OFDM	345.6 = 15 simb. OFDM + timp de gardă TDD	μs (asimetrie TDD 1:1)
Timp de gardă	-	-	19.2	μs

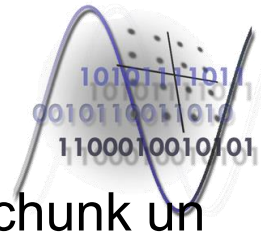
Parametrii transmisiei downlink/uplink GMC (Generalized Multi-Carrier)

Parametrii de sistem



- Structura transceiverului la nivel fizic
 - Modul de lucru “frequency adaptive” și “frequency non-adaptive”
 - În modul de lucru “*frequency adaptive*” bazat pe varianta de OFDMA considerată, la fiecare utilizator programat pentru transmisie se asignează un subset de 6 chunk-uri (din 48);
 - Se pot deservi 8 utilizatori pe durata unui chunk;
 - Pentru cei 8 utilizatori se selectează cele 6 chunk-uri îndeplinind și condiții de fairness;
 - Este nevoie de un feedback constând într-o valoare de SINR per chunk;
 - Adaptarea legăturii se realizează în mod explicit de către stația de bază după alocarea chunk-urilor;
 - Adaptarea legăturii este ajustată la fadingul rapid variabil;
 - Este utilizat TDMA în fiecare din cele două chunk-uri consecutive care formează un cadru;
 - 16 utilizatori pot fi serviți în total într-un cadru FDD, fiind generată o schemă FDMA/OFDMA bazată pe chunk-uri;

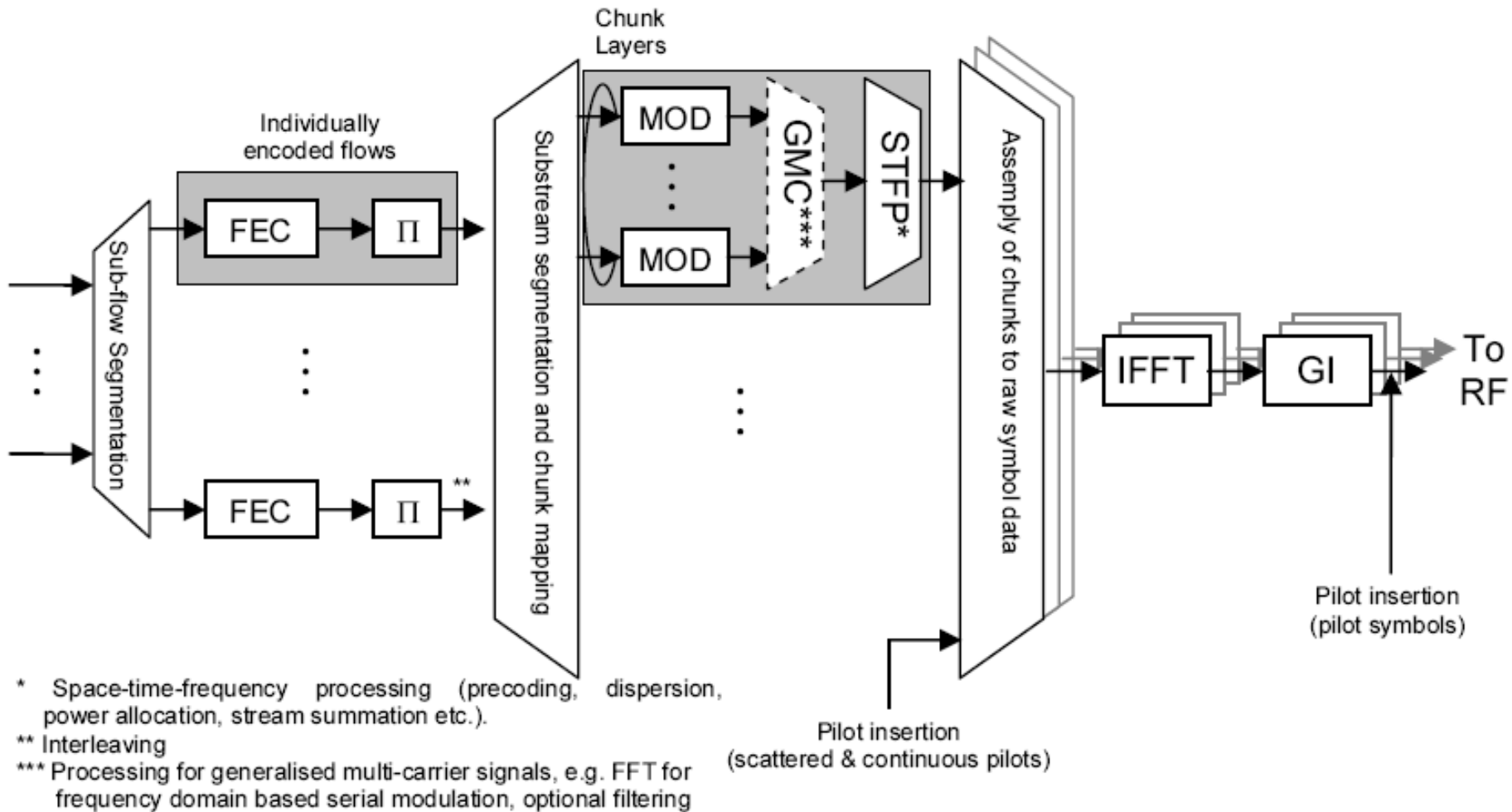
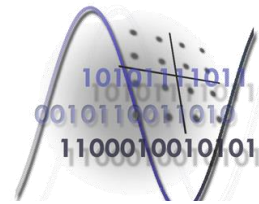
Parametrii de sistem



- În cazul utilizării tehnicii MC-CDMA se folosește în fiecare chunk un “spreading” cu factor 8;
 - Astfel întreaga bandă este partajată de cei 8 utilizatori simultan;
 - MC-CDMA cere numai un singur feedback constând în cel mai bun MCS pentru fiecare utilizator, presupunând că “link-adaptation” este precalculat la terminale;
 - Pe baza acestui feedback schedulingul în timp și adaptarea legăturii se realizează la stația de bază;
 - Schedulerul propus în modelul de referință al sistemului (“Score-Based scheduler”) dă cele mai bune performanțe de throughput numai la marginea celulei;
 - Performanțele schedulerului scad odată cu încărcarea sistemului;
- În modul de lucru “*frequency non-adaptive*” cele 6 chunk-uri ale celor 8 utilizatori selectați se întretaies în frecvență pentru a se asigura câștig de diversitate;
 - În acest caz adaptarea legăturii poate fi precalculată la terminal și este destul un feedback specificând cel mai bun MCS (adică cu performanțele cele mai bune);

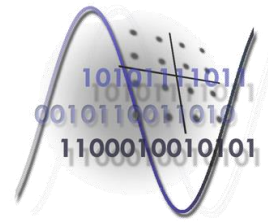
Notă: *chunk-ul este unitatea de alocare de bază a resurselor: este descris de un set adiacent de subpurătoare și perioade de simbol OFDM; dimensiunile se selectează astfel încât să se integreze în timpul de coerență și banda de coerență a canalului radio;*

Parametrii de sistem



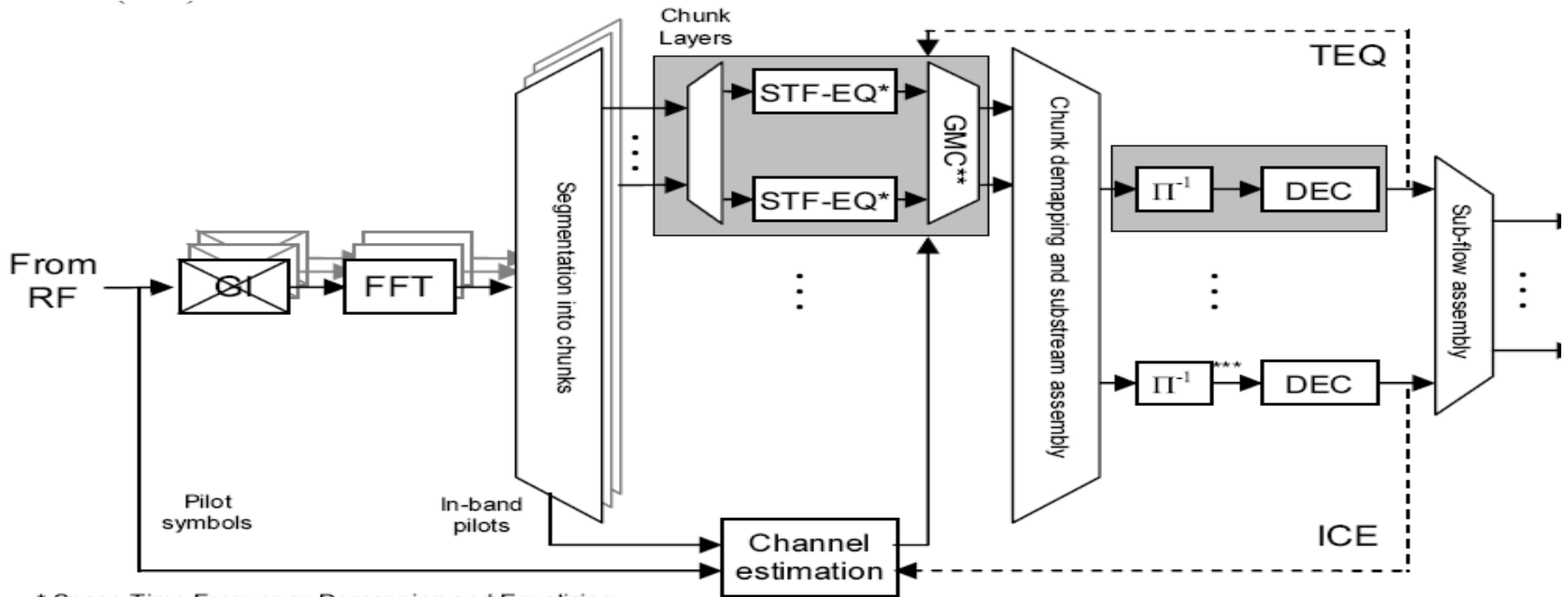
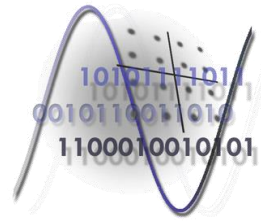
Schema bloc a transmițătorului la nivelul fizic

Parametrii de sistem



- Procesări realizate de transmițător la nivel fizic
 - Segmentarea în fluxuri individuale a fluxului aplicat transceiverului;
 - Fiecare flux este codat FEC – se utilizează tipic coduri convoluționale, turbo coduri sau coduri LDPC;
 - Biții de cod sunt intercalați aleator, modulați și mapați pe chunk-uri;
 - Implementarea procesării GMC – alocarea/împrăștierea chunk-urilor alocate unui utilizator pe mulțimea de chunk-uri;
 - Procesarea “space-time-frequency” - STFP block;
 - Asamblarea chunk-urilor într-un simbol OFDM;
 - Modularea efectivă OFDM utilizând IFFT;
 - Adăugarea intervalului de gardă și a simbolurilor pilot;
- Procesări realizate de receptor la nivel fizic:
 - Sincronizare / estimare canal;
 - Procesare multiantenă;
 - Demodulare;
 - Acces multiplu – “single user detection” pentru schemele MC-CDMA;
 - Decodare FEC;

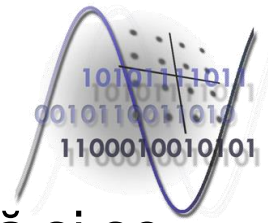
Parametrii de sistem



- * Space-Time-Frequency Demapping and Equalizing
- ** IFFT for frequency domain equalisation of serially modulated signals (incl. IFDMA)
- *** De-Interleaving

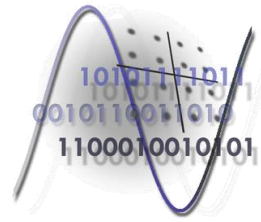
Schema bloc a receptorului la nivelul fizic

Parametrii de sistem



- Modulul RF generează semnalul modulat bandă de bază și se realizează următoarele procesări:
 - Pentru fiecare antenă se elimină intervalul de gardă și se face transformarea în domeniul frecvență prin intermediul transformatei FFT;
 - Se realizează procesarea “space-time-frequency” și egalizarea;
 - Se realizează operațiile de inversare a procesării GMC (de ex. “despreading” și demodulare);
 - Secvența de date rezultată se de-întrețese și se decodează FEC;
 - Fluxurile elementare se reassemblează într-un singur flux;
 - Pe baza simbolurilor și tonurilor pilot blocul de estimare a canalului generează informația CSI (“Channel State Information”) necesară pentru egalizare și demodulare;
 - Receptorul implementează o buclă de reacție la blocul de estimare a canalului pentru a se permite estimarea iterativă;

Accesul multiplu

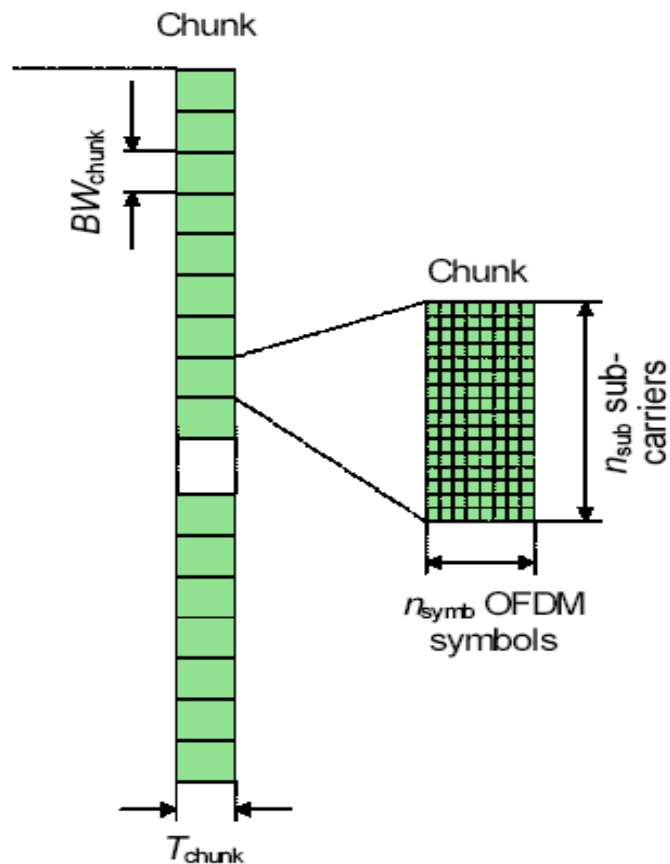
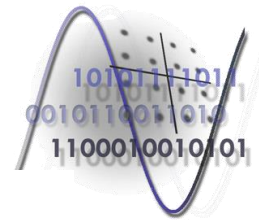


- Structura cadrului

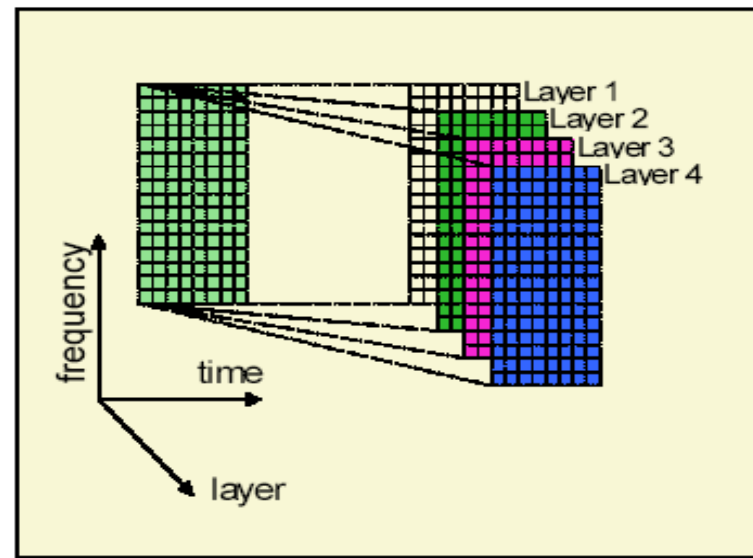
- Unitatea de elementară de resurse timp-frecvență se numește chunk;
 - Constă într-o arie rectangulară timp – frecvență compusă dintr-un număr de simboluri OFDM consecutive și un număr de subpurtătoare adiacente – vezi figură slide următor;
 - Un chunk conține simboluri de date (payload) și simboluri de control
 - Simbolurile de control sunt plasate astfel încât să reducă întârzierea de feedback;
 - Numărul de simboluri de control (și pozițiile lor) trebuie alese astfel încât să se asigure eficiență cât mai mare a transmisiei;
 - Numărul de biți informație (biți payload) pe chunk depinde de formatul de modulare-codare și de dimensiunea chunk-ului;
 - În transmisiile care utilizează antene multiple, resursele timp-frecvență pot fi reutilizate prin multiplexare spațială;
 - Se definesc straturi/nivele care reprezintă dimensiunea spațială;

Parametru	FDD	TDD
Număr de subpurtătoare n_{sub}	8	16
Număr de simboluri OFDM n_{symb}	12	5

Accesul multiplu



a)

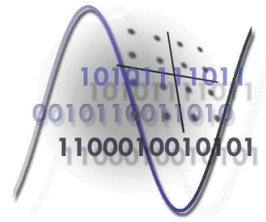


b)

a) Structura canalului multipurător în downlink

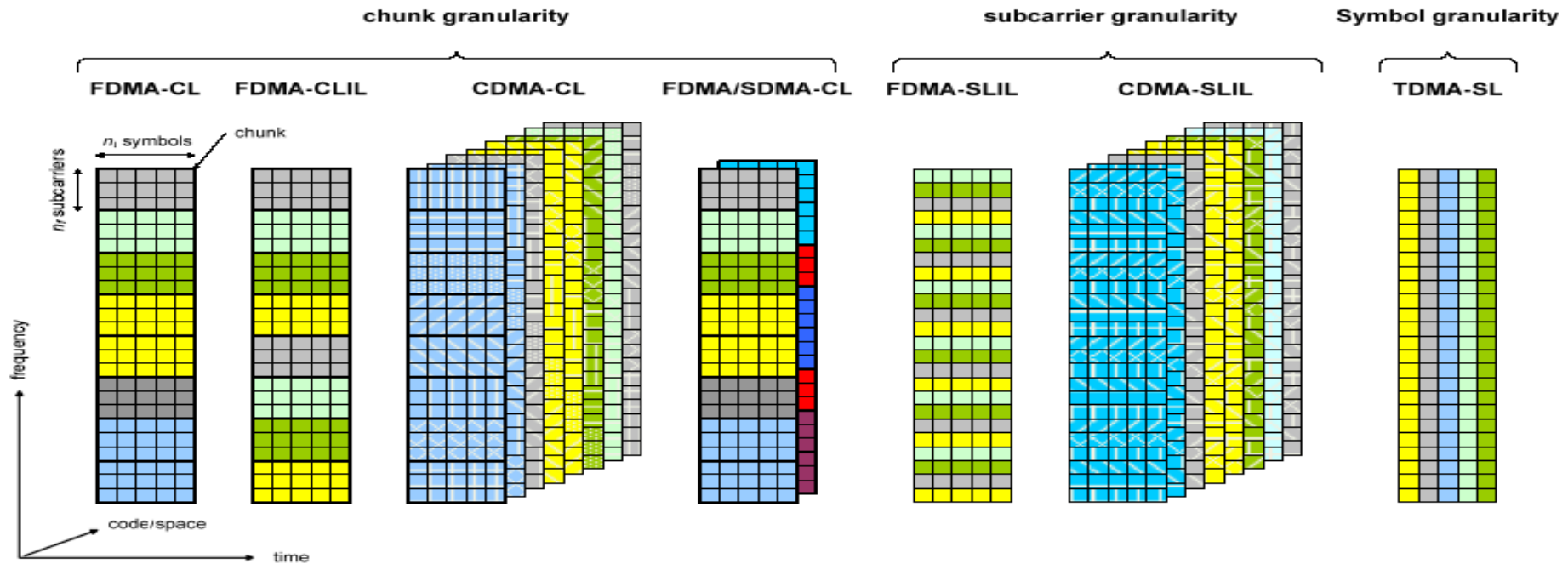
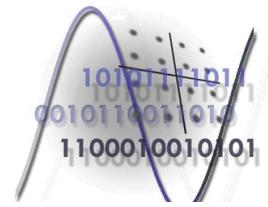
b) Chunk-uri timp – frecvență organizate în straturi pentru procesare MIMO

Accesul multiplu



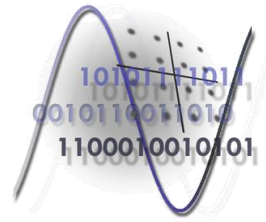
- Multiplexarea
 - Resursele timp frecvență sunt partajate în două două seturi diferite de chunk-uri, seturi care se intercalează;
 - Un set este dedicat transmisiilor adaptive în frecvență, iar celălalt transmisiilor ne-adaptive;
 - Întreșeserea acestor seturi asigură că toată banda de frecvență este utilizată;
 - Astfel se poate asigura diversitate mărită în frecvență;
 - În transmisiile adaptive multiplexarea utilizatorilor se realizează la nivel de chunk;
 - Chunk-uri complete se asignează exclusiv la un singur utilizator;
 - Resursele disponibile pentru transmisiile neadaptive se alocă la nivel de simbol OFDM;
 - Dacă un simbol OFDM se asignează la mai mult de un utilizator, separarea utilizatorilor se realizează prin modulația GMC, care include MC-CDMA și FDMA și TDMA ca și cazuri speciale;

Accesul multiplu



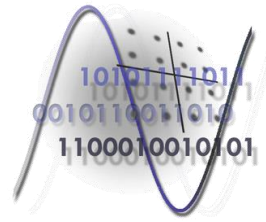
- Ilustrarea schemei de acces la mediu de tip GMC
- Componenta TDMA există în fiecare caz chiar dacă nu se specifică în mod explicit;
- Diferența principală dintre schemele considerate constă în granularitate: “chunk-level” (CL); “subcarrier level” (SL); “OFDM-symbol level” (OSL) sau prin existența sau absența întreteserii în frecvență - “interleaving” (IL);

Accesul multiplu



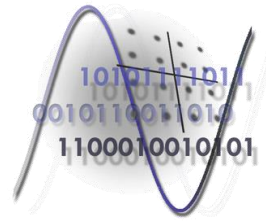
- Întreșeserea se poate realiza în cazul multiplexării pe chunk (CLIL) când la fiecare utilizator se asignează chunk-uri împăștiate în toată banda de frecvență – FDM-CLIL;
 - Întreșeserea este posibilă și în cazul multiplexării pe subpurtătoare – FDMA-SLIL
- În cazul CDMA-CL “spreading-ul” se realizează numai într-un chunk, iar în cazul CDMA-SLIL “spreading-ul” se realizează pe mai multe subpurtătoare distribuite în mod egal în toată banda;
- Multiplexarea se poate realiza și prin utilizarea tehnicilor de procesare spațială
 - Necesită antene multiple la transmițător și/sau la receptor;
 - Tehnica SDMA “Spatial Division Multiple Access” este una adițională la tehnicile de multiplexare menționate;

Accesul multiplu



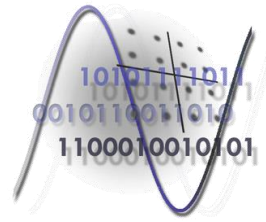
- Operația de scheduling:
 - Operația de scheduling alocă practic resurse pentru transmisie și stabilește momentul și ordinea în care are loc transmisia utilizatorilor;
 - Sistemul (modelul) de referință WINNER definește un așa numit “score-based scheduling”;
 - Acest algoritm ia în considerare informația CSI în procesul de asignare a resurselor la diferiți utilizatori;
 - Rezultă un câștig de scheduling comparativ cu un scheduling simplu “fair time slot scheduling”, cum este algoritmul Round-Robin;
 - O unitate de resursă t (t – poate fi numărul “time slot”) este asignat la un utilizator pe baza unui așa numit scor $s_i(t)$, i fiind indexul utilizatorului;
 - Pentru a obține acest scor schedulerul sortează valorile metricilor pentru fiecare utilizator $i = 1, \dots, N$;
 - Poziția metricii curente (a unei unități de resursă) în lista fiecărui utilizator reprezintă scorul $s_i(t)$.
 - Lista fiecărui utilizator conține W valori anterioare ale metricii;

Accesul multiplu



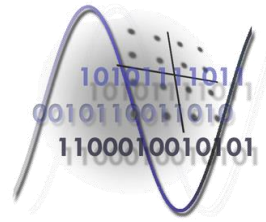
- Valorile metricii pot reprezenta:
 - Rata curentă de transmisie pentru fiecare utilizator și fiecare unitate de resursă;
 - SINR (adică CSI) pentru fiecare utilizator și unitate de resursă;
- W valori ale metricii din cele N liste utilizator trebuie sortate în ordine descrescătoare;
 - Valori mai mari ale metricii reprezintă condiții mai bune de transmisie;
- “Score based scheduling” este înrudit cu “Proportional fair scheduling”, dar folosește mai bine statistica funcției de transfer a canalului;
 - Dacă se utilizează și dimensiunea spațială tehnica de scheduling menționată se combină cu criteriul de separare spațială (“Spatial Separation Criterion”) pentru a selecta K utilizatori din N care folosesc aceleași resurse timp-frecvență;
- Algoritmul de scheduling trebuie să realizeze de asemenea adaptare la cerințele de trafic și QoS:
 - Debit, întârziere, lungime coadă, priorități, etc.

Accesul multiplu



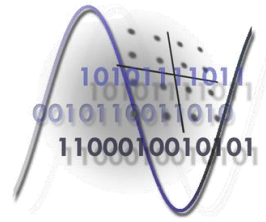
- Scheduling adaptiv are resurselor:
 - Schedulingul este realizat pentru fiecare slot MAC format din unul sau mai multe chunk-uri de 0.3372ms;
 - Selecția dimensiunii slotului MAC este afectată de mai multe aspecte:
 - Complexitatea schedulerului;
 - Constrângeri de întârziere;
 - Predictabilitatea canalelor;
- Exemplu de algoritm de scheduling:
 - Se bazează pe alocarea chunk-urilor la fluxuri și pe supoziția simplificatoare că adaptarea legăturii (“link adaptation”) și alocarea resurselor multiutilizator pot fi realizate în doi pași consecutivi;
 - Alocarea puterii nu se consideră;
 - Cei doi pași amintiți pot fi realizați și într-un singur pas;
 - Transmisia fluxurilor controlate de schedulerul adaptiv se realizează astfel:
 - Adaptarea legăturii se calculează pentru toate combinațiile permise de utilizatori și chunk-uri;

Accesul multiplu



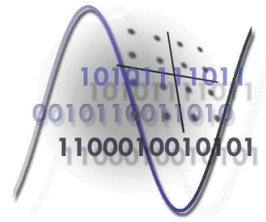
- Alocarea chunk-urilor se realizează astfel:
 - Pentru fiecare terminal se determină pentru fiecare chunk modulația, codul, schema de transmisie multiantenă;
 - Se presupune că acel chunk (adică oricare din chunk-uri) este folosit exclusiv de către terminal;
 - Nivelul de putere de emisie este predefinit;
 - Adaptarea de rată este realizată pe baza predicției de SINR;
 - Adaptarea ratei se realizează pentru fiecare chunk și fiecare canal spațial;
 - Același cod și aceeași modulație este utilizată pentru toate simbolurile de payload într-un chunk al unui canal spațial;
 - Chunk-urile sunt alocate adaptiv la fluxuri asignate la transmisii pe baza următoarelor criterii:
 - Cod și modulații;
 - Priorități și nivel umplere buffer;
 - Biții care se transmit sunt partiționați în mai multe seturi sau unități de scheduling (SU);
 - La fiecare SU se atașează o secvență CRC și numere de secvență; biții obținuți sunt codați FEC și întrețesuți – se generează un pachet L1 pentru fiecare SU;

Accesul multiplu



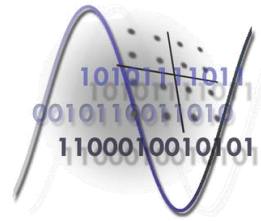
- Pachetele L1 sunt mapate pe chunk-urile alocate utilizând modulația și codurile obținute în primul pas; chunk-urile obținute sunt mapate/beamformed pe fluxurile de antenă;
- La recepție chunk-urile se demodulează și decodează și se extrag pachetele L1;
 - Fiecare pachet L1 se decodează și SU-urile recepționate se recombina în pachete de nivel superior;
- În cazul unei transmisii nereușite a unui pachet L1, se cere o retransmisie; pachetele L1 trebuie salvate la transmițător până când sunt validate sau apare un timeout.
- Codarea FEC se poate realiza în două moduri:
 - Simbolurile de payload dintr-un chunk pot fi considerate ca și blocuri care se codează separat; coduri separate și modulații separate se pot utiliza pe fiecare chunk; secvența CRC poate controla tot blocul SU (blocul de chunk-uri);
 - În mod alternativ codarea se poate realiza pe tot blocul SU, cuvântul de cod obținut fiind mapați pe mai multe chunk-uri ce pot utiliza modulații diferite;

Accesul multiplu



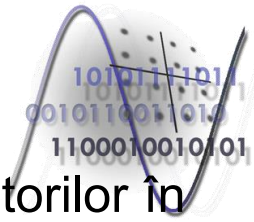
- Procesare spațială:
 - Utilizată pentru a asigura un câștig de performanțe prin utilizarea diversității spațiale sau a multiplexării spațiale;
 - Procesarea spațială se poate utiliza și pentru îmbunătățirea managementului interferenței;
 - Într-o situație cu transmisie multiutilizator, procesarea spațială poate asigura evitarea interferenței;
 - Se utilizează precodarea secvențelor utilizator astfel încât să se poată asigura “beamforming” (adaptiv sau nu);
 - Se poate asigura alocarea mai multor utilizatori pe aceleași resurse timp frecvență – separarea se poate realiza pe baza proprietăților canalului multi-antenă;
 - Dacă informațiile de stare a canalului sunt disponibile la transmițător este posibilă redistribuirea complexității între transmițător și receptor;
 - O astfel de situație se întâlnește în cazul utilizării tehnicilor de precodare;

Accesul multiplu



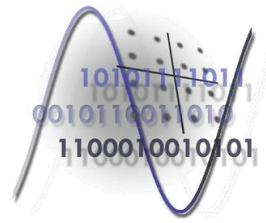
- Tehnica SDMA (“Spatial Division Multiple Access”):
 - SDMA implică mai mulți utilizatori; Multiplexarea spațială MIMO implică un singur utilizator;
 - Ambele tehnici utilizează transmisii multiantenă;
 - Această tehnică implică faptul că stația de bază încearcă să stabilească ortogonalitate între utilizatori prin utilizarea unui scheduling corespunzător și prin procesări de semnale bazate statistic pe caracteristicile de canal;
 - În transmisii MIMO ce utilizează multiplexarea spațială terminalul detectează semnalul transmis utilizând antene de recepție multiple și procesări de semnale;
 - Se pot defini și combinații dintre SDMA și multiplexare spațială MIMO;
 - După ce utilizatorii sunt multiplexați utilizând SDMA pe fiecare legătură individuală se poate aplica multiplexare spațială MIMO;
 - Cea mai simplă formă SDMA este reprezentată de sectorizarea celulelor;
 - Aria de acoperire a celulei este împărțită într-un număr de sectoare, iar utilizatorii din fiecare sector sunt separați prin alocarea resurselor timp-frecvență;

Accesul multiplu



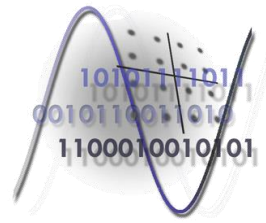
- O variantă de scheduling mai avansată constă în gruparea utilizatorilor în concordanță cu corelația lor spațială sau alternativ în funcție de diferențele dintre parametrul DoA (Direction of Arrival);
 - Astfel de tehnici se pot aplica atât în downlink cât și în uplink cu sau fără utilizarea informației CSI la emițător;
- Următoarele principii stau la baza SDMA:
 - Utilizatorii se pot grupa în funcție de corelația spațială, diferențele DoA sau estimările de rată;
 - Schedulingul SDMA trebuie utilizat în conjuncție cu OFDMA/TDMA;
 - Se pot deservi utilizatori incompatibili din grupe diferite;
 - Se poate realiza SDMA între utilizatorii cu corelație redusă sau DoA mare și OFDMA/TDMA între ceilalți utilizatori;
 - SDMA oferă o metodă de multiplexare adițională pe lângă multiplexarea în timp, frecvență și cod;
- În modul de duplexare FDD (“scenariu wide area cellular”) o implementare posibilă este:
 - Site-uri cu 3 – 6 sectoare;
 - Beamforming “Opportunistic” sau “grid-of-beams”;

Transmisia și adaptarea legăturii



- Modularea și codarea canalului
 - Constelații de modulații utilizate: BPSK, QPSK, 16-QAM și 64-QAM atât pentru transmisii OFDM și single carrier;
- Codarea canalului și întreținerea
 - În situația unor transmisii adaptive la nivel chunk se utilizează coduri convoluționale datorită numărului redus de simboluri din chunk – lungime redusă cuvânt de cod;
 - Dacă adaptarea legăturii se realizează pe mai multe chunk-uri codarea se poate realiza pe mai multe chunk-uri;
 - Se pot utiliza coduri LDPC sau coduri Turbo cu lungimi mai mari ale cuvintelor de cod;
 - Ca și exemple concrete sistemul WINNER propune utilizarea codurilor turbo DBTC (“Duo-Binary Turbo Codes”) și a codurilor LDPC quasi-ciclice – au performanțe asemănătoare;
 - Codurile LDPC pot asigura o implementare mai simplă;
 - Coduri convoluționale se pot utiliza pentru pachetele de control;

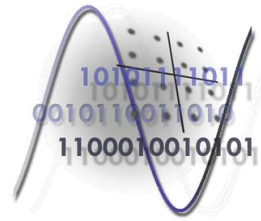
Transmisia și adaptarea legăturii



● Adaptarea legăturii

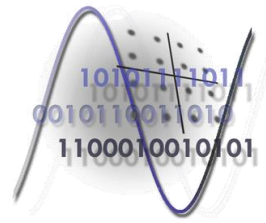
- Se realizează prin utilizarea modulării și a codării adaptive pe baza informației de stare a canalului (sau a informației prezise);
 - Limite de rată de transmisie pentru modulațiile adaptive M-QAM ajustate la eroarea de predicție a canalului sunt de asemenea considerate;
- Utilizarea codării adaptive necesită predicția erorii obținute după decodare pentru un SINR dat;
- Sistemul WINNER propune pentru transmisiile adaptive schema de adaptare MI-ACM (“Mutual Information Based Adaptive Coding and Modulation”):
 - Adaptarea legăturii folosește putere de transmisie constantă, dar ajustează modulația pe fiecare chunk;
 - Se calculează o rată de puncturare și de codare pentru tot blocul de cod;
 - Blocul puncturat se întinde și se mapează pe chunk-uri;
- Se propun de asemenea metode de adaptare a pragurilor de SINR pentru selecția modulațiilor;

Transmisia și adaptarea legăturii



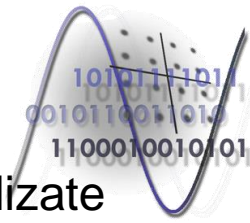
- Proceduri H-ARQ:
 - Se propune o tehnică H-ARQ cu redundanță incrementală (IR – “Incremental Redundancy”) care asigure flexibilitate mărită;
 - Permite trecerea ușoară de la schema IR la schema Chase-combining pentru mai multe retransmisii
 - Permite modificarea blocului de retransmisie și necesită un bit ACK;
 - Transmisia inițială și adaptarea se realizează pe baza SINR precis pentru toate chunk-urile pentru transmisii adaptive în frecvență și pe baza SINR mediu pentru transmisiile ne-adaptive în frecvență;
 - Capabilitățile de detecție a erorilor a codurilor LDPC sunt o alternativă la utilizarea secvențelor CRC;
- Transmisia duplex:
 - Duplexare TDD pentru local area, peer-to-peer și scenarii de relaying;
 - Se utilizează HD-FDD pentru un scenariu wide area;
 - Se presupune că stația de bază lucrează în mod “full-FDD”;
 - Alocarea benzilor este următoarea:
 - 100 MHz TDD, 20+20 MHz HD-FDD și 40+40 MHz HD-FDD;
 - Sincronizarea transmisiilor UL și DL în celule vecine în modul TDD;

Estimarea canalului și sincronizarea



- Semnale pilot:
 - Atât procesul de estimare a canalului cât și cel de sincronizare utilizează simboluri pilot (simboluri cunoscute) inserate în fluxul de date;
 - Se utilizează trei tipuri de secvențe pilot:
 - Simboluri de antrenare (bloc de antrenare sau secvență de antrenare);
 - Se utilizează pentru realizarea sincronizării și estimarea canalelor cu mobilitate redusă;
 - Limita impusă pentru overhead-ul pilot este de aproximativ 15%, dar poate fi și mai mare;
 - Simbolurile de antrenare pot fi combinate și cu prefixul ciclic;
 - Simboluri pilot împrăștiate (“Scattered pilot grid”);
 - Se utilizează de regulă pentru estimarea canalului, dar pot fi utilizați și pentru a îmbunătăți precizia sincronizării;
 - Overhead-ul pilot este de 1-2% și de 3-9% pe flux de antenă virtuală pentru modul TDD respectiv pentru modul FDD;
 - Overhead-ul total incluzând prefixul ciclic este aproximativ egal cu cel al simbolurilor de antrenare.

Estimarea canalului și sincronizarea

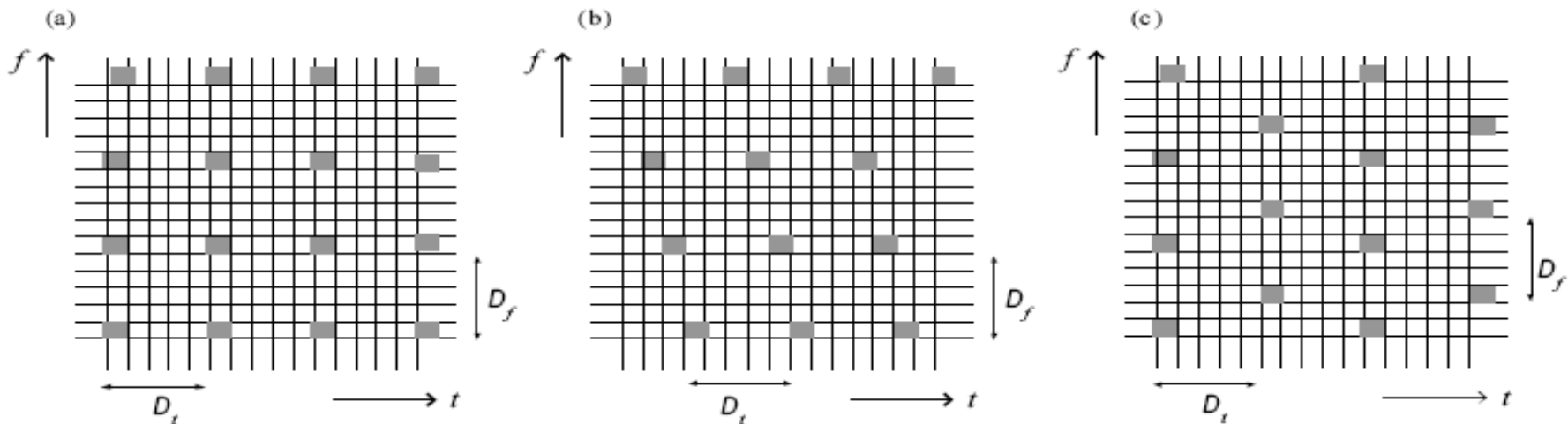


- Tonuri (subpurtătoare) pilot continue (“Continuous pilot tones”) utilizate pentru a urmări (a sincroniza continuu) frecvența purtătoare și frecvența de eșantionare;
 - Se utilizează și pentru compensarea erorilor de fază;
 - Este posibilă omiterea acestor semnale dacă se utilizează tehnici bazate pe decizia simbolurilor (“decision-directed techniques”);
 - Overhead-ul de pilot este redus, fiind de 1-2%;
 - Pot fi importante pentru sincronizare de cadru, dacă simbolurile de antrenare sunt omise;
- Estimarea canalului
 - Proiectarea (alocarea) grilei de piloți (“Pilot grid design”);
 - Sunt propuse trei grile de piloți convenționale pentru estimarea canalului în CP-OFDM și trei grile pentru sistemele GMC;
 - Grile rectangulare simple plasează simbolurile pilot pe poziții fixe;
 - Extragerea/procesarea piloților se realizează mai simplu;
 - Estimarea canalului se realizează pe mai multe perioade de simbol OFDM;
 - Este caracteristic (de ex.) pentru sistemul 802.11a;

Estimarea canalului și sincronizarea

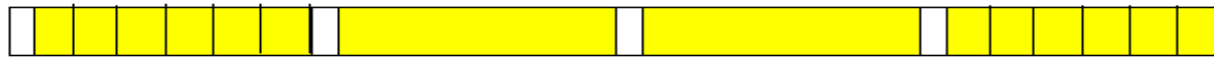
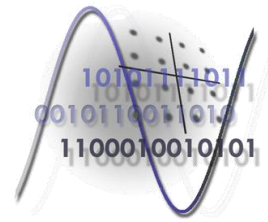


- Pentru o alocare robustă, separarea dintre piloți se alege în funcție de PDP-ul canalului și viteza maximă de mișcare;
- Prin utilizarea PACE (“Pilot Assisted Channel Estimation”), chiar și canalele care au o variație rapidă pot fi estimate corect utilizând un overhead pilot relativ redus:
 - 1-2 % în “local area” și 3-5 % în “wide area” (“macro urban”) la viteze moderate;



- Structuri de grile de piloți:
 - (a) piloți plasați tot timpul în pe aceleași subpurtătoare și simboluri OFDM;
 - (b) grilă de piloți DVB-T;
 - (c) grilă cu formă de diamant;

Estimarea canalului și sincronizarea



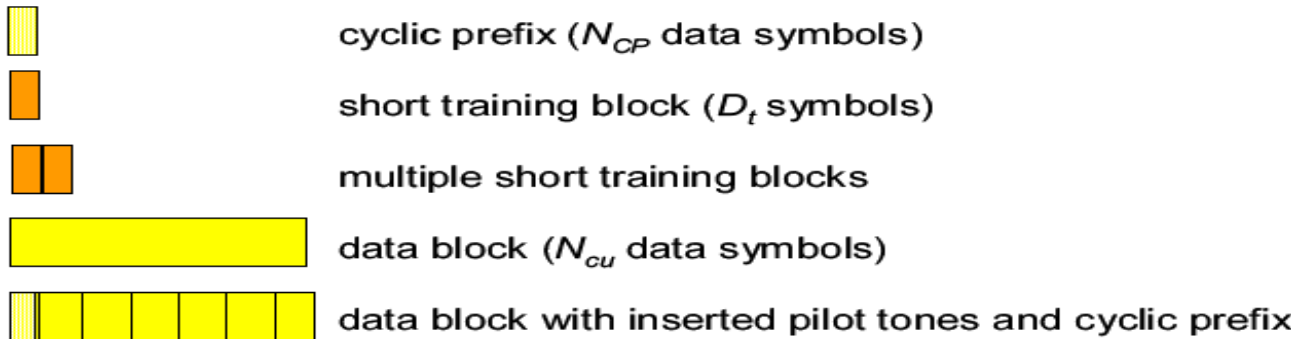
(a) Pilot tones (PACE) in data blocks, separated by cyclic prefixes



(b) Multiple short training blocks used for channel estimation and cyclic prefixes

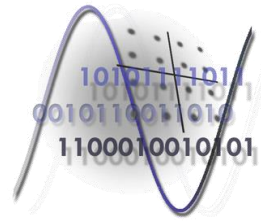


(c) Short training blocks used for channel estimation and cyclic prefixes



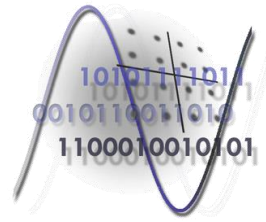
- Trei exemple posibile de alocare a datelor și a secvențelor de antrenare pentru semnalele GMC;

Estimarea canalului și sincronizarea



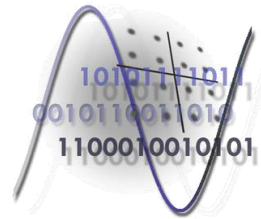
- Alocarea piloților și estimarea canalului pentru sistemele MIMO:
 - Pentru a realiza un sistem eficient aceiași piloți trebuie refolosiți pentru diferite funcții:
 - Realizare conexiune, suport mobilitate, control putere, sincronizare, măsurare/estimare CQI (“Channel Quality Indicator”);
 - Procesarea spațială limitează posibilitatea reutilizării piloților fiind impuse cerințe suplimentare;
 - Se pot identifica două clase de piloți din p.d.v. al utilizării lor pentru unu sau mai mulți utilizatori;
 - Piloți dedicați – se folosesc pentru procesări de transmisie a datelor (adaptare amplitudine și fază) specifice unui anume utilizator;
 - Suferă aceleași procesări ca și datele de transmis;
 - Permit ca receptorul să estimeze canalul unui utilizator;
 - Interpolarea măsurărilor este limitată în timp de accesul TDMA la durata unui chunk;
 - Datorită alocării de putere specifice utilizatorului acești piloți nu pot fi utilizați pentru evaluarea întregului canal (folosit și de alți utilizatori);

Estimarea canalului și sincronizarea



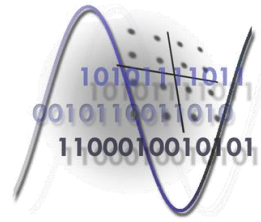
- Piloți comuni – nu suferă procesări caracteristice utilizatorului;
 - Interpolarea în timp este restricționată de algoritmul de estimare a canalului (este legat de timpul de coerență) și nu de constrângerile accesului TDMA;
 - Amplitudinea și faza piloților comuni deviază de la cel al simbolurilor de date specifice utilizatorilor – receptorul nu poate detecta datele pe baza acestor piloți;
 - Sunt o soluție mai ales în downlink, caz în care mai mulți utilizatori pot folosi aceiași piloți;
 - Sunt o soluție pentru măsurarea CQI;
 - Dacă se utilizează procesări spațiale ca și “beamforming” și precodare sunt necesari piloți dedicați;
- Sincronizarea – implică mai multe aspecte:
 - Sincronizarea în interiorul unei celule –“intracell synchronization”;
 - Se referă la sincronizarea tuturor terminalelor mobile dintr-o celulă la stația de bază;
 - Implică sincronizarea atât a frecvenței cât și a temporizării (“timing clock”);
 - Sincronizarea frecvenței este necesară pentru estimarea canalului, evitarea ICI acces multiplu intracelulă, realizarea sincronizării de “timing”;

Estimarea canalului și sincronizarea



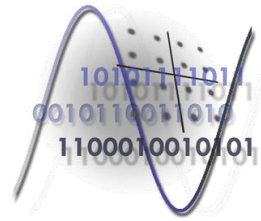
- Sincronizarea de “timing” este necesară din următoarele motive: temporizare FFT, evitare ICI acces multiplu în frecvență intracelulă, eliminare ISI acces multiplu în timp intracelulă;
- Sincronizarea intracelulă se realizează prin interfața radio;
 - Mobilul măsoară temporizarea simbolurilor pilot în DL și ajustează frecvența și temporizarea la valorile măsurate;
 - Pentru temporizarea exactă în UL întârzierea de propagare este măsurată de BS și este trimisă înapoi la mobil pentru a ajusta temporizarea;
- Sincronizarea intracelulă se realizează continuu pentru a compensa erorile de frecvență și de fază ale oscilatoarelor locale;
- În situația în care se utilizează noduri releu acestea se sincronizează la stația de bază; nodurile releu trebuie să genereze de asemenea semnale pilot pentru sincronizarea cu mobilele;
- Sincronizarea la un semnal de referință extern;
 - Sincronizarea cu o referință externă cu un semnal GPS;
 - Este necesar un receptor adițional;
 - Trebuie asigurat accesul la semnalul de referință atât indoor cât și outdoor;

Estimarea canalului și sincronizarea

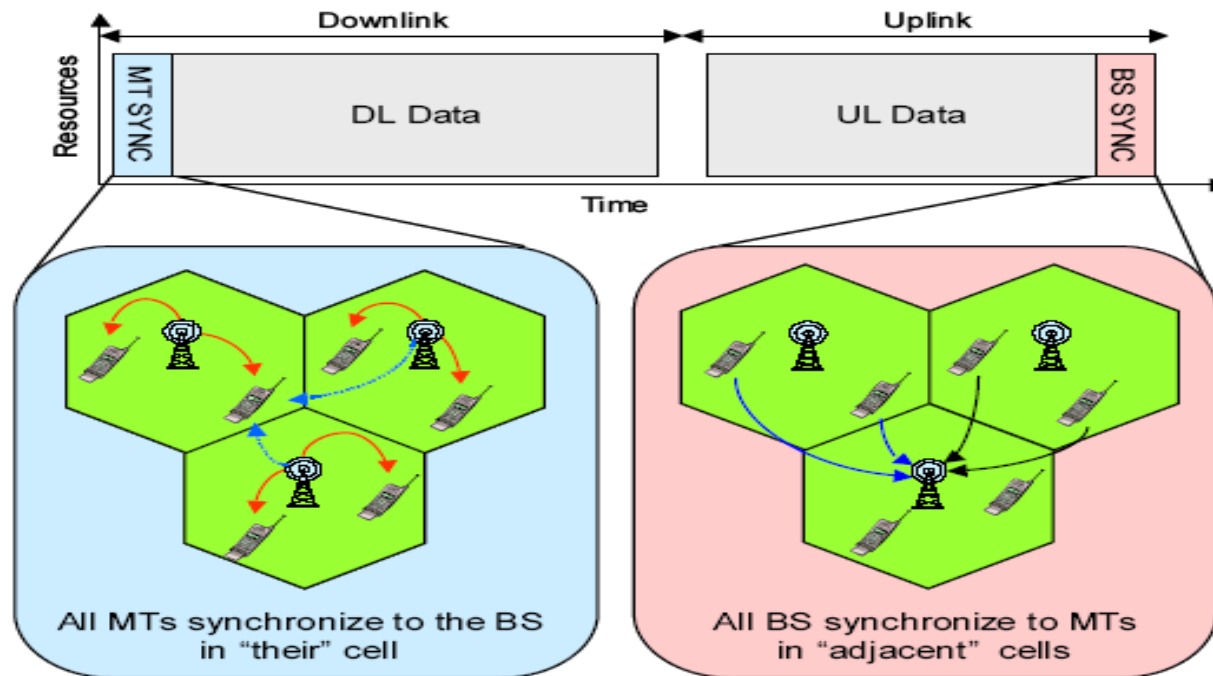


- Sincronizarea cu o interfață terestră;
 - În sistemul GSM și UMTS FDD stația de bază se sincronizează cu interfața terestră;
 - Acest tip de sincronizare este posibilă numai pentru sincronizarea de frecvență și necesită precizie suplimentară a liniei terestre (“backbone”);
 - Această acuratețe este garantată de liniile E1/T1, dar nu și pentru conexiunile IP;
 - Nu este o soluție pentru sistemul WINNER;
- Sincronizarea la interfața radio;
 - Sincronizare pe baza legăturii B2B (“BS to BS”)
 - Stația de bază măsoară semnalul DL de la alte stații de bază în vederea sincronizării;
 - Este necesar ca fiecare stație de bază să poată recepționa cel puțin o stație de bază pentru sincronizare;
 - Este nevoie de receptoare adiționale în cazul FDD; stația de bază trebuie să oprească propria transmisie DL în “timeslot-ul” în care face măsurătorile;
 - Sincronizarea poate să fie ierarhică sau nu; în cazul sincronizării ierarhice sincronizarea se face tot timpul cu o stație de bază de referință;

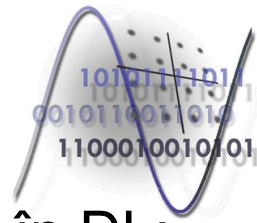
Estimarea canalului și sincronizarea



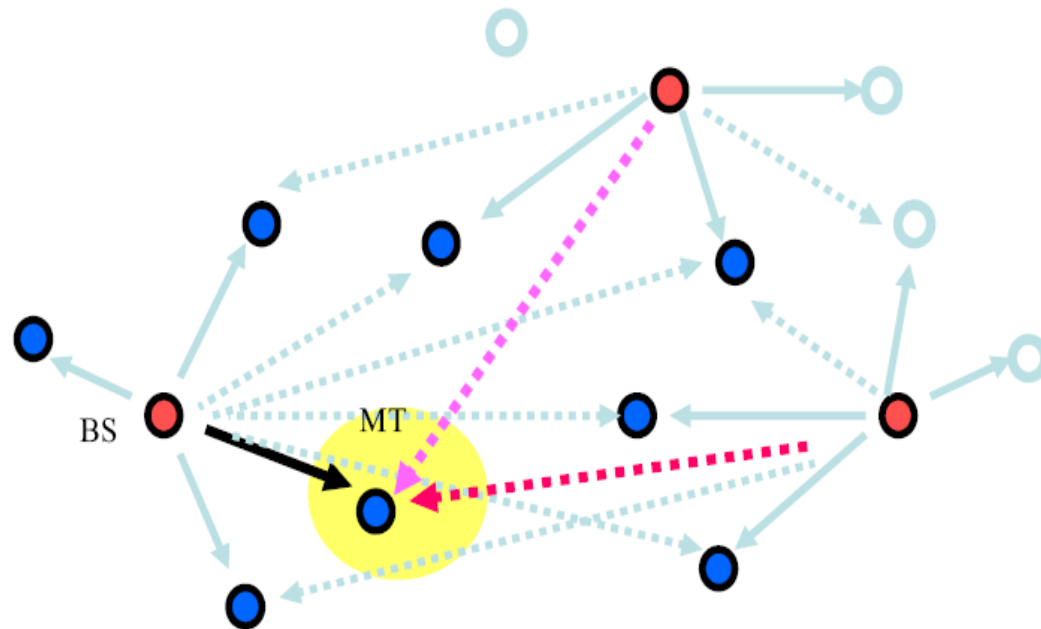
- Sincronizare asistată de mobil;
 - Unul dintre concepte prevede că stația de bază se sincronizează cu semnalul UL al mobilului din celulele vecine, iar mobilul se sincronizează cu semnalul DL al stației de bază al celulei;
 - În mod iterativ se formează o buclă de sincronizare care sincronizează celula sau mai multe celule – se recepționează și semnale din celulele învecinate



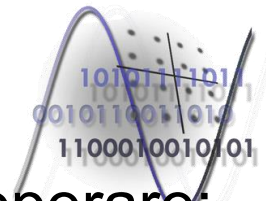
Estimarea canalului și sincronizarea



- Al doilea concept se bazează pe sincronizarea numai în DL;
 - Mobilul măsoară diferența de fază (“timing”) a semnalelor DL recepționate de la mai multe stații de bază și semnalizează înapoi această diferență la rețea;
 - Rețeaua realizează sincronizarea pe baza diferențelor de temporizare măsurate de mobile (și raportate entității de control a rețelei);

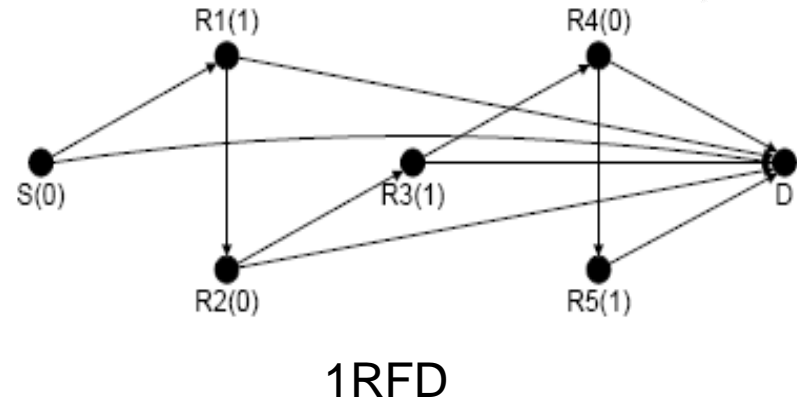
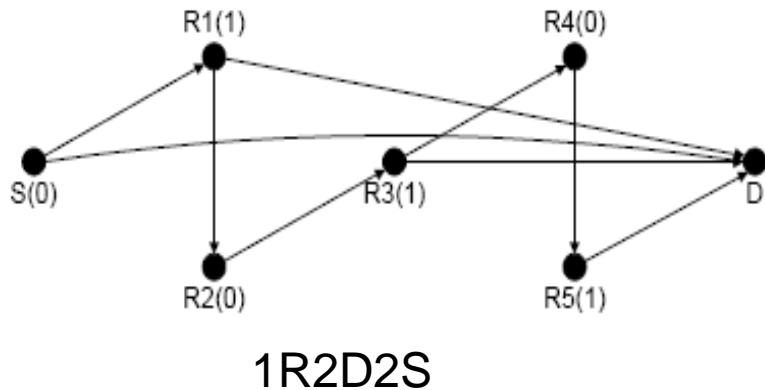
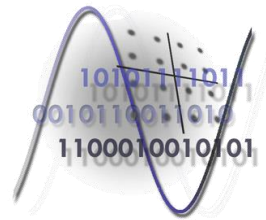


Diversitate prin cooperare

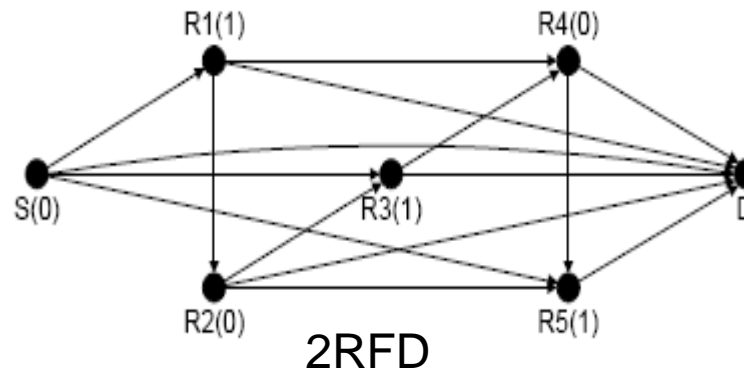


- Utilizarea releelor și a tehnicilor de diversitate prin cooperare;
 - Se prevăd tehnici de cooperare de tip “space-time coding” bazate pe antene virtuale (“virtual antenna arrays”);
 - Se prevăd tehnici de selecție optimă a antenelor la nivel de sistem;
 - Se analizează complexitatea tehnicilor de cooperare prin relee;
 - Se consideră relee fixe în diferite scenarii: local, metropolitan, wide area;

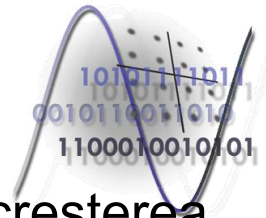
Diversitate prin cooperare



- “2Chnl Relay Full Destination (2RFD)”:
 - Fiecare releu este conectat la un subset de transmițătoare pe un canal;
 - Destinația este conectată la toate transmițătoarele;

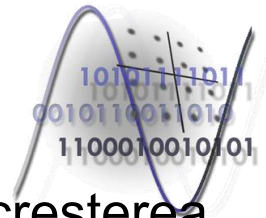


Diversitate prin cooperare



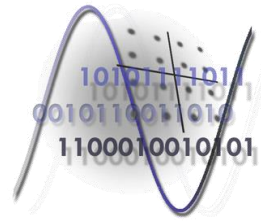
- Se arată că densitatea stațiilor de bază se poate reduce prin creșterea densității releelor în condițiile asigurării a acelorași performanțe: acoperire, capacitate;
- Se propun câteva metode noi:
 - “Two Dimensional Cyclic Prefix” (2D-CP);
 - Introduce diversitate artificială în frecvență, timp și spațiu;
 - Necesită doar o singură etapă de cooperare – permite transmisii full duplex;
- Se analizează și câteva scheme de cooperare a utilizatorilor prin intermediul releelor fixe;

Diversitate prin cooperare



- Se arată că densitatea stațiilor de bază se poate reduce prin creșterea densității releelor în condițiile asigurării a acelorași performanțe: acoperire, capacitate;
- Se propun câteva metode noi:
 - “Two Dimensional Cyclic Prefix” (2D-CP);
 - Introduce diversitate artificială în frecvență, timp și spațiu;
 - Necesită doar o singură etapă de cooperare – permite transmisii full duplex;
- Se analizează și câteva scheme de cooperare a utilizatorilor prin intermediul releelor fixe;

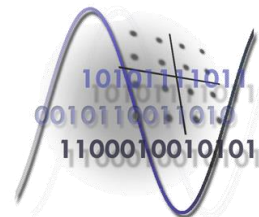
Modele de canal



Suburban Macro		Urban Macro		Urban Micro	
Power [dB]	Delay [μ s]	Power [dB]	Delay [μ s]	Power [dB]	
-3.0000	0.000	-3.0000	0.000	-4.5500	0.000
-5.2200	0.010	-5.2200	0.010	-6.0000	0.010
-6.9800	0.025	-6.9800	0.030	-6.9800	0.015
-5.6682	0.140	-5.2204	0.360	-6.9800	0.030
-7.8882	0.150	-7.4404	0.370	-5.8161	0.285
-9.6482	0.165	-9.2004	0.385	-7.2661	0.290
-9.2147	0.060	-4.7184	0.250	-8.2461	0.295
-11.4347	0.070	-6.9384	0.260	-8.2461	0.310
-13.1947	0.090	-8.6984	0.280	-7.2701	0.205
-13.4132	0.400	-8.1896	1.040	-8.7201	0.200
-15.6332	0.410	-10.4096	1.045	-9.7001	0.220
-17.3932	0.430	-12.1696	1.065	-9.7001	0.230
-19.4735	1.380	-12.0516	2.730	-8.8473	0.665
-21.6935	1.390	-14.2716	2.740	-10.2973	0.670
-23.4535	1.410	-16.0316	2.760	-11.2773	0.675
-25.1898	2.830	-15.5013	4.600	-11.2773	0.685
-27.4098	2.835	-17.7213	4.610	-10.5640	0.805
-29.1698	2.855	-19.4813	4.625	-12.0140	0.810
				-12.9940	0.820
				-12.9940	0.835
				-12.9806	0.925
				-14.4306	0.935
				-15.4106	0.940
				-15.4106	0.960

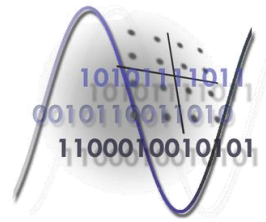
“Power Delay Profiles” pentru canalele WINNER utilizate pentru evaluare

Clase de servicii



Service Class	Data Rate	Traffic type	Delay	Error Rate	Applications
1	1-10 Mbps	SERR	Highly Interactive	1.00E-0.6 - 1.00E-0.9	Telepresence Collaborative work Navigation systems Real-time Gaming
2	2-5 Mbps	SERR Point to Region	Highly Interactive	1.00E-0.6	Real time video streaming Collaborative work
3	30-50 Mbps	SERR	Highly Interactive	1.00E-0.6	High quality/3D telepresence
4	8-64 kbps	SERR	Interactive / Control	1.00E-0.9	Alarms Remote Control Sensors Presence driven transfer (lightweight content)
5	16-64 kbps	SERR	Interactive / Control	1.00E-0.6	Synchronised voice Remote control Voice control
6	64-512 kbps	SERR	Interactive / Control	1.00E-0.6	Presence driven transfer (heavy content) Interactive geographical maps (remote processing)
7	2-5 Mbps	SERR	Interactive / Control	1.00E-0.6	Rich data call Control Video broadcasting/streaming Robot security
8	2-5 Mbps	SERR Point to Region	Interactive / Control	1.00E-0.6	Video broadcasting/ streaming Localised map download
9	10-50 Mbps	SERR	Interactive / Control	1.00E-0.3 - 1.00E-0.6	High quality video conference Collaborative work
10	8-64 kbps	SERR	Conversational	1.00E-0.3 - 1.00E-0.6	Voice telephony Instant messages Lightweight multiplayer games Bets and gambling
11	64-512 kbps	SERR	Conversational	1.00E-0.3 - 1.00E-0.6	Audio streaming Video telephony (medium quality) Multiplayer games (high quality)
12	64-512 kbps	SERR Point to Region	Conversational	1.00E-0.3 - 1.00E-0.6	Localised datacast/beacons Audio streaming
13	2-5 Mbps	SERR	Conversational	1.00E-0.3 - 1.00E-0.6	High quality video telephony Collaborative work Standard data call
14	Up to 10 Mbps	SYSA	Conversational	1.00E-0.6	Access to databases, filesystems.
15	Up to 50 Mbps	SYSA	Conversational	1.00E-0.6	Database, filesystem server
16	8-64 kbps	SYSA	Few seconds	1.00E-0.6 - 1.00E-0.9	Messaging (data/voice/media) Authentication (m-payment, m-wallet, m-ticket, m-key etc.) Lightweight internet web-sites
17	64-512 kbps	SERR	Few seconds	1.00E-0.6	Access to corporate database (lightweight) Audio on demand Web browsing

Clase de servicii



Service Class	Data Rate	Traffic type	Delay	Error Rate	Applications
					Internet radio
18	Up to 5 Mbps	SYSA	Few Seconds	1.00E-0.6	Access to databases, filesystems, Video download Peer-to-peer file sharing
19	5 Mbps	SERR	Few Seconds	1.00E-0.6	Video streaming (normal)
20	30 Mbps	SERR	Few Seconds	1.00E-0.9	Video streaming (archival)
21	Up to 50 Mbps	SYSA	Few Seconds	1.00E-0.6	High rate data transfer – upload/download

- SERR - Service Requested Bit Rate
- SYSA - System Assigned Bit Rate